

## **THAYSA STORCHI BERGMANN E A ASTROFÍSICA: UM ENSINO DE E SOBRE CIÊNCIA A PARTIR DOS ESTUDOS DE UMA MULHER CIENTISTA**

**Tairini da Silva** [taitds2@gmail.com]

*Licenciatura em Física, Instituto Federal de Santa Catarina. Avenida XV de Novembro, 61. Araranguá, SC.*

**Felipe Damasio** [felipedamasio@ifsc.edu.br]

*Instituto Federal de Santa Catarina. Avenida XV de Novembro, 61. Araranguá, SC.*

**Anabel Cardoso Raicik** [anabelraicik@gmail.com]

*Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina*

*R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC*

*Recebido em: 12/04/2019*

*Aceito em: 31/10/2019*

### **Resumo**

Este trabalho descreve uma iniciativa que teve como objetivo levar à sala de aula discussões *de e sobre* ciência a partir dos estudos desenvolvidos pela cientista Thaysa Storchi Bergmann. Isso foi feito por meio de uma problematização da ideia popularmente difundida de ciência “masculina”, mediante uma abordagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. A sequência didática implementada em sala de aula foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e utilizou como referência metodológica as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). O projeto desenvolveu-se de acordo com as seguintes etapas: (i) planejamento e construção do material instrucional potencialmente significativo; (ii) implementação da UEPS no ensino médio; (iii) inclusão do material produzido em uma página educativa da rede mundial de computadores e; (iv) avaliação do projeto. A análise dos dados obtidos, durante o projeto, sugere que os alunos conseguiram alcançar uma evolução conceitual em relação ao conteúdo específico abordado, indica avanços na percepção de como o conhecimento científico é produzido e na importância da participação das mulheres nesse empreendimento.

**Palavras-chave:** Thaysa Storchi Bergmann; Aprendizagem Significativa; Física moderna e contemporânea.

### **Abstract**

This paper describes an initiative that lead to the classroom an discussions of science and about science from the studies developed by scientist Thaysa Storchi Bergmann. This was done by means of a problematization of the popularly popular idea of "masculine" science, through an approach of contents of Modern and Contemporary Physics. The entire didactic sequence was based on Ausubel's Meaningful Learning Theory, using Potentially Significant Teaching Units (UEPS) as a methodological reference. The project was developed in accordance with the following steps: (i) planning and construction of potentially significant instructional material; (ii) implementation of the UEPS in a high school classroom; (iii) inclusion of the material produced on an educational page of the global computer network; (iv) project evaluation. The analysis of the data obtained during the project suggests that the students were able to achieve a conceptual evolution in relation to the specific content addressed, as well as indicates advances in the perception of how scientific knowledge is produced and the importance of the participation of women in this enterprise.

**Keywords:** Thaysa Storchi Bergmann; Meaningful Learning; Modern and Contemporary physics.

## Introdução

O ensino de Física atualmente, em nível básico, aborda sobejamente conteúdos que podem ser descritos como blocos da Física Clássica; divididos nas áreas de Eletromagnetismo, Mecânica, Óptica, Ondas e Termodinâmica. Em contrapartida, a física desenvolvida a partir do final do século XX tem sido excluída ou pouco abordada em sala de aula. Oliveira (2014) acentua que o currículo desatualizado desvincula a prática pedagógica da realidade do aluno, o que também acontece por se omitir no ensino o contexto histórico, social, cultural da ciência. Para Terrazzan (1994), a atualização do currículo de Física, com sua inserção efetiva em sala de aula com os discentes, justifica-se pela influência crescente de conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual e para formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo.

Agostin (2008) aponta a necessidade de se pensar em um ensino de Física cuja perspectiva seja a de possibilitar que os estudantes tenham contato com a cultura científica, de modo que a inserção de conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) esteja associada a um processo de ampliação da cultura do educando. Isso pode permitir que o aluno faça uma leitura mais apropriada do mundo atual e contribuir para que a ciência seja vista como uma construção humana. Gil *et al.* (1987) acreditam que a introdução de conceitos atuais de Física pode favorecer um entendimento de ciência e do próprio trabalho científico mais alinhados com a moderna filosofia da ciência. Essa pode ser, portanto, uma perspectiva que propicia o entendimento do desenvolvimento científico como algo não-linear e não-cumulativo, o reconhecimento de que a ciência não é uma verdade absoluta e imutável, mas algo em constante construção e transformação. Rocha (1999) argumenta que, para a maioria dos alunos, o contato com a física se esgota no ensino médio. Logo, pode-se pensar como um dever das escolas a sua inserção como parte do patrimônio cultural da atualidade.

Ostermann e Moreira (2001) defendem que é imprescindível a produção de materiais didáticos, com qualidade, que envolvam FMC, acessíveis à professores e estudantes de ensino médio. Os autores argumentam que a implementação dessa temática se torna viável tanto para o ensino e aprendizagem de conceitos quanto de atitudes referentes a curiosidade e a motivação pela física, por exemplo.

Exemplo de temas que podem fazer parte do ensino de FMC é a Astronomia e a Astrofísica<sup>1</sup>. Segundo Langhi e Nardi (2010), o ensino de Astronomia pode contemplar temas transversais, privilegiando a interdisciplinaridade. Ainda, considerando que costuma despertar a curiosidade dos estudantes, podem ser usados como um fator de motivação para a construção de conhecimentos de outras disciplinas relacionadas. De acordo com Kemper (2008), a inserção de conteúdos de Astronomia no ensino médio é de grande interesse do público jovem, uma vez que é notória, como enfatiza o autor, a motivação por parte dos aprendizes, desse nível, quando esses conteúdos são abordados. Bernardes *et al.* (2006) salientam que a Astronomia é uma das áreas que mais desperta atenção e curiosidade de estudantes desde o início da caminhada escolar até a sua formação nos cursos de graduação. Nesse sentido, explorar essa temática pode vir a influenciar diretamente na pré-disposição em aprender dos sujeitos. Ademais, Langhi (2004) enfatiza que, ao estudar Astronomia, o estudante desenvolve habilidades fundamentais para o aprendizado não só de Física, mas também de outras disciplinas.

---

<sup>1</sup> Por Astronomia entende-se, neste texto, o que Oliveira Filho e Saraiva (2014) definem como a mais antiga das ciências que consiste, entre outras coisas, em mapear o céu com registros que datam desde 3000 a.C. Por Astrofísica, o texto se alinha ao entendimento de Tyson (2015) que consiste na aplicação das leis da Física a cenários astronômicos.

Uma questão que não se pode deixar à margem do ensino de ciência é a desconstrução do entendimento de ciência que, como Fernández *et al.* (2002) destacam, é frequentemente entendida como uma atividade essencialmente masculina. Agrello e Garg (2009) realçam que não há correlação entre a mulher jovem de hoje e a imagem de cientista, sendo então necessária uma mudança na concepção de meninas sobre o papel das cientistas mulheres na ciência; o processo é lento e deve ser iniciado com a escolarização. Os autores ressaltam ainda que, para que mais mulheres optem por uma carreira em Física, é preciso estar atentos à trajetória de estudo percorrida por elas desde o início. De acordo com Menezes (2017), um estudo feito pela *Microsoft Corporation* identificou cinco causas que podem direcionar as meninas para a área da ciência: exemplos de cientistas mulheres reconhecidas mundialmente, professores e pais que falam sobre ciência e tecnologia e as incentivam, explicações práticas, aplicações da vida real e confiança na igualdade intelectual.

Cordeiro (2017) destaca que:

Um dos pontos frisados pela maior parte das pesquisas sobre mulheres e ciência é o efeito salutar que a contextualização tem na manutenção do interesse feminino pela atividade. Conhecer a história das grandes físicas e dos obstáculos que elas passaram é, ainda, uma das formas mais consistentes de se atrair não apenas mulheres à ciência, mas os alunos em geral. E não é preciso fugir da Física ou focar em uma linha de pesquisa unicamente direcionada à questão feminina para levar seus exemplos para a sala de aula. Apenas o foco em tópicos modernos e contemporâneos de Física – reivindicação bastante antiga da área de ensino, diga-se de passagem – já permitiria o reconhecimento do trabalho de grandes mulheres, pois suas entradas na ciência coincidem justamente com o período dessa revolução conceitual da Física (p. 671).

Não é objetivo deste trabalho se debruçar sobre pontos conceituais ligados intimamente à linha de pesquisa acerca de questões de gênero<sup>2</sup>, mas, tão somente, enfatizar, valorizar e exemplificar uma ciência plural que tem ao longo de sua história e contemporaneidade, mulheres que contribuíram para o seu desenvolvimento.

Nesse sentido, visou-se investigar o seguinte problema: *como estudos de física moderna e contemporânea, desenvolvidos por uma física brasileira e abordados à luz de seu contexto histórico, social e cultural, podem contribuir para um ensino de e sobre ciência em nível médio valorizando a participação da mulher no empreendimento científico?*

A hipótese deste trabalho foi a de que uma abordagem centrada na contextualização do conhecimento científico produzido por uma física brasileira de reconhecimento mundial pode se mostrar profícua. Afinal, existe a possibilidade de isso servir como gatilho para inspirar meninas a terem despertadas a pré-disposição em aprender e, até mesmo, sentirem-se motivadas a seguirem a carreira científica. A partir da necessidade de um recorte, optou-se por abordar a vida e a obra de Thaysa Storchi Bergmann. Essa cientista da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) ganhou notoriedade mundial ao ter sido premiada, no ano de 2015, pelo programa internacional *L'Oreal/UNESCO For Women in Science*<sup>3</sup>. Esse programa “identifica, recompensa, incentiva e

<sup>2</sup> Pode-se entender por gênero uma construção social, cultural e política. Como destaca Louro (2008), “ser homem e ser mulher”, nessa perspectiva, “é um processo minucioso, sutil, sempre inacabado” (p. 18).

<sup>3</sup> Cabe ressaltar que o prêmio é uma forma de tornar mais conhecida uma cientista mulher na contemporaneidade e, por consequência, contribuir para desmistificar uma ciência masculina. Dessa forma, pode ser mais interessante partir de estudos mais conhecidos para levar essa discussão para a sala de aula, não dissociadas daquelas *de e sobre* ciência. No entanto, almeja-se que em futuro breve, essa seja uma realidade para os estudantes e pessoas em geral e que cada vez mais mulheres que fazem ciência,

coloca sob os holofotes excepcionais cientistas de todos os continentes”, todos os anos, desde 1998. A cada ano, cinco cientistas são premiadas (uma para cada região do mundo).

Nesse sentido, este trabalho descreve uma proposta didática elaborada para o ensino médio – por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (Moreira, 2011) –, a sua implementação e avaliação. A proposta didática teve como *objetivo* levar para a sala de aula discussões *de e sobre* ciência, procurando trazer reflexões sobre o universo científico, bem como problematizar a ideia “masculinizada” de ciência. Vale frisar que essa pesquisa é parte integrante de um projeto maior com a finalidade de levar à educação básica exemplo de mulheres físicas brasileiras de reconhecimento mundial, abordando os temas das suas pesquisas. Além disso, o projeto visa a produção de materiais instrucionais e sua disponibilização para que professores levem (ou possam levar, caso tenham interesse) essas discussões para suas aulas. Uma dessas iniciativas é descrita em Brunelli, Damasio e Raicik (2017), no qual os estudos da física Márcia Barbosa, sobre as anomalias da água, são explorados em uma UEPS. Também são discutidas as visões de ciência e métodos científicos, bem como a necessidade da participação das mulheres na área da Física. Todo o material instrucional produzido por ambos os projetos está disponível na rede mundial de computadores<sup>4</sup>.

## Referencial teórico

Atualmente, há uma necessidade (e preocupação) de pesquisas e materiais didáticos apresentarem um alinhamento adequado entre seus distintos referenciais, inclusive para a sua qualidade; conforme afirma Moreira (2004, p. 10): “pesquisar é produzir conhecimentos dentro de um marco teórico [educacional], metodológico e epistemológico” consistente e coerente. O autor argumenta, inclusive, que na pesquisa em ensino de ciências o conteúdo específico das ciências deve sempre estar presente. Nesse sentido, destaca que um ponto frágil de muitos estudos é que autores relegam o conteúdo científico a um nível inferior em suas pesquisas. Mesmo que a área da pesquisa em ensino de ciências necessite de contribuições com diferentes enfoques, ela não pode deixar de fora o conhecimento da ciência que pretende ensinar. Schnetzler (2002) enfatiza que os pesquisadores precisam abordar, além das interações entre pessoas, por exemplo, a dinâmica do conhecimento em um ambiente de ensino-aprendizagem.

Pujalte *et al.* (2014) destacam a necessidade de um marco epistemológico para a pesquisa em ensino de ciências ao entenderem que a visão de professores e alunos sobre o conhecimento científico, seja ela explícita ou implícita, tem efeito sobre o seu ensino e aprendizagem. Moreira (2009) ressalta a importância de que professores e pesquisadores tenham consciência dessa influência. Logo, a pesquisa em educação científica necessita de um aporte epistemológico articulado e coerente com o educacional e metodológico. Nessa perspectiva, a seguir, são apresentados os aportes educacional, epistemológico e metodológico da pesquisa aqui descrita.

### *Aporte epistemológico: filosofia da ciência de Paul Feyerabend*

Paul Karl Feyerabend (1924-1994) foi um epistemólogo da ciência que, entre outras sustentações, defendeu um pluralismo metodológico. Segundo ele, a ciência não é uma verdade absoluta e fixa, mas sim algo questionável; não existe um fundamento metodológico que seja aplicável a todas as teorias ou empreendimentos científicos. Nessa perspectiva, a ciência deve ser

---

mas não são necessariamente laureadas, acabem igualmente sendo exemplo para meninas e alunos em geral.

<sup>4</sup> <https://ge2dic.wixsite.com/fisicapremiada>

vista como uma construção humana, desenvolvida de forma coletiva e multifacetária (Damasio e Peduzzi, 2016).

Feyerabend não traz orientações educacionais. No entanto, a partir de sua epistemologia, pode-se ter uma indicação, como a histórica, para um ensino de ciência, e evidenciar, por meio dessa perspectiva, como o conhecimento foi construído e quais foram as influências e circunstâncias que contribuíram para a atividade do cientista em determinado contexto e época. Assim, o conhecimento científico passa a ser entendido como algo tangível, alcançável pelos estudantes, e não apenas um conjunto de verdades encontradas ao acaso (desprovido de preconceções) por pessoas especiais (Damasio e Peduzzi, 2017).

Para Feyerabend (2007), a ciência é uma disciplina intelectual que pode ser examinada e criticada por quem estiver interessado. Essa disciplina parece difícil e profunda somente por causa do ofuscamento causado por alguns cientistas e/ou das reconstruções simplistas que são feitas de seus trabalhos. Segundo ele, a demonstração de que o conhecimento é produzido por aqueles que questionam e buscam satisfazer suas curiosidades acerca da natureza, surge como uma necessidade diante da riqueza científica. O epistemólogo ainda declara que há, historicamente, uma relação íntima entre progresso e pluralismo metodológico.

Em termos epistemológicos, a filosofia da ciência de Feyerabend sustentou a pesquisa aqui descrita, pois ao levar em consideração algumas das questões levantadas pelo epistemólogo, o presente projeto visou explorar a participação de mulheres na ciência ao mostrar a ciência construída por Thaysa Storchi Bergmann acerca dos buracos negros. Resgatar as pesquisas de pessoas oriundas nas mais diversas origens, pelos mais diversos procedimentos e técnicas, contribui para a contextualização de uma diversidade de formas de conhecimento.

#### *Aporte educacional: Teoria da Aprendizagem Significativa*

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) foi proposta por David Ausubel, na segunda metade do século XX. Segundo o autor, a estrutura cognitiva do aluno não é uma tábula rasa, já que ele possui determinados conceitos pré-existentes, chamados de conhecimentos prévios. Para Ausubel (Ausubel *et al.*, 1980; Masini e Moreira, 2006), conceitos específicos e relevantes da estrutura cognitiva do estudante, que ele chama de subsunçores, interagem com novas informações, de tal maneira que ambas sejam transformadas, atribuindo um significado único à nova informação. De acordo com Moreira (2005), a aprendizagem com significado é aquela que ocorre a partir do que o sujeito já sabe, dando significado à nova informação a partir dos subsunçores que já possui.

Masini e Moreira (2006) enfatizam que na aprendizagem significativa, cada aluno vai construir o seu conhecimento de uma maneira diferente, pois essa construção depende de suas concepções pré-existentes. Uma das condições para que se tenha aprendizagem significativa é a relação entre o material instrucional e o que já existe na estrutura cognitiva do aluno; caso seja incorporável a essa última, o material poderá ser considerado potencialmente significativo. Outra condição necessária para a aprendizagem significativa é a predisposição em aprender. Isso quer dizer que o estudante precisa ter interesse pelo que lhe é ensinado e não buscar apenas a memorização dos conceitos.

No projeto descrito neste artigo se procurou, sobretudo, criar um ambiente em que as duas condições preconizadas por Ausubel estivessem presentes. Além disso, organizou-se o material instrucional respeitando os quatro princípios que a Teoria da Aprendizagem Significativa destaca: a) A *diferenciação progressiva* que, em síntese, sugere que os conceitos mais gerais sejam apresentados primeiro que os mais específicos; b) A *reconciliação integrativa* que indica que os conceitos



apresentados sejam revisitados ao se explorar, por exemplo, suas relações de similaridade e diferença; c) A *organização sequencial* que assinala que seja feito uso de ideias âncoras para a instrução e sequência de forma a apresentar coerência, principalmente, à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora e; d) A *consolidação* que aponta a importância de os conceitos estudados estarem consolidados ao se iniciar a introdução de conceitos novos e mais específicos.

#### *Aporte metodológico: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas*

De acordo com Moreira (2011), as UEPS são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa. Esse tipo de aprendizagem se constrói pelo questionamento ao invés da memorização de respostas. Para isso, são utilizadas estratégias instrucionais, nas quais o ensino é centrado no aluno e nas experiências que este traz para a sala de aula.

As UEPS podem ser construídas a partir de alguns princípios norteadores. Primeiramente, preconiza-se a definição do conteúdo específico que será abordado. Deve-se delinear quais conceitos serão discutidos, quais as interações entre eles e como serão explorados. Em seguida, é necessário criar situações em que o aluno possa externalizar o seu conhecimento prévio sobre o assunto, pois deve-se partir, sempre, daquilo que o sujeito já sabe. Então, é preciso criar situações-problema em que o estudante seja levado a criar soluções, organizando mentalmente os conceitos prévios que possui. O aluno deve ser instigado a buscar novos conhecimentos para resolver o que está sendo proposto. Esses aspectos sequenciais devem ser pensados, sobretudo, à luz dos quatro princípios que regem a Teoria da Aprendizagem Significativa. A atividade seguinte deve permitir que o estudante socialize o seu conhecimento e negocie os significados com os demais discentes; é essencial a mediação do professor durante a execução das atividades. Para concluir a unidade de ensino torna-se necessário retomar as características mais relevantes do conteúdo, porém buscando apresentar novos significados, em uma perspectiva integradora. É importante apresentar um nível de complexidade crescente e que busque novas propostas e situações, que sejam resolvidas de forma colaborativa e discutidas em grupo.

A avaliação da aprendizagem pode estar presente em todas as etapas da UEPS. Dessa forma, qualquer indício de aprendizagem significativa pode ser registrado. Além disso, sugere-se uma avaliação somativa individual em que as perguntas permitam que o aluno faça uma reflexão sobre o conteúdo e demonstre a construção de significados. Em todos os passos, as estratégias de ensino devem estimular o questionamento, o diálogo e a crítica.

A UEPS que faz parte deste projeto (reproduzida no Apêndice) teve como objetivo promover a aprendizagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, por meio da contextualização da ciência produzida pelos estudos da cientista Thaysa Storchi Bergmann acerca dos buracos negros. Além de almejar uma discussão acerca do empreendimento científico procurando problematizar o entendimento de ciência masculina, de tal forma a promover um ensino *de e sobre* ciência. A avaliação da pesquisa procurou identificar indícios de aprendizagem significativa e evolução acerca de entendimentos do empreendimento científico mais alinhados à moderna filosofia da ciência, no que diz respeito à crítica empírico-indutivista e alguns dos ideais centrais feyerabendianos.

## Revisão Bibliográfica

Para o recorte da revisão bibliográfica do presente estudo, foram pesquisados artigos nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigação em Ensino de Ciências (IENCI), Cadernos de História e Filosofia da Ciência (CLE), Revista Física na Escola (FnE), Aprendizagem Significativa em Revista (ASR), Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) e Experimentos em Ensino de Ciências (EENCI). Optou-se por esses periódicos por serem considerados de relevância expressiva para o foco de interesse. O período de pesquisa se restringiu aos últimos dez anos, portanto, foram analisados os artigos publicados a partir de 2008. Os indexadores pesquisados foram os seguintes: ensino de Física e a questão de gênero, ensino de Astrofísica e ensino acerca de buracos negros.

A seleção dos artigos analisados foi feita a partir dos títulos, resumos e palavras-chave encontrados com o uso dos referidos indexadores. Vale frisar que não se limitou a busca textual literal dos indexadores. Foram escolhidos apenas os trabalhos que poderiam contribuir para a presente pesquisa, não esgotando os trabalhos publicados nesses periódicos acerca dos conteúdos pesquisados. Isso quer dizer que somente trabalhos que envolviam explicitamente o ensino foram selecionados. A Tabela 1 indica o número total de trabalhos selecionados. Para a análise, foi feita uma seleção minuciosa a fim de encontrar quais trariam uma contribuição direta para a pesquisa no que diz respeito ao conteúdo específico abordado e a metodologia utilizada.

**Tabela 1** – Quantidade de artigos selecionados na revisão bibliográfica

Periódico	Ensino de física abordando a questão de gênero	Ensino de Astrofísica	Ensino acerca de buracos negros
RBEF	00	05	01
CBEF	00	00	00
IENCI	00	00	00
CLE	00	00	00
FnE	01	00	00
ASR	00	00	00
RELEA	00	02	00
EENCI	00	00	00

Fonte: Os autores

### *Ensino de física abordando a questão de gênero*

No que se refere ao ensino de Física e a questão de gênero selecionou-se um trabalho, em específico. Brunelli, Damasio e Raicik (2017) procuraram contextualizar a vida e obra de Márcia Barbosa, física brasileira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O trabalho abordou seus estudos acerca das anomalias da água que a levou a ser reconhecida internacionalmente. A discussão integra temas de Física contemporânea e suas aplicações práticas, como na dessalinização da água. Além disso, propõe e apresenta uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para professores de Física, a fim de que possam levar discussões *de* e *sobre* a ciência para a sala de aula. Para que a UEPS possa ser implementada no ensino, os autores disponibilizaram-na em uma página educacional, com todo o material necessário ao professor interessado. Como já citado anteriormente, o trabalho faz parte do projeto do qual a presente pesquisa é oriunda. Em termos gerais, ambos foram desenvolvidos à luz de objetivos semelhantes e utilizaram os mesmos aportes educacionais, epistemológicos e metodológicos.

### *Ensino de Astrofísica*

Em relação ao Ensino de Astrofísica, oito artigos com potencial relevância foram elegidos. O trabalho de Horvath (2013) propõe uma abordagem empírica para o ensino de Astrofísica Estelar. O autor justifica o desenvolvimento do projeto como uma possibilidade de incorporar temas de Astrofísica em sala de aula de acordo com o que é sugerido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's). Para isso, propõe que alunos de ensino médio façam observações do céu e utilizem uma hipótese de semelhança, em que se admite que as estrelas observadas sejam corpos como o Sol e as variações observadas na emissão de luz das estrelas sejam apenas resultado da sua distância em relação ao observador. A partir disso, é proposto que sejam feitas diversas observações para, em seguida, calcular o fluxo de luz emitido por algumas estrelas, bem como a distância entre elas em uma mesma constelação. Ao final, os alunos devem ter a capacidade de interpretar as suas observações de modo que entendam que existem diferentes tipos de estrelas e apenas algumas vão emitir quantidades de energia similares à emitida pelo Sol. Ainda de acordo com o autor, essas observações podem contribuir para o entendimento de conceitos de Astrofísica Estelar, permitindo que os próprios alunos verifiquem a aplicação desses conceitos nos fenômenos observados.

Assim como Horvath (2013), Gusmão, Valente e Duarte (2017) apresentam uma abordagem que sugere a observação do céu, entretanto, a proposta pedagógica visa introduzir o tema de matéria escura do Universo. Os autores produziram uma sequência didática que se destina à discussão sobre a existência de matéria escura em torno das galáxias a partir da exploração do teorema virial gravitacional. O assunto é abordado a partir de observações do céu por meio do uso de telescópios, assim como de explicação dos conceitos de movimentos dos corpos e de energia cinética e potencial. São feitas analogias do estudo do movimento dos planetas com órbitas de astros em grandes estruturas cosmológicas para verificar a necessidade da existência de “alguma coisa” de natureza gravitacional que explique a velocidade constante das estrelas ao se afastar do centro das galáxias. A pesquisa aponta que as atividades oferecidas serviram efetivamente para incentivar a utilização de práticas didáticas diferenciadas, as quais permitiram uma motivação maior para a aprendizagem de temas da atualidade no ensino de Física.

Também com o intuito de explorar a observação do céu, porém utilizando o computador como um laboratório para estudar a natureza, Navone, Scancich e Vázquez (2011) propuseram a reconstrução do diagrama de Hubble, em uma versão escolar, a partir do estudo do trabalho publicado por Hubble em 1929. Para isso, elaboraram um projeto educativo de Astrofísica dirigido a alunos do ensino médio, primeiros anos de ensino superior e para professores em formação docente. Primeiramente, é proposta a exploração do contexto histórico que se vivia no início do século XX e como as observações astronômicas deram abertura para o debate acerca de novas teorias científicas. Em seguida, é apresentada uma tabela com os valores de velocidade de recessão e das distâncias entre as galáxias, obtidas por Hubble, com o propósito de construir um modelo computacional com esses dados. Para finalizar, os dados obtidos com o modelo computacional são comparados com os valores da constante de Hubble aceitos atualmente. De acordo com os autores, os resultados obtidos com a implementação do projeto foram satisfatórios. Concluiu-se que a proposta permitiu que os alunos vislumbrassem o processo de construção do conhecimento científico, bem como entendessem como são utilizados os dados observacionais obtidos. Além disso, permitiu que essa temática abordasse conteúdos de Astronomia, Astrofísica, Matemática, Informática, Filosofia e História em um caráter transversal e interdisciplinar.

Outro trabalho que utiliza o computador em sua metodologia é apresentado por Saraiva Muller e Veit (2015), porém a proposta é a de ofertar materiais didáticos para uma disciplina de Astrofísica oferecida no Ensino a Distância (EAD) para alunos de graduação em Física na UFRGS. O projeto foi aplicado durante cinco semestres, de 2011/2 a 2013/2, através da plataforma *Moodle*. Os autores mantiveram o conteúdo que já era utilizado no curso, porém apoiaram-se na Teoria de



Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria da Interação Social de Vygotsky no desenvolvimento do material didático. Os autores concluíram que a utilização do ambiente virtual não alcançou a interação pretendida inicialmente. Ainda assim, pôde-se concluir que a disciplina EAD manteve a qualidade no mesmo nível da disciplina presencial e observou-se uma pequena melhora em relação aos índices de aprovação quando comparados com os semestres anteriores. Dessa forma, os autores entendem que são necessárias ainda algumas melhorias na metodologia e aperfeiçoamento do material para que a ferramenta se torne mais bem-sucedida.

Em uma outra perspectiva, que busca atingir o objetivo de apresentar conteúdos relacionados à Astrofísica, Astronomia e Cosmologia, que estejam de acordo com o interesse de alunos do ensino médio, Fróes (2014) analisou os resultados obtidos com o projeto *ROSE (Relevance of Science Education)*. O projeto *ROSE* trata da aplicação de um formulário para jovens, no qual os próprios estudantes atribuem uma gradação para cada tema científico apresentado. O projeto tem âmbito internacional e permite entender quais conteúdos são mais interessantes dentro de cada área específica. Assim, busca obter dados que permitam a discussão sobre a melhoria dos currículos educacionais. A partir dos dados obtidos com esse projeto, o autor reuniu os temas mais interessantes para os jovens na maioria dos países pesquisados e produziu um material de apoio para o professor. Fróes (op. cit.) conclui que capacitando o professor para utilizar esses temas, ele pode inseri-los em sala de aula. Com isso, ele terá segurança para ensinar tais conceitos e poderá obter bons resultados de aprendizagem, já que seria de interesse do próprio aluno aprender os conteúdos.

Análogo ao trabalho citado anteriormente, Peixoto e Kleinke (2016) visam reunir temas de Astronomia e Astrofísica considerados atrativos para os alunos do ensino médio. Para tanto, descrevem a elaboração e aplicação de um questionário para alunos de ensino médio que participaram da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA 2015) em duas escolas no estado de São Paulo. Os autores escolhem aplicar o questionário em alunos que já tiveram algum contato com esses conteúdos, para sugerir uma contextualização do ensino de astrofísica a partir disso. A análise dos resultados foi dividida em quatro fatores, sendo que o fator que incluía os temas supernovas, formação das galáxias e buracos negros alcançou a média 4, em uma escala de 1 a 5. Em vista disso, esse seria um dos fatores que poderiam ser utilizados como base para a abordagem de Astrofísica de forma interdisciplinar. O autor concluiu que a análise estatística do questionário permitiu entender que os itens que parecem motivar os alunos, participantes da pesquisa, estão relacionados à ficção científica e ao desenvolvimento tecnológico

Outra pesquisa que intenciona utilizar conteúdos de interesse dos próprios alunos é descrita por Nóbrega e Mackedanz (2013). Os autores exploram a contextualização de notícias relacionadas ao funcionamento *Large Hadron Collider* (LHC, em português, Grande Colisor de Hádrons) para ensino de tópicos de Física Moderna. O projeto tem como objetivo introduzi-las em sala de aula no ensino médio, após o estudo dos conceitos clássicos diretamente relacionados. Dessa forma, são apresentados alguns aspectos envolvidos na construção e funcionalidade do LHC, bem como os tópicos de raios cósmicos, buracos negros, detectores de partículas, partícula de Higgs e o modelo padrão de partículas elementares. O objetivo é que professores utilizem essa abordagem para incentivar o interesse dos alunos por esses conteúdos e motivá-los a aprender Física.

De modo diferente dos outros trabalhos analisados, uma experiência didática envolvendo a utilização de mapas conceituais no ensino sobre a temperatura do universo é apresentada por Silveira e Miltão (2010). Os autores discutem uma alternativa de ensino, para o nível fundamental, com a utilização de mapas conceituais como instrumento para organização dos conteúdos e uma aprendizagem significativa. Dessa forma, foram planejadas quatro unidades de ensino que abordavam a explicação de temas de astronomia utilizando os conceitos de Mecânica básica (unidade I), Termodinâmica (unidade II), Eletromagnetismo (unidade III) e Física Moderna e

Contemporânea (unidade IV). Todos os conteúdos foram apresentados por meio, mas não unicamente, de mapas conceituais produzidos pelos autores. Ao final, os alunos produziram os seus próprios mapas conceituais e os apresentaram. De acordo com os autores, os resultados alcançados mostram que a atividade despertou o interesse em aprender, bem como a interatividade dos estudantes. Contudo, foi percebido que esses mapas devem vir acompanhados de outros recursos (textos, experimentos, discussões) para garantir o aprendizado. Ao final do artigo, concluiu-se que os alunos apresentaram indícios de uma aprendizagem significativa.

Nesse recorte da revisão bibliográfica foi possível perceber que ainda há diversas possibilidades de abordagem dos conteúdos de Astrofísica e Física Moderna e Contemporânea. Cada um dos artigos analisados trouxe importantes contribuições para o desenvolvimento desse projeto. Os trabalhos de Horvath (2013) e Navone, Scancich e Vázquez (2011) contribuíram para o entendimento da necessidade de metodologias de ensino que utilizam a observação no sentido de ser não acrítica e neutra. Já o trabalho de Saraiva Muller e Veit (2015) auxiliou no entendimento da importância de uma fundamentação educacional, como a Teoria da Aprendizagem Significativa, bem como na identificação da necessidade de se produzir um material didático adequado ao ensino com essa abordagem. A proposta pedagógica de Gusmão, Valente e Duarte (2017) mostrou, igualmente, que os conteúdos de Física Moderna e Astrofísica podem e precisam ser incorporados dentro da sala de aula. O artigo de Nóbrega e Mackedanz (2013) indicou a importância da contextualização dos conteúdos para que o ensino possa ter relação direta com a realidade vivenciada pelo aluno. A experiência didática relatada por Silveira e Miltão (2010) contribuiu para reforçar a relevância da construção de materiais potencialmente significativos. Fróes (2014) e Peixoto e Kleinke (2016) colaboraram mostrando a necessidade de conhecer os conteúdos que são atrativos para os alunos para que assim se possa utilizar uma abordagem que desperte a predisposição em aprender e relacione os conceitos ensinados com aquilo o aluno tem interesse. Além disso, Nóbrega e Mackedanz (2013) e Fróes (2014) incentivam a produção de material de apoio ao professor, para que ele possa ter conhecimento e interesse suficiente para fazer uso desses conteúdos em sala de aula; aliás, um dos objetivos desse projeto.

Para além das contribuições supracitadas, cabe destacar que, dentre os artigos encontrados nenhum apresentou uma abordagem epistemológica da ciência. Navone, Scancich e Vázquez (2011), Horvath (2013) e Fróes (2014) fazem uso, apenas, da abordagem histórica que, por certo, de forma explícita ou não, tem uma relação inevitável com a filosofia da ciência. Já no que diz respeito à metodologia de ensino, somente Horvath (2013), Saraiva Muller e Veit (2015), e Silveira e Miltão (2010) deixam claro a utilização de uma metodologia de ensino e especificam qual teoria de aprendizagem foi utilizada.

### *Ensino sobre buracos negros*

No âmbito do ensino de buracos negros, a proposta de trabalho abordada por Machado e Tort (2016) tem o intuito de fornecer um material de apoio para o professor sobre o conteúdo. Os autores acreditam que é importante que o docente entenda como o conceito de buraco negro foi sendo desenvolvido ao longo do tempo. Para isso exploram concepções de estrelas negras. O artigo faz uma explanação de como os físicos Jonh Michell e Pierre Simon Laplace descreveram a existência de estrelas negras, utilizando cálculos matemáticos para prever algumas propriedades dessas estrelas, como massa e densidade. A utilização dessa abordagem visa dar ao professor um entendimento maior acerca do conceito de buraco negro para que, ao adquirir o domínio desse conteúdo, possa vir a ter segurança para discuti-lo em sala de aula.

O artigo de Machado e Tort (2016) não se trata de uma proposta de ensino e por esse motivo não indica uma metodologia para abordagem do tema proposto. Além disso, não apresenta uma

visão epistemológica, apesar de propor uma abordagem histórica. A escassez de trabalhos com essa abordagem permitiu que se enxergasse a falta de propostas de ensino relacionadas a esse conteúdo e, portanto, que a proposta deste trabalho tem a possibilidade de contribuir para a área de ensino de ciências.

## Contexto do Projeto

O projeto, descrito neste artigo, foi implementado em uma escola da rede estadual de ensino situada no município de Araranguá, em Santa Catarina. A escola oferta cursos do ensino médio e curso de Magistério em nível médio com habilitação para atuar na Educação Infantil e nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. A unidade de ensino do projeto aqui relatado foi implementada em uma turma do 3º ano do ensino médio, ocorrendo durante o horário designado à disciplina de Física dessa turma, tendo duração de duas horas/aula semanais. O período de implementação foi entre 7 de maio e 11 de junho de 2018, somando um total de 12 horas/aula. A turma era formada por 10 adolescentes do sexo feminino e 8 do sexo masculino, com idades entre 16 e 18 anos.

## Metodologia

A metodologia de pesquisa foi dividida em quatro etapas: (i) planejamento e elaboração do material potencialmente significativo; (ii) implementação da UEPS no ensino médio; (iii) inclusão do material potencialmente significativo em uma página educativa da rede mundial de computadores e; (iv) avaliação do projeto.

### *(i) Planejamento e elaboração do material potencialmente significativo*

Essa etapa consistiu no planejamento e elaboração de um material fundamentado teoricamente e que permitisse a discussão *de e sobre* ciência a partir dos estudos de FMC da cientista brasileira Thaysa Storch Bergmann. Em um primeiro momento, realizou-se uma revisão bibliográfica, que visou evidenciar quais são os aportes teóricos necessários ao ensino de Física Moderna e Contemporânea na educação científica, bem como auxiliar no desenvolvimento de estratégias para a problematização da imagem de ciência/cientistas.

Posteriormente, elaborou-se uma UEPS. A unidade foi construída, inicialmente, por meio do estudo do trabalho produzido por Bergmann acerca de buracos negros supermassivos. A UEPS, assim como o seu planejamento, foi desenvolvida de forma a estar alinhada à fundamentação teórico/epistemológica do trabalho. Outro aspecto que se procurou valorizar foi o da diversidade de materiais instrucionais, por isso a UEPS conta com roteiros para realização de experimentos, episódio de séries de televisão, vídeos, apresentação de *slides*, lista de exercícios e atividade avaliativa.

Os experimentos propostos na unidade utilizam material de baixo custo e/ou fácil acesso. Eles apresentam questões abertas que visam a discussão dos conceitos abordados a partir de concepções prévias dos alunos. As atividades experimentais procuram propiciar uma discussão em grupo sobre o conteúdo. Além disso, como parte da diversidade da UEPS, ela contempla um episódio da série *The Big Bang Theory* com o intuito de iniciar uma problematização sobre quem

pode contribuir para o desenvolvimento da ciência, assim como para uma discussão acerca de um perfil de cientista e/ou o rompimento de um possível estereótipo entorno dessa descrição.

Para uma discussão teórico-dialogada de questões de FMC embebidas em temas de filosofia da ciência foram construídas três apresentações de *slides*. A primeira delas caracteriza-se como revisão geral, a segunda como uma retomada de conceitos em um nível mais alto de complexidade e a terceira como uma aula integradora final de toda a discussão ocorrida até então. Elaborou-se, ainda, uma atividade avaliativa, do tipo somativa individual, a qual segue as orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

### (ii) Implementação da UEPS na educação básica

No primeiro encontro foram realizados os seguintes experimentos<sup>5</sup>: gravidade visualizada, dispersão da luz com um prisma e pente reflexivo. A partir disso, foram propostas questões que buscavam verificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo abordado. De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, as concepções prévias dos estudantes são um dos fatores que mais influenciam na aprendizagem significativa. As respostas dos alunos, nessa perspectiva, devem servir para reformular o material instrucional se necessário, partindo daquilo que o aluno já sabe para que se possa alcançar uma aprendizagem significativa.

O episódio 21 da quinta temporada da série *The Big Bang Theory* foi apresentado no segundo encontro. Após a exibição, foram promovidas as seguintes questões: (i) Que tipo de pessoa faz ciência? (ii) O que é necessário para ser um bom cientista? (iii) Mulheres são boas cientistas? Elas fazem qualquer “tipo” de ciência? (iv) Brasileiros fazem ciência de qualidade? (v) Quais cientistas você conhece? Você conhece alguma mulher cientista? (vi) Alguém nesta sala poderia ser um cientista? Por quê? As principais respostas foram escritas no quadro da sala a fim de se construir um “perfil de cientista” na visão dos alunos. A descrição desse cientista foi de um homem, branco, meia idade, inteligente e antissocial; estereótipo típico daqueles retratados na literatura (Fernandéz *et al.*, 2000). No que diz respeito aos cientistas que eles conheciam foram citados apenas Albert Einstein, Isaac Newton e Stephen Hawking. Além de não conhecerem nenhuma cientista mulher, por unanimidade, os alunos destacaram que cientistas mulheres participam apenas de alguns tipos de ciência, explicando que seria uma ciência relacionada a medicamentos e produtos de beleza. Também não conheciam nenhum cientista brasileiro e acreditavam que a ciência produzida no Brasil não tinha tanta qualidade quanto a ciência produzida por países como os Estados Unidos e a China, por exemplo. Especificamente ao que foi visto no seriado foram promovidas as seguintes questões: (i) O que você já ouviu falar sobre os buracos negros? (ii) Que tipo de cientista estuda os buracos negros? (iii) Você conhece algum cientista que estuda esse assunto? Resumidamente, os alunos tinham conhecimento apenas do nome “buraco negro” e a visão de um sumidouro insaciável de matéria, porém não souberam citar nenhum cientista que estudasse esse fenômeno. Esses questionamentos serviram como situações-problema que foram discutidas posteriormente durante o desenvolvimento das atividades.

No encontro seguinte, foram iniciadas as aulas expositivas dialogadas. Nesse momento, foram abordadas as questões de como é (pode ser) produzido o conhecimento científico, sobre os

<sup>5</sup> O roteiro de cada experimento está disponível na página educativa supracitada. O experimento gravidade visualizada, que serviu como uma analogia para a demonstração da curvatura espaço-tempo em torno de um buraco negro, foi realizado esticando um tecido maleável sobre uma bacia de plástico, no qual foram colocadas esferas de diferentes massas. Para o experimento de dispersão da luz, utilizou-se um prisma para dispersar um feixe de luz e projetá-lo em um aparato. Já com o experimento do pente reflexivo, manipulou-se um feixe de luz de forma que esse fosse incidido sobre um pente e refletido por um espelho perpendicular a ele.

distintos métodos que são utilizados para fazer ciência, acerca da inexistência de um, único e masculino, perfil de cientista, a contexto que propiciou que Thaysa Storchi Bergmann fosse premiada e reconhecida internacionalmente, bem como o que ela estuda. Também foram abordados os principais conceitos físicos envolvidos no estudo dos buracos negros, tais como o conceito de luz e suas características, a definição de estrelas negras e a evolução do seu próprio conceito. Buscou-se a diferenciação progressiva, inserindo os conceitos de uma forma mais geral. Ainda, fez-se uma revisão dos questionamentos problematizados no primeiro encontro idealizando, assim, uma reconciliação integradora.

Na aula subsequente, procurou-se aumentar o nível de complexidade dos conceitos. Assim, foram promovidos os questionamentos acerca do que são buracos negros, como são formados, como podem ser detectados e a discussão de alguns conceitos de relatividade geral necessários ao entendimento do conteúdo.

Posteriormente, em outro encontro, os alunos receberam uma lista de exercícios. Essa lista deveria ser respondida e entregue até o final da aula e todo o material didático poderia ser consultado, já que as questões exigiam uma transformação do conteúdo estudado e, portanto, não estavam descritas no material instrucional de forma direta. Todas as questões eram abertas com o intuito de se alcançar o princípio da consolidação sugerido na Teoria da Aprendizagem Significativa.

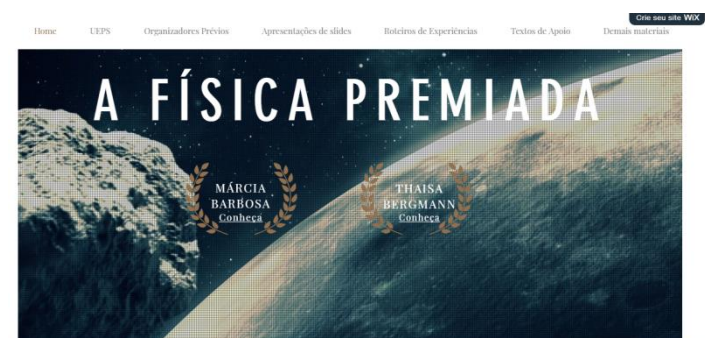
Em seguida foi realizada a aula com a terceira apresentação de slides, isto é, um momento de integração final, retomando-se toda a discussão promovida até então. Nesse sentido, as principais discussões *sobre* ciência e acerca da física dos buracos negros foram retomadas. Ademais, o quadro com o perfil de cientista foi repetido e, dessa vez, as características citadas pelos alunos continham qualidades necessárias aos cientistas ao invés de características físicas.

Por fim, foi realizada uma avaliação somativa individual composta de quatro questões abertas, além de se revisitar o questionário do organizador prévio com algumas alterações oriundas do retorno dos alunos durante a realização das atividades. Além disso, foi feita uma discussão para avaliar, por meio dos discentes, a própria UEPS; questões específicas acerca do que eles gostaram nas aulas, quais as dificuldades, o que eles gostariam de modificar/melhorar e qual a importância que eles viam ao aprender o conteúdo abordado, foram elaboradas.

*(iii) Inclusão do material potencialmente significativo em uma página educativa da rede mundial de computadores para disponibilização a alunos e professores*

A terceira etapa do projeto foi a inclusão do material produzido em uma página educativa (Figura 1). A página tem o propósito de disponibilizar todos os materiais instrucionais desenvolvidos e, conseqüente e intencionalmente, divulgar as atividades. Vale frisar que não só as atividades relacionadas ao trabalho desenvolvido pela Thaysa Storchi Bergmann estão disponíveis nessa página, mas o projeto baseado nos estudos da física premiada Marcia Barbosa acerca da água. Isso porque, como dito, as pesquisas são complementares e buscam difundir os estudos de mulheres físicas brasileiras que foram reconhecidas mundialmente por suas contribuições para o desenvolvimento científico.





**Figura 2** – Capa da página educativa. **Fonte:** Os autores

No endereço<sup>6</sup> se apresenta um *Menu* com as seguintes opções: “Home”, “UEPS”, “Organizadores Prévios”, “Roteiros de Experiências”, “Textos de apoio” e “Demais materiais”. Na página estão disponíveis, ainda, os endereços dos vídeos utilizados nas atividades e todo material de apoio. Cabe salientar que a página educativa foi desenvolvida pensando em ser útil tanto para professores quanto para estudantes; os primeiros com a possibilidade de implementar a proposta, os últimos com a oportunidade de explorar o tema, as atividades, os vídeos e seus demais recursos. É, sobretudo, no sentido de permitir, para os professores interessados, novas aplicações da proposta que se optou por deixar o material editável. Assim, cada professor pode, e deve quando necessário, adaptar o material para seu contexto escolar; premissas que são compatíveis aliás com os referenciais dos quais se baseiam.

#### (iv) Avaliação do projeto

A avaliação do projeto ocorreu ao longo da implementação da UEPS. Foram analisadas as respostas do roteiro de experimentos, a participação e interesse em sala de aula, a construção dos quadros comparativos feitos no início e final do projeto, assim como as respostas obtidas na avaliação somativa individual. Os dados provenientes das avaliações são discutidos a seguir.

### Análise e principais achados

A coleta e análise dos dados deu-se por recursos qualitativos, mencionados acima. A descrição detalhada das informações obtidas foi necessária para a interpretação dos dados, pois a análise qualitativa embasou-se na Teoria Fundamentada de Strauss (Massoni, 2013). De acordo com Strauss e Corbin (1990, p. 23) “uma teoria fundamentada é aquela que deriva indutivamente do estudo do fenômeno que representa. [...] É descoberto, desenvolvido e provisoriamente verificado por meio de sistemática coleta e análise de dados. Portanto, a coleta de dados, análise e teoria possuem relação recíproca entre si”. Nesse sentido, a teoria fundamentada sugere que a partir da descrição dos dados é possível obter uma ordenação conceitual. Dessa forma, as *variáveis de investigação* foram: (i) houve evolução conceitual em conceitos de física associados ao estudo de buracos negros? (ii) houve uma aproximação das ideias sobre ciência com a moderna filosofia da ciência? (iii) houve um aumento na pré-disposição em aprender dos alunos? (iv) houve uma modificação na percepção sobre como é produzido o conhecimento científico? (v) houve mudança na visão que os alunos tinham acerca da participação das mulheres na ciência?

<sup>6</sup> <https://ge2dic.wixsite.com/fisicapremiada>

É importante ressaltar que os achados oriundos da análise dos dados não procuram fazer generalizações, é preciso considerá-los dentro do contexto em que os dados foram coletados. O *fenômeno de interesse* refere-se à evolução conceitual no conteúdo de buracos negros. O *principal impacto* a ser investigado é a possibilidade de a UEPS promover uma modificação na visão de ciência produzida apenas por privilegiados e, ainda, aumentar a pré-disposição em aprender.

### *Análise das respostas dos roteiros de experimentos*

Durante a realização dos experimentos os alunos responderam, individualmente, alguns questionamentos que estavam no roteiro de experiências. Em seguida eles foram direcionados para uma discussão em grupo a respeito das respostas dadas no roteiro. O intuito dessa atividade era o de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do conteúdo de buracos negros e luz. Ao analisar as respostas, pôde-se constatar que os alunos não tinham domínio de conceitos básicos que seriam abordados nas aulas teóricas. Primeiramente, questionou-se aos alunos se seria possível e suficiente utilizar os materiais disponíveis para alcançar o objetivo proposto na atividade. Os discentes, de forma geral, não tiveram dificuldade em imaginar uma forma de montagem adequada ao que era solicitado. Eles conseguiram descrever de forma satisfatória os experimentos.

Conquanto, no momento de explicar os fenômenos envolvidos nos experimentos percebeu-se uma dificuldade na compreensão dos conceitos envolvidos. Quando indagados, por exemplo, se a luz podia interagir com os corpos, as respostas foram “não”. Segundo os estudantes “a luz contornava os corpos e por isso existiam sombras”, ou ainda, “a luz interagia apenas com os olhos”, ou até mesmo disseram que “os olhos poderiam modificar a luz ao entrar neles”. Além disso, as repostas sobre o que é a luz eram vagas: “a luz vem do Sol”, “a luz tem cores”, “a luz é um raio luminoso”. As respostas indicaram pouco entendimento dos conceitos físicos relacionados à luz. Pode-se dizer que eles associavam a luz aos raios provenientes do Sol, de lâmpadas, de lanternas e enfatizaram que ela entra nos olhos. Além disso, na perspectiva inicial dos alunos a luz não interage com os objetos, mas apenas permite clarear o ambiente para que eles possam ser vistos.

No que se refere ao experimento que envolvia gravitação, as respostas aos questionamentos feitos foram mais próximas dos conceitos físicos envolvidos. Quando perguntados se um corpo poderia sofrer influência de outro corpo mesmo que eles estivessem distantes um do outro, a maioria das respostas foi “sim”. Inclusive, alguns alunos citaram que “os ímãs atraem objetos metálicos, mesmo sem tocar neles”, ou explicitaram que “se você aproximar um objeto de um ímã, quando ele estiver perto ele vai interagir com ele”. Isso se deve, provavelmente, ao fato de eles estarem aprendendo o conteúdo de campo elétrico na disciplina de Física. Dessa forma, pode-se dizer que eles já tinham desenvolvido alguns conceitos relacionados ao tema. Ademais, os estudantes citaram características que seriam responsáveis pela interação entre os corpos, como “a massa”, “a distância entre os corpos”, e até mesmo o “raio”. Alguns deles responderam ainda “o tamanho do objeto” e a “densidade”.

A análise das respostas do roteiro demonstrou a necessidade de explicar conceitos básicos relacionados à luz e evidenciou que os estudantes já apresentavam algum entendimento sobre temas que poderiam ter relação com o estudo da teoria de buracos negros. Esse levantamento foi fundamental para os próximos aspectos sequenciais da UEPS, pois conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa, deve-se ensinar a partir do que os alunos já sabem.

### *Análise do organizador prévio*

O organizador prévio escolhido para a sequência didática foi um episódio da popular série televisiva *The big Bang Theory*, mais especificamente o episódio 21 da quinta temporada. No episódio específico, o protagonista, Sheldon, escreve um artigo científico sobre a teoria dos buracos negros e anseia por apresentá-lo ao cientista Stephen Hawking, o que acontece ao final do episódio. Esse episódio propicia uma discussão acerca da ideia de “perfil de cientista” e de “métodos científicos”, elementos que justificam sua escolha.

Ao término do episódio, com duração de cerca de 20 minutos, os alunos foram questionados sobre que tipo de pessoa que produz ou pode produzir conhecimento científico. As principais respostas foram anotadas no quadro. A título de exemplo, mencionou-se pessoas “nerds” e inteligentes, que usam jaleco e óculos, solitárias que gostam muito de ler, com muito dinheiro e que querem descobrir novas tecnologias e pessoas que podem pagar universidades caras para aprender ciência. Ao descrever características físicas, os alunos enfatizaram homens, brancos, com mais de quarenta anos. A visão inicial que eles possuíam de cientistas, claramente, era de um grupo seletivo, privilegiado e masculinizado.

Quando questionados sobre mulheres fazerem ciência, os discentes mencionaram que elas fazem ciência relacionada à medicina, medicamentos, maquiagens e alimentos. As mulheres, disseram ainda, até poderiam ser boas em outras ciências, mas eram minorias. Vê-se que a visão dos alunos acerca de cientistas mulheres era, inicialmente, defasada e restrita. Além disso, eles não souberam citar o nome de nenhuma cientista mulher.

Em relação à indagação feita aos alunos acerca de brasileiros/brasileiras produzirem ciência de qualidade, as respostas sintetizaram que apenas a ciência estrangeira – como a produzida nos Estados Unidos da América, Japão e China – eram consideradas ciência de valor e estavam relacionadas à tecnologia de ponta. Os estudantes expressaram ainda que “os brasileiros não têm tecnologia boa o suficiente para fazer ciência” e que “o Brasil não investe em ciência”.

Uma questão também relevante, a que investigava se consideravam possível que eles mesmos pudessem ser bons cientistas, evidenciou um quadro que, embora esperado pela falta de contextualização ainda existente em sala de aula sobre ciência, é lamentável e necessita ser transformado. As respostas foram “não”, “dificilmente”, pautadas essencialmente nas explicações de que “é preciso gastar muito dinheiro para aprender ciência”, “não tem emprego no Brasil para cientistas”, “o cientista não é reconhecido”, “só os gênios conseguem se destacar na ciência”. Essas respostas, associadas a outras, demonstram que a visão de cientista dos discentes está ligada a uma elite privilegiada e a um investimento em educação (ainda não existente a contento ou facilmente acessível). Outrossim, apenas cientistas que são considerados gênios tem algum retorno social pela sua dedicação; isto é, seria preciso ter características especiais para ser considerado um bom cientista.

### *Análise da avaliação somativa*

A avaliação somativa individual foi composta por quatro questões discursivas, as quais demandavam uma discussão de conceitos relacionados à teoria de buracos negros e à dualidade onda-partícula da luz. Primeiramente, os alunos precisavam explicar o motivo pelo qual não se pode ver um buraco negro e como é possível detectá-lo. As respostas demonstraram que eles tinham entendimento acerca do conteúdo, pois citaram “devido o buraco negro não emitir luz”, “somente enxergamos objetos que refletem ou emitem luz e o buraco negro não faz nenhum”, “nada consegue sair de um buraco negro, nem a luz”. Além disso, conseguiram responder como detectá-lo, mesmo

sem poder vê-lo, “quando ele interage com outros corpos”, “quando outro corpo chega muito perto ele é puxado e emite radiação”, e “com os telescópios podemos ver o disco de acreção formado em torno deles”.

Na segunda questão era necessário que eles compreendessem qual a relação entre a teoria sobre o comportamento da luz e os buracos negros. Novamente eles demonstraram que tinham feito uma boa construção do conteúdo, com respostas tais como: “para um buraco negro existir, a luz precisaria ser uma partícula”, “somente se a luz fosse uma partícula ela seria atraída pelo buraco negro”, e “a atração gravitacional não atrairia a luz se ela fosse só uma onda”.

A explicação da relação entre fusão nuclear e vida e morte de uma estrela foi explorada na terceira pergunta. De modo geral, as interpretações foram: “as estrelas usam combustível para ter energia”, “as estrelas fazem fusão nuclear, até terem pouco combustível e começarem a morrer”, “quando está acabando o hidrogênio da estrela ela não consegue mais fazer fusão nuclear e vai colapsar”, e “se o combustível da estrela está muito baixo ela não consegue se manter estável”. Pode-se dizer que as respostas evidenciaram evolução conceitual dos alunos em relação aos conceitos de Astronomia e Astrofísica estudados na UEPS.

A última pergunta buscava explicar a interação do buraco negro com outros corpos celestes, e em quais situações esses corpos seriam capturados pelo campo gravitacional do buraco negro. A título de exemplo, algumas das colocações dos estudantes foram: “existe um limite que o corpo pode se aproximar sem ser capturado”, “só é capturado pelo buraco negro a estrela que ultrapassar o horizonte de eventos dele”, “a atração gravitacional do buraco negro tem certo alcance”, e “o corpo só vai ser absorvido pelo buraco negro se ele se ultrapassar certo limite”. No âmbito dessa questão, ainda, questionou-se o que aconteceria com a Terra se o Sol fosse um buraco negro. Algumas respostas se distanciaram do esperado, mesmo que elas tenham sentido não abordavam o que se esperava que fosse discutido nas respostas, tais como: “a vida na Terra acabaria, pois sem o Sol não há vida”, “a água ia congelar e nós também”, e “precisamos da energia do Sol pra viver na Terra”. Porém, a maioria dos estudantes conseguiu explicar de maneira satisfatória, apresentando argumentações como: “se a Terra não ultrapasse o horizonte de eventos do Sol (buraco negro), nada aconteceria”, “só aconteceria alguma coisa se a Terra se aproximasse demais do Sol”, “ia depender da atração gravitacional do Sol, se fosse muito grande ia capturar a Terra”, e “nada ia mudar, porque muitas galáxias tem um buraco negro no centro e ainda existem planetas nessas galáxias”.

#### *Análise do questionário do organizador prévio reaplicado em uma versão ampliada*

Para finalizar as atividades propostas na UEPS, as perguntas feitas inicialmente, durante o organizador prévio, foram retomadas. Os alunos foram questionados quanto à existência de um perfil de cientista, as formas de fazer ciência e sobre a participação de mulheres na produção do conhecimento científico. A intenção de retomar esses questionamentos era a de investigar se houve uma mudança conceitual relacionada ao entendimento do empreendimento científico.

No que diz respeito a que tipo de pessoa pode fazer ciência, os alunos demonstraram uma mudança de percepção, em relação ao que foi citado antes da aplicação da UEPS. Em nova situação eles explicitaram que “qualquer pessoa”, “pessoas que tem curiosidade de entender como a natureza funciona”, “as pessoas que tem interesse pelo conhecimento” poderiam ser cientistas. Quando perguntados sobre quais características são necessárias para ser um bom cientista, as respostas não eram mais relacionadas a ser gênio, ou ter capacidades especiais, mas sim a ter curiosidade, empenho e dedicação.

Quando indagados, novamente, sobre os cientistas que conheciam, a quantidade e nomes citados foi maior do que ao iniciar as atividades e incluíam mulheres, o que não aconteceu anteriormente. Foram citadas: Nadia Ayad, Fabiola Giannotti e Duília de Mello. Essas cientistas foram pesquisadas pelas meninas, que queriam conhecer outras brasileiras importantes para a ciência. Além desses nomes, os alunos citaram Márcia Barbosa, Thaysa Storchi Bergmann, Newton, Einstein e Hawking, os quais estavam presentes nas apresentações de slides apresentados.

Outro aspecto relevante, e que foi proficuamente discutido, é que a ciência não é uma verdade absoluta, muito menos construída por pessoas de forma isolada. Os alunos explicitaram que a ciência contempla um conjunto de ideias aceitas por uma comunidade para explicar os fenômenos da natureza e que eles mesmos poderiam contribuir para a construção de conceitos cientificamente aceitos.

### *Análise do diário de bordo*

O diário de bordo serviu como instrumento para a verificação de indícios que mostram que os objetivos propostos foram alcançados. Isso pode ser percebido ao observar a disposição dos alunos em conhecer outras cientistas importantes na área da ciência, bem como na participação deles durante a implementação da UEPS, trazendo questionamentos e demonstrando curiosidade sobre o conteúdo explorado. A análise permitiu evidenciar a modificação na visão dos alunos sobre cientistas não serem apenas pessoas privilegiadas e gênios que já nasceram com características especiais. Além disso, eles passaram a entender a ciência como uma construção humana em constante transformação.

No que diz respeito à pré-disposição em aprender, a abordagem se mostrou eficiente, pois os alunos trouxeram questionamentos e demonstraram interesse pelo conteúdo, assim como manifestaram vontade em continuar explorando temas de Astrofísica relacionados com o que foi estudado. Os próprios estudantes afirmaram que se sentiram estimulados pelo tema e que gostariam de continuar tendo aulas relacionadas ao assunto e até mesmo conhecer o trabalho de outras cientistas brasileiras.

### **Considerações finais**

Atualmente, a questão da sub-representação das mulheres na Física tem sido objeto de vasta discussão na literatura, em nível nacional e estrangeiro. Agrego e Garg (2009), por exemplo, destacam que a porcentagem de mulheres nessa área decresce, em quase todos os países, a cada etapa da carreira acadêmica e em cada nível de promoção no exercício profissional. Isto é, há uma redução significativa do público feminino ao longo de mestrados, doutorados ou níveis de carreira. No âmbito brasileiro, os autores apontam que não há incentivo específico para as mulheres estudarem ou trabalharem em ciência e tecnologia. Além disso, enfatizam que modelos femininos podem encorajar um número maior de garotas a escolher a física como carreira profissional.

O projeto aqui relatado buscou trazer um exemplo de cientista brasileira renomada como um meio de problematizar a ciência como algo que é, e pode ser, desenvolvido por mulheres, inclusive. Ademais, procurou-se trazer temas de Física Moderna e Contemporânea associados a conteúdos de Astrofísica a fim de tornar a matéria mais atrativa, possibilitando que os estudantes compreendessem a importância do que estavam estudando e percebessem as aplicações disso no seu cotidiano.



Nessa perspectiva, a abordagem desenvolvida orientou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, na epistemologia de Feyerabend e nas UEPS, apresentando uma articulação fundamentada entre referenciais teórico, epistemológico e metodológico. Todo o material que foi produzido e aplicado está disponível na rede mundial de computadores para que docentes ou alunos interessados possam ter acesso aos mesmo e, eventualmente implementá-lo. É nesse sentido que optou-se por disponibilizar o material em uma versão que pode ser editada, para que a UEPS possa ser adequada à necessidade específica da realidade em que for ser utilizada.

Cabe ressaltar que a disponibilização de todo o material produzido, na rede mundial de computadores, possibilita que pessoas que não tenham contato com a sala de aula, mas possuem curiosidade sobre o assunto, acessem seu conteúdo. Dessa forma, qualquer pessoa interessada, e com determinados pré-requisitos, pode explorar o material como ponto de partida para uma modificação sobre a visão de produção de conhecimento científico e a participação das mulheres na ciência, e não somente os alunos que estão cursando o ensino médio.

Os resultados da iniciativa relatada neste artigo sugerem evidências de que a proposta contribui para um ensino *de e sobre* ciência, em nível médio, valorizando a participação da mulher no empreendimento científico. Isso ficou manifesto, pois a proposta conseguiu incentivar os estudantes, em geral, a se interessarem por conteúdos de Física e permitiu, sobretudo, que as meninas se percebessem como capazes de ingressarem na profissão e participarem do desenvolvimento científico na área. Em relação às *variáveis de investigação*, explicitadas na seção anterior, é possível sintetizar os principais achados:

(i) Baseado na análise das respostas obtidas na avaliação e do conhecimento prévio manifestado nas atividades anteriores à avaliação somativa, pode-se dizer que houve evolução conceitual em conceitos de gravitação, luz e Astrofísica. Os alunos conseguiram demonstrar entendimento do conteúdo e exemplificaram suas respostas com coisas distintas das explicadas nos slides. Dessa forma, constatou-se que eles modificaram os conceitos apresentados inicialmente no roteiro de experimentos, em que as respostas apresentadas pelos alunos não demonstravam a mesma interpretação do conteúdo;

(ii) A ilustração de uma brasileira cientista de sucesso permitiu que os alunos se enxergassem capazes de participar de tal empreendimento. Algumas meninas se mostraram inspiradas e encorajadas a seguir esse caminho a partir do exemplo de Thaysa Bergmann. “Gostei de como um dos pontos principais da aula foi sobre as mulheres na ciência. Eu não sabia que podia ser uma cientista”, disse uma das alunas, enquanto outra afirmou que “queria estudar física, mas achava que não podia ter amigos e nem ser bonita”. Isso certamente está de acordo com um dos propósitos deste projeto, qual seja, o de incentivar meninas a seguirem uma carreira científica. Além disso, houve indícios de uma aproximação de ideias dos alunos acerca do empreendimento científico com o entendimento da moderna filosofia da ciência;

(iii) A análise dos dados apresenta indícios de que a partir da UEPS é possível construir condições necessárias para que se alcance a aprendizagem significativa; ou seja, tendo as duas condições necessárias preconizadas, não só a pré-disposição em aprender, mas também da disponibilidade de um material potencialmente significativo. A expressão de alguns discentes vem ao encontro disso, ao sugerirem conteúdos para estudo em sala de aula, em continuidade ao que foi discutido, relacionados às estrelas e à investigação de outras cientistas mulheres que, inclusive, foram pesquisadas pelos alunos. As colocações “Gostaria de mais aulas como essas, achava que a física era só fazer conta” e “Eu não fazia ideia que as estrelas “morriam”, tem muita coisa pra aprender”, corroboram a constatação. Isto provavelmente não aconteceria se o conteúdo não tivesse despertado o interesse deles.

Um aluno, em específico, transcende essas colocações e evidencia uma reflexão ainda mais profunda do tema, ao mencionar que achava “que no futuro a gente pode mandar o nosso lixo pra um buraco negro usando foguetes”. Por certo, esse pensamento sinaliza uma apropriação de conteúdo, de modo que ele foi capaz de percebê-lo em um contexto completamente diferente daquele discutido em sala de aula. Isto é, a ideia de que um buraco negro poderia resolver um problema ambiental do planeta Terra.

Nesse sentido, pode-se dizer que a exposição da carreira de uma cientista de sucesso, como a de Thaysa Storchi Bergmann, contribui para a valorização das mulheres cientistas e para a busca de uma igualdade de gênero na carreira científica. Certamente, ainda há muito o que se fazer para alcançar um reconhecimento e um espaço efetivo, em termos de igualdade, no processo de construção de conhecimento científico. Este projeto, no entanto, é uma iniciativa importante que procurou colaborar para que a ciência seja entendida e produzida por quem tiver interesse. Cabe ressaltar, ainda, que ele faz parte de um projeto mais abrangente, como supracitado, intitulado *A física premiada*, que já discutiu e implementou em sala de aula os estudos da física brasileira Márcia Babosa (Brunelli, Damasio, Raicik, 2017), com o intuito, como o aqui contextualizado, de articular discussões *de e sobre* ciência no ensino.

Com efeito, a literatura também evidencia a necessidade e inúmeros trabalhos que discutem aspectos relativos à Natureza da Ciência (NdC) em sala de aula. Um dos propósitos dessa discussão é evidenciar a ciência como ela realmente é produzida; humana, subjetiva, dependente do contexto cultural, social, político, histórico, etc. Distintos aspectos acerca da NdC vêm sendo debatidos, como os apresentados por Gil Péres *et al.* (2001) e Peduzzi e Raicik (2017). Isso evidencia, ainda mais, a relevância de trabalhos que discutam a importância das mulheres na ciência, como pertencentes à construção do conhecimento. A discussão e exemplificação da mulher enquanto cientista pode permitir romper com estereótipos ainda presentes no senso comum, como o de ciência masculina.

Os desdobramentos do trabalho indicam a possibilidade de discutir os estudos científicos de outras mulheres, bem como explorar a temática dos seus respectivos trabalhos nas mais variadas áreas da ciência, associados, inclusive, com outros aspectos da NdC. Além disso, a possibilidade de discussão da questão de gênero na ciência pode ser aprofundada, buscando explorar elementos mais específicos dessa linha de pesquisa.

Por certo, esse tipo de abordagem pode ser fundamental para o desenvolvimento do interesse pela carreira científica, por parte das meninas. A contextualização, em sala de aula, de cientistas mulheres, pode fazer com que as estudantes se sintam inspiradas pelos seus trabalhos.

## Referências Bibliográficas

Agostin, A. D. (2008). *Física Moderna e Contemporânea: com a palavra professores do ensino médio*. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Agrello, D. A.; Garg, R. (2009). Mulheres na física: poder e preconceito nos países em desenvolvimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.31, n.1, p. 1305.

Ausubel, D.; Novak, J. & Hanesian, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 2ª ed., 1980.

Bernardes, T. O.; Barbosa, R. R.; Iachel, G.; Neto, A. B.; Pinheiro, M. A. L.; Scabri, R. M. F. (2006). Abordando o ensino de óptica através da construção de telescópios. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 391-396.

Brunelli, S. C. H., Damasio, F. e Raicik, A. C. (2017). A física premiada: Márcia Barbosa, a água e a sala de aula. *A Física na Escola*, v. 15, n. 2.

Cordeiro, M. D. Editorial Mulheres na Física: um pouco de história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 3, 2017.

Damasio, F. Peduzzi, L.O.Q. (2016). A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. *Labore em Ensino de Ciências*, v. 1, p. 14-34.

Damasio, F. Peduzzi, L.O.Q. (2017). A formação continuada de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica por meio de história e filosofia da ciência sob o viés relativista: um estudo de caso. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.12, n.5, p. 47-67.

Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A.; Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, v. 20, n. 3, p. 477-488.

Feyerabend, P. K. (2007). *Contra o método*. São Paulo: Editora UNESP.

Fróes, A. L. D. (2014). Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3.

Gil, D. P.; Senent, F.; Solbes, J. (1987). La introducion a la física moderna: um ejemplo paradigmático de cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, p. 209-210.

Gil Pérez, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

Gusmão, T.C.; Valente, J. A.; Duarte, S. B. (2017). A matéria escura no Universo: uma sequência didática para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 4.

Horwat, J. E. (2013). Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 4.

Kemper, E. (2008). *A inserção de tópicos de astronomia como motivação para o estudo de mecânica em uma abordagem epistemológica ara o ensino médio*. 2008, 127f. Dissertação (Mestrado profissional no ensino de física) - Instituto de física, Universidade Federal do Rio grande do Sul. Porto Alegre.

Langhi, R. (2004). *Um estudo exploratório para inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental*. Dissertação (Mestrado em educação para a ciência). Faculdade de Ciências, UNESP. Bauru.

Langhi, R.; Nardi, R. (2010). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4.

- Machado, R. R.; Tort, A. C. (2016). Michell, Laplace e as estrelas negras: uma abordagem para professores do ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 2.
- Masini, E.A.S., Moreira, M.A. (2008). *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*. São Paulo: Vetor Editora.
- Massoni, N. T. Uma metodologia viável de análise qualitativa: Teoria Fundamentada. *publicação interna*, 2013.
- Menezes, D. (2017). Mulheres na física: a realidade em dados. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 341- 343.
- Moreira, M.A. (2004). A pesquisa em Educação em Ciências e a Formação Permanente do Professor de Ciências. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3, p. 10-17.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Porto Alegre: Ed. do autor.
- Moreira, M.A. (2011). Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43-63.
- Navone, H. D.; Scancich, M.; Vázquez, (2011). R. A. Astrofísica Escolar: jugando con datos observacionales. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 11, p. 81 – 93.
- Nóbrega, F. K.; Mackedanz, L. F. (2013). O LHC (Large Hadron Colider) e a nossa física de cada dia. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, v. 35, n. 1.
- Oliveira, R. L. (2014). Física moderna e contemporânea: propostas de trabalho aplicadas no ensino médio. *Caderno PDE*, Paraná, v. 1.
- Oliveira Filho, K. S.; Saraiva, M.F. (2014). *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: Departamento de Astronomia - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>, acesso em janeiro de 2019.
- Ostermann, F.; Moreira, M. A. (2001). Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v. 18, n. 2, p. 135-151.
- Peduzzi, L. O.; Raicik, A. C. *Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência*. Agosto, 2017, 51 p. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br](http://www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br)
- Peixoto, D. E.; Kleinke, M. U. (2016). Expectativas de estudantes sobre a astronomia no ensino médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 22, p. 21-34.
- Pereira, D. R. O.; Aguiar, (2002). O. O ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. *Revista Ponto de Vista*, Florianópolis, v. 3, p. 65-81.
- Pujalte, A.P.; Bonan, L.; Porro, S.; Adúriz-bravo, (2014). A. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciênc. Educ.*, v. 20, n. 3, p. 535-548.

Rocha, J. F. M.; Freire, O.; Carvalho, R. A. (1999). Revelando o caráter determinístico da mecânica Newtoniana: um aporte para o ensino de física moderna no ensino médio. *Ideação*, Feira de Santana, v. 3, p. 51-68.

Saraiva, M. F. O.; Muller, A. M.; Veit, E. A. (2015). Fundamentos da Astronomia e Astrofísica na modalidade à distância: uma disciplina para alunos de graduação em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n.2.

Schnetzler, R.P. (2002). A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Quim. Nova*, Vol. 25, Supl. 1, 14-24.

Silveira, T. M.; Miltão, M. S. R. (2010). Temperatura do Universo: uma proposta de conteúdo para estudantes do nível fundamental utilizando mapas conceituais. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 5(1), p. 97-123.

Terrazan, E. A. (1994). *Perspectivas para inserção de física moderna na escola média*. Tese (Curso de pós-graduação em educação) – USP. São Paulo.

Tyson, N. D. (2015). *Origens - Catorze Bilhões de Anos de Evolução Cósmica*. São Paulo: Planeta do Brasil.



## Apêndice

*Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) produzida para o ensino de Física Moderna e Contemporânea por meio da contextualização da ciência produzida acerca de buracos negros, que levou Thaysa Storchi Bergmann a ser premiada internacionalmente*

**Objetivo:** Apresentar o conhecimento que teve contribuição da astrofísica Thaysa Storchi Bergmann que a levou a ganhar o prêmio internacional L’Oréal-Unesco para Mulheres na Ciência no ano de 2015. A partir disso, discutir *sobre e acerca* da ciência dos buracos negros.

**Situação inicial:** Realizar os experimentos apresentados no roteiro de experiências. Os experimentos propostos são os seguintes: gravidade visualizada, dispersão da luz com um prisma e pente reflexivo. Em seguida, sugere-se que os alunos discutam em grupo e preencham as respostas das perguntas do roteiro referentes a cada experimento. Para o experimento “gravidade visualizada”, recomenda-se as seguintes perguntas: (i) Um corpo pode sofrer influência de outro corpo mesmo distante dele? (ii) Quais características de um corpo são responsáveis pela sua interação com outro corpo? (iii) Um corpo pode modificar as características do espaço ao seu redor? (iv) O que você entende por campo gravitacional? Para o experimento “dispersão da luz com um prisma”, sugere-se as perguntas: (i) O que é a luz?/ É possível definir luz? (ii) A luz interage com os corpos? Quais corpos? De que forma? (iii) A luz pode ser modificada ao interagir com um corpo? (iv) Um corpo pode alterar a trajetória da luz? Como? Para o experimento “pente reflexivo”, indica-se as perguntas: (i) É possível prever a trajetória da luz? De que forma? Por quê? (ii) A luz contorna os obstáculos? Por que você acha isso? (iii) O que é a sombra? Existe alguma forma de um objeto não produzir uma sombra visível? Por quê? Em seguida, indica-se produzir um quadro com as ideias principais dos alunos, visando discutir as concepções prévias deles, bem como levantar se todos os conceitos envolvidos foram explorados nas respostas do roteiro.

**Situação-problema:** Apresentar o episódio 21 da quinta temporada da série *The Big Bang Theory*. Após isso, sugere-se as seguintes questões: (i) Que tipo de pessoa faz ciência? (ii) O que é necessário para ser um bom cientista? (iii) Mulheres são boas cientistas? Elas fazem qualquer “tipo” de ciência? (iv) Brasileiros fazem ciência de qualidade? (v) Quais cientistas você conhece? Você conhece alguma mulher cientista? (vi) Alguém nesta sala poderia ser um cientista? Por quê? Durante a discussão as principais ideias devem ser anotadas no quadro para que se faça uma análise em conjunto do “perfil de cientista” criado. Em seguida, ainda baseado no que foi visto no episódio da série iniciar outra discussão: (i) O que você já ouviu falar sobre os buracos negros? (ii) Que tipo de cientista estuda os buracos negros? (iii) Você conhece algum cientista que estuda esse assunto? E já ouviu falar de algum brasileiro que trouxe contribuições para esse estudo? (iv) Será que uma cientista brasileira poderia trazer contribuições para o desenvolvimento da teoria dos buracos negros? Novamente, utilizar o quadro para anotar as ideias principais e permitir que os alunos façam uma reflexão sobre o que foi discutido. Cabe ressaltar que esses são momentos que preveem, sempre, um diálogo entre professor e alunos.

**Introdução ao tema:** Utilizar a apresentação de *slides* 1 para promover as seguintes questões: (i) Como é produzido o conhecimento científico? Existe apenas *um* método utilizado para fazer ciência? Existe apenas um perfil de cientista? (ii) Cientistas brasileiros contribuem na produção de conhecimento científico sobre buracos negros? E cientistas mulheres? (iii) Existem brasileiros

famosos na comunidade científica? E brasileiras? (iv) O que levou Thaysa Storchi Bergmann a ser premiada e reconhecida internacionalmente?

**Nova situação problema, em um alto nível de complexidade:** Utilizar a apresentação de *slides* 2 para promover os seguintes questionamentos: (i) o que são buracos negros? (ii) Desde quando a hipótese de existência de buracos negros está sendo considerada? (iii) O que se sabe sobre os buracos negros? Como eles são formados? (iv) Como detectar um buraco negro se não podemos vê-lo? (v) O que a relatividade geral tem relação com os buracos negros? (vi) Por que o estudo das propriedades da luz foi importante para o desenvolvimento da teoria dos buracos negros?

**Avaliação somativa individual:** Propõe-se que a avaliação seja feita por meio de prova escrita, elaborada com questões abertas que visem exteriorizar a apropriação do conteúdo de maneira reflexiva. Dessa forma não devem ser feitas perguntas cujas respostas possam ser encontradas no material instrucional, sem a necessidade de uma reflexão prévia. Um exemplo desse tipo de avaliação está disponível na página educacional (e que será colocada aqui em anexo, assim como todo material utilizado na UEPS).

**Aula expositiva dialogada integradora final:** Por meio da apresentação de *slides* 3 retomar todo o conteúdo abordado na UEPS. Revisar as questões colocadas nas apresentações de *slides* 1 e 2, buscando fazer uma integração de todo o conteúdo estudado. Aqui se propõe que seja feita uma discussão que possibilite desconstruir a ideia de que a ciência é algo acessível apenas para poucos privilegiados, desmistificando a imagem de ciência produzida por gênios, brancos e homens.

**Avaliação da aprendizagem dos alunos por meio da UEPS:** A avaliação deverá basear-se na participação dos alunos e envolvimento na execução das atividades propostas, bem como no interesse demonstrado durante as aulas. Deverá ainda levar em consideração o desempenho na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá exceder 50% da nota final.

**Avaliação da própria UEPS:** A avaliação da UEPS deverá mensurar se as atividades propostas permitiram o desenvolvimento de interesse pelo conteúdo abordado, despertando, assim, a predisposição em aprender. Além disso, deve-se examinar a necessidade de reformulação de alguma atividade para que o material seja potencialmente significativo.

**Total de aulas:** 9 a 12 aulas