



BURACOS NEGROS, ESTRELAS E GALÁXIAS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO REFERENCIADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS E NA SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL

BLACK HOLES, STARS AND GALAXIES: A DIDACTIC PROPOSAL FOR HIGH SCHOOL REFERENCED IN THREE PEDAGOGIC MOMENTS AND CONCEPTUAL SIGNIFICANCE

Marcos V. Oliveira¹, Sérgio M. Bisch²

¹ SEDU/Secretaria de Educação, marcos.voliveira@educador.edu.es.gov.br

² UFES/Departamento de Física, sergio.bisch@ufes.br

Resumo: *Os buracos negros constituem um dos objetos astronômicos que mais despertam o interesse e curiosidade dos estudantes e da população em geral. Tirando proveito do impacto produzido pela divulgação da primeira imagem de um buraco negro, obtida pelo consórcio internacional de radiotelescópios EHT (Event Horizon Telescope), em 2019, e do fato de os buracos negros estarem relacionados a estrelas e galáxias, foi elaborada uma proposta didática, voltada a estudantes do Ensino Médio, sobre os buracos negros, estrelas e galáxias, que se inicia por uma problematização do que aparece nesta primeira imagem. A proposta objetiva promover uma introdução aos conceitos científicos sobre esses objetos, com base no que a ciência já descobriu e observou, partindo daquilo que os estudantes sabem ou supõe saber do assunto. Por meio da dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos atrelada às etapas da Situação de Estudo e dos pressupostos teóricos de Vygotsky, partindo das concepções iniciais desses estudantes, é proposto um ensino gradual, que vai elevando o nível das aprendizagens e dos conteúdos trabalhados a fim de atingir a conceituação científica, e que objetiva promover um envolvimento e participação ativa dos estudantes, buscando ampliar o seu conhecimento e consciência com relação à estrutura e composição do Universo e à nossa posição dentro dele.*

Palavras-chave: Buracos Negros; Estrelas; Galáxias; Momentos Pedagógicos; Ensino Médio

Abstract: *Black holes are one of the astronomical objects that most arouse the interest and curiosity of students and the general population. Taking advantage of the impact produced by the release of the first image of a black hole, obtained by the international consortium of radiotelescopes EHT (Event Horizon Telescope) in 2019, and the fact that black holes are related to stars and galaxies, a didactic proposal was made, aimed at high school students, about black holes, stars and galaxies, which begins with a problematization of what appears in this first image. The proposal aims to promote an introduction to scientific concepts about these objects, based on what science has already discovered and observed, based on what students know or assume to know about the subject. Through the dynamics of the Three Pedagogical Moments linked to the stages of the Study Situation and Vygotsky's theoretical assumptions, starting from the initial conceptions of these students, a gradual teaching is proposed, which increases the level of learning and the contents worked in order to achieve scientific conceptualization, and which aims to promote an active involvement and participation of students, seeking to expand their knowledge and awareness regarding the structure and composition of the Universe and our position within it.*

Keywords: Black Holes; Stars; Galaxies; Pedagogical Moments; High School

INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade fortemente marcada pelos avanços científicos e tecnológicos. Os fenômenos astronômicos e astrofísicos despertam a atenção das pessoas e novas descobertas e avanços, como, p. ex., a recente entrada em funcionamento do telescópio espacial James Webb, são hoje amplamente divulgados. Isso tem favorecido um maior contato das pessoas com esses avanços, a divulgação de conhecimentos e a popularização da ciência. Por outro lado, caso o público eventualmente interessado não tenha um domínio de noções básicas acerca do Universo, as realizações divulgadas podem ser mal compreendidas, ou nem serem compreendidas, e levarem a interpretações equivocadas que divergem daquilo que a ciência já descobriu e se deseja comunicar a respeito do fato ou fenômeno abordado, o que pode levar a um distanciamento, ao descrédito e falta de interesse pela ciência.

Buscando contribuir para um maior conhecimento da população sobre o que a ciência já descobriu acerca do Universo, e promover uma maior consciência acerca de sua estrutura e composição e de nossa posição dentro dele, neste trabalho é apresentada uma proposta de sequência de ensino sobre estrelas, galáxias e buracos negros, voltada a estudantes do Ensino Médio.

O ponto de partida da proposta consiste na apresentação e problematização daquela famosa “primeira imagem de um buraco negro” (Figura 1), obtida pelo consórcio global de radiotelescópios Event Horizon Telescope (EHT), em 2019 (EHT, 2019), do buraco negro supermassivo situado no centro da galáxia M87. Tirando proveito da curiosidade e interesse despertados por essa primeira imagem, e explorando o fato de os buracos negros estarem relacionados a estrelas e galáxias – há buracos negros estelares que são o resultado final da evolução de estrelas de grande massa e há buracos negros supermassivos formados e situados no centro de galáxias, como a M87 e a própria Via Láctea –, os autores do presente trabalho elaboraram uma proposta de ensino, que busca ser motivadora e instigante, sobre estes temas para estudantes do Ensino Médio.

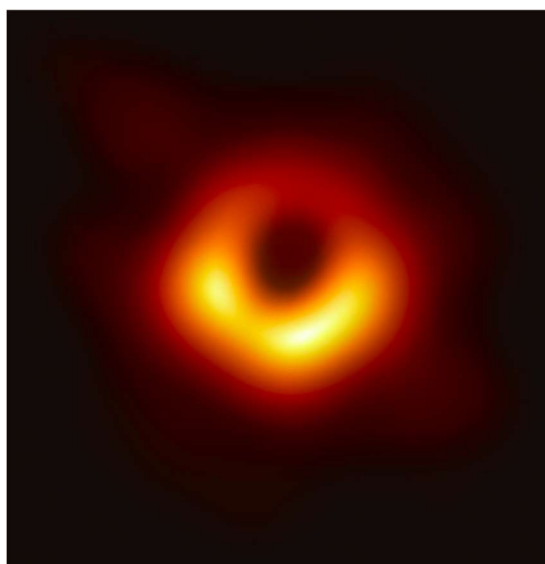


Figura 1: Primeira imagem de um buraco negro. Fonte: Event Horizon Telescope (2019).

Visando um ensino problematizador, que promova uma participação ativa dos discentes, a construção e apreensão de conceitos científicos a partir dos espontâneos, por meio dos conceitos envolvidos e relacionados a estrelas, galáxias e buracos



negros, a proposta foi estruturada tendo como referência teórica as concepções de Vygotsky sobre a formação dos conceitos e, sua sequência e metodologia, baseadas na dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs) (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011). Objetivando trabalhar o desenvolvimento conceitual dos estudantes, a promoção de um ensino gradual dos conceitos envolvidos, também utilizamos, como referência metodológica, a situação de estudo (SE), conforme proposta por Miguel, Corrêa e Gehlen (2014). Como suporte teórico, essas duas metodologias são relacionadas aos processos de significação conceitual, baseados nos pressupostos de Vygotsky (2001) sobre a formação de juízos e de conceitos elaborados e reelaborados a partir dos conceitos espontâneos.

Nas seções seguintes são abordadas a fundamentação teórica da proposta, o referencial metodológico utilizado em sua elaboração e estruturação, a sequência de ensino a ser desenvolvida em sua aplicação e apresentadas algumas considerações finais.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

A teoria que embasa a metodologia de aplicação das aulas está ancorada em Vygotsky (2001) que aborda sobre a formação de juízos e de conceitos elaborados e reelaborados, a fim de atingir um aprofundamento e os conceitos verdadeiros – ou seja, científicos.

Como psicólogo, Vygotsky (2001) enfatizava que o contexto do indivíduo (social, cultural e histórico) tem influências determinantes em sua linguagem. Onde a linguagem, neste caso, tem o papel mediador no desenvolvimento dos conceitos. Esse desenvolvimento em ação pode ser visto através de comportamentos como a memorização, a lembrança e o raciocínio – traços de desenvolvimento mental. Segundo Barbosa e Batista (2018) e Gehlen (2009), essas influências externas estão relacionadas com a aprendizagem, onde, num primeiro momento, surgem as concepções, conhecimentos e/ou ideias espontâneas e depois as não-espontâneas.

Ressalta-se, no entanto, que no contexto escolar em que os estudantes trazem seus conhecimentos espontâneos, a função do professor, no entender de Vygotsky (2001), consiste em mediar as interações que ocorrem em sala de aula, a ponto de proporcionar atividades que levem ao desenvolvimento de novos níveis das funções mentais, à apreensão dos conceitos científicos. (GEHLEN, 2009, p. 58).

Portanto, é possível afirmar que os conhecimentos espontâneos são os conhecimentos que surgem num contexto social, não escolar (informal), influenciando as novas aprendizagens. Os conhecimentos adquiridos no ambiente escolar são os não-espontâneos, que surgem por meio de ferramentas de ensino e aprendizagem, deslocando as concepções espontâneas incoerentes.

Logo, esta proposta de ensino sobre estrelas, galáxias e buracos negros, através da metodologia dos 3MPs e da SE, leva em conta esse pressuposto teórico, onde partindo das concepções e ideias espontâneas levantadas pelos estudantes, por intermédio de atividades, questões e problemas previamente elaborados, que buscam explorar a noção que possuem do conceito abordado, os estudantes são direcionados aos conceitos verdadeiros, não-espontâneos e/ou científicos de forma gradual, para que desenvolvam um pensamento consciente e racional do conceito, e sejam capazes de reproduzi-lo de forma autônoma, com suas próprias palavras.



ESTRUTURA E METODOLOGIA DA PROPOSTA

As referências utilizadas para elaborar a metodologia da proposta, foram os 3MPs e a SE. Os Três Momentos Pedagógicos são: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. E as etapas da SE são: problematização, primeira elaboração e função da elaboração e compreensão conceitual.

Dentro dos 3MPs, a problematização inicial é o momento que os estudantes são desafiados a expor o que sabem sobre determinado conteúdo de forma espontânea, sem intervenção do professor. A organização do conhecimento é o momento de desenvolvimento de atividades e propostas que conduzam os estudantes à compreensão dos conceitos e explicações científicas acerca do assunto. O terceiro e último momento é de aplicação do conhecimento, é o momento de explorar o potencial explicativo dos alunos.

As etapas da SE também se dividem em 3 partes: a etapa de problematização, em que o aluno tem o primeiro contato com o conceito científico, explorando seus primeiros entendimentos do assunto. A segunda etapa é a de primeira elaboração, etapa de aprofundamentos e o surgimento de novos conceitos relacionados. A terceira e última etapa é de função da elaboração e compreensão conceitual, onde ocorre a retomada e a sistematização mediada pelo professor, atribuindo novos níveis de compreensão.

Estrutura da Proposta

Com base nos 3MPs e na SE, a proposta de ensino foi elaborada e estruturada para relacionar os conteúdos e conceitos sobre estrelas, galáxias e buracos negros. Para construir essa estrutura, e abordar esses conteúdos de forma gradativa, a sequência completa de ensino envolvida na proposta foi dividida no que denominamos de “três grandes momentos”: uma grande problematização inicial; uma grande organização do conhecimento, subdividida em três partes – sobre estrelas, galáxias e buracos negros (BNs), respectivamente – e uma grande aplicação do conhecimento.

A grande problematização inicial, ponto de partida da proposta, é o momento de problematizar acerca da primeira imagem de um buraco negro, com questões e perguntas abertas que desafiem os estudantes e revelem suas concepções iniciais acerca dos BNs e de sua possível relação com estrelas e galáxias. Aqui se busca qualquer resposta que o aluno possua do fenômeno/conceito, sem se preocupar ou questionar a respeito do sentido dessa resposta. Após segue a etapa mais longa, de uma grande organização do conhecimento, dividida em três partes, onde uma conceituação científica básica, relativa às estrelas e sua evolução, galáxias e BNs, respectivamente, deverá ser abordada. Por fim, há o momento da grande aplicação do conhecimento, na qual as questões da grande problematização inicial, acerca da primeira imagem de um BN, devem ser retomadas, agora com uma melhor fundamentação conceitual, com a aplicação de conceitos trabalhados nas etapas anteriores e que deve revelar a aplicação e apropriação de conhecimentos pelos estudantes.

Dentro da grande organização do conhecimento exploram-se os conteúdos acerca de estrelas, galáxias e buracos negros. Cada conteúdo desses, por sua vez, também trabalhado seguindo a dinâmica dos 3MPs, onde, na problematização inicial

de cada uma destas três partes (estrelas, galáxias e BNs), é feito o levantamento das concepções iniciais dos alunos com problemas iniciais, envolvendo perguntas e questões desafiadoras sobre os três temas. O segundo momento, de organização do conhecimento, é onde os processos de ensino e aprendizagem ocorrem, porém, para uma melhor organização dos conceitos e um ensino mais gradual, esse momento foi estruturado com base nas etapas da situação de estudo, que também são três (Figura 2), onde, na etapa de problematização, o aluno tem o primeiro contato com os conceitos científicos relacionados ao tema. A segunda etapa da SE é a de primeira elaboração, promovida por meio de atividades que elevem o nível dos conceitos vistos na etapa anterior. Por fim, a terceira etapa, chamada função da elaboração e compreensão conceitual, é onde se deve promover um modo de o aluno expressar suas apreensões dos conceitos estudados.

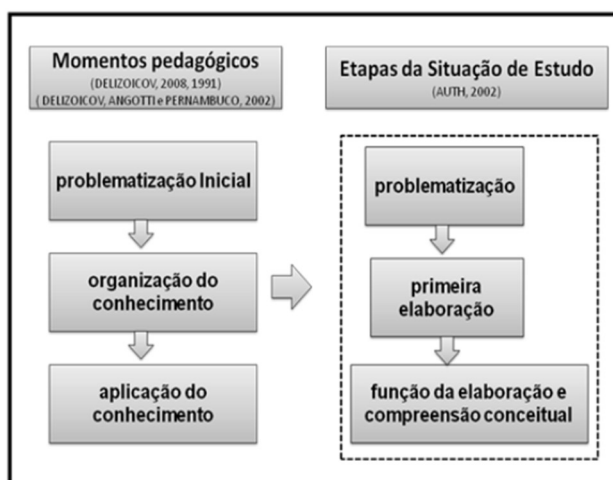


Figura 2: Os momentos pedagógicos e as etapas da SE. Fonte: Gehlen (2009, p. 199).

Ainda dentro de cada uma das três partes da grande organização do conhecimento, chegamos ao momento de aplicação do conhecimento, que também é o momento de avaliação, onde se buscam evidências das aprendizagens dos alunos, que pode ser promovida por meio de um questionário avaliativo.

Finalmente, saindo da grande organização do conhecimento, chegamos no momento de grande aplicação do conhecimento. Diversas atividades de culminância podem ser feitas nesta parte. Nesta proposta, deve ser feita a retomada da primeira imagem de um BN e sua formação através do consórcio EHT. Através das dúvidas e questões levantadas pelos alunos a respeito da imagem e sua formação, se pode explorar tudo o que foi visto nas aulas anteriores.

O diagrama apresentado na Figura 3 busca sintetizar a estrutura da proposta aqui descrita. Nas seções a seguir são indicadas algumas questões, atividades e tarefas que podem ser utilizadas nos grandes momentos que aqui foram apresentados.



Figura 3: Fluxograma de estruturação da proposta de acordo com a metodologia adotada.

GRANDE PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Com base na imagem da Figura 1, a problematização inicial pode ser feita com questões abertas, tais como: Vocês já viram esta imagem? O que acham que nela aparece? Depois de respondida essas perguntas, novas questões abertas podem ser formuladas: O que seria um buraco negro? Quais suas características? Onde eles se encontram e como surgem? Existe alguma relação entre estrelas, galáxias e BNs? O professor apenas indaga e coleta as respostas dos alunos e então segue para o próximo momento.

GRANDE ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Aqui se trabalha diretamente os conteúdos sobre estrelas, galáxias e BNs, cada um destes temas seguindo uma metodologia com base nos 3MPs e na SE.

Estrelas

A primeira parte é sobre o Sol, as estrelas e a evolução estelar, cuja problematização inicial pode ser feita pela apresentação de imagens do Sol e de estrelas, vistos da superfície da Terra, acompanhadas de questões sobre as semelhanças e diferenças entre estes objetos, seu brilho e produção de luz e calor.

Então segue-se ao segundo momento pedagógico – organização do conhecimento – que conforme as etapas da SE tem: a problematização, que pode ser feita mediante uma tarefa de leitura do texto “O Sol e as estrelas” (O Sol e as estrelas, 2020.), onde os alunos destacam suas principais dúvidas, de modo que o professor indague e explore esse conteúdo com os alunos. Para a próxima etapa, de primeira elaboração, o texto “Evolução estelar – Nascimento, vida e morte das estrelas” (Evolução estelar, 2020) pode ser utilizado e, para ampliar os conceitos lidos e relacionados, uma atividade sobre o diagrama HR (localização e posição do Sol e de algumas estrelas no diagrama) pode ser proposta aos alunos.



A última etapa da SE é a da função da elaboração e compreensão conceitual. Nesta parte de estrelas, o professor pode apresentar os estágios evolutivos das estrelas e seus finais compactos através de um infográfico apresentando a linha de evolução que cada tipo de estrela segue, dependendo de sua massa inicial.

Ainda dentro da parte sobre estrelas e da grande organização do conhecimento, segue-se para o terceiro momento pedagógico – aplicação do conhecimento – é o momento de avaliação, onde o aluno deve retomar as tarefas de leitura sobre o Sol e as estrelas e responder questões e problemas levantados pelo professor, de modo que o estudante possa descrever suas aprendizagens desenvolvidas sobre este conteúdo.

Galáxias

Na parte de galáxias, as questões da problematização inicial podem explorar a visão que temos da Via Láctea a partir da Terra, como uma faixa que cruza todo o céu, com a de outras galáxias e questionar se a diferença de visão tem algo a ver com a posição da Terra e do Sol no Universo.

Então segue-se ao segundo momento pedagógico – organização do conhecimento – que, conforme as etapas da SE, envolve: uma problematização, que também pode ser feita por meio de uma tarefa de leitura, agora do texto “Galáxias e a Via Láctea” (Galáxias e a Via láctea, 2020), onde os alunos devem destacar suas principais dúvidas sobre o texto lido, e ainda serem indagados pelo professor de modo a ampliar os conceitos lidos durante esta tarefa.

Para a próxima etapa, de primeira elaboração, o professor pode explorar com os alunos e apresentar a classificação morfológica de Hubble e uma representação de como seria o aspecto da Via Láctea vista de fora (uma espiral barrada) com a indicação da localização do Sol, ou seja, da nossa localização.

Na última etapa da SE, de função da elaboração e compreensão conceitual, pode ser apresentada a estrutura da Via Láctea (disco, halo e núcleo), bem como uma discussão acerca do movimento do Sol em torno do centro galáctico e a existência de um BN supermassivo neste centro, bem como no núcleo de inúmeras outras galáxias.

Por fim, dentro desta parte sobre galáxias, o terceiro momento pedagógico, de aplicação do conhecimento, pode ser desenvolvido por meio de uma retomada da tarefa de leitura sobre as galáxias e busca de respostas a questões e problemas levantados pelo professor, de modo que o estudante possa rever e aplicar suas aprendizagens sobre as galáxias.

Buracos negros

Na última parte da grande organização do conhecimento, sobre os BNs, a problematização inicial pode ser feita mediante a apresentação de questões abertas acerca do motivo de os BNs serem negros, porque seria impossível escapar de um BN, se o Sol poderia se transformar em BN, sobre o que aconteceria se uma pessoa caísse em um BN, entre outras.

Então segue-se ao segundo momento pedagógico, de organização do conhecimento, conforme as etapas da SE: a problematização pode ser feita com uma tarefa de leitura, desta vez do texto “Características dos Buracos Negros” (Características dos Buracos Negros, 2020). Da mesma forma que nas partes



anteriores, os alunos devem fazer seus destaques de dúvidas acerca do texto, que serão discutidas com o professor.

Para a próxima etapa, de primeira elaboração, o professor deve explorar e aprofundar com os alunos questões e conceitos mencionados na tarefa de leitura sobre a estrutura dos BNs (disco de acreção, horizonte de eventos, singularidade, tipos de BNs) e sua detecção por meio de efeitos que ele produz sobre sua vizinhança, como no caso de Sagitário A*, tendo em vista que a finalidade aqui é de ampliar os conceitos apresentados na tarefa de leitura.

Na última etapa da SE, de função da elaboração e compreensão conceitual, é possível falar sobre os efeitos relativísticos provocados no espaço-tempo, como a da dilatação temporal, redshift gravitacional e funcionamento como lente gravitacional (deflexão da luz) e sobre os BNs de Schwarzschild, abordando um pouco do contexto histórico da solução encontrada por este astrônomo alemão.

Ainda dentro desta parte e da grande organização do conhecimento, segue-se para o terceiro momento pedagógico, de aplicação do conhecimento, na qual o aluno deve retomar a tarefas de leitura sobre os BNs e responder questões e problemas levantados pelo professor, de modo que o estudante possa aplicar e descrever suas aprendizagens nesta parte, desenvolvidas durante essas aulas.

GRANDE APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Esse é o momento de culminância, onde, além de se retomar e revisar as questões da grande problematização inicial, podem ser propostas atividades diversificadas e de interação, onde os alunos podem se organizar e, por exemplo, escolher um dos temas e elaborar uma apresentação audiovisual dos conteúdos sobre estrelas, galáxias e BNs.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como dito, visamos com essa proposta, a promoção de uma maior conscientização e conhecimento sobre o Universo, seus conceitos científicos e nossa posição no contexto cósmico, objetivando alcançar o interesse e o aprendizado dos estudantes através de metodologias que incluam sua participação ativa e tenham, como ponto de partida, uma problematização de suas concepções iniciais.

A proposta intenta aproveitar o contexto e a curiosidade despertada pela primeira imagem de um BN como uma grande motivação para o envolvimento e a participação ativa dos estudantes. A proposta busca mostrar que, ao se tentar responder o que aparece naquela imagem, é possível seguir um caminho mais amplo, que percorre todo o Universo, buscando compreendê-lo. De fato, a proposta pode ser um tanto extensa, mas justificável, uma vez que é quase inevitável, ao se falar de BNs, também se referir a estrelas e galáxias. No entanto, cada uma das três partes da grande organização do conhecimento também pode ser desenvolvida de forma independente, sendo adaptada conforme o contexto ou necessidade do momento. Apenas uma compreensão mais ampla dos fenômenos físicos envolvidos na compreensão da natureza e contexto físico associado aos BNs pode ser afetada.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EHT – Event Horizon Telescope. Astronomers capture first image of a black hole. **Event Horizon Telescope**, 2019. Disponível em: <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>. Acesso em: 26 ago. 2022.

BARBOSA, R. G.; BATISTA, I. de L. Vygotsky: Um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da física. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, p. 49–67, 2018.

CARACTERÍSTICAS DOS BURACOS NEGROS. **Sidereus-nuncius**, 2020. disponível em: <https://sidereus-nuncius.github.io/blog/buracos-negros/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

EVOLUÇÃO ESTELAR – nascimento, vida e morte das estrelas. **Sidereus-nuncius**, 2020. disponível em: <https://sidereus-nuncius.github.io/blog/evolu%C3%A7%C3%A3o-estelar/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

GALÁXIAS E A VIA LÁCTEA. **Sidereus-nuncius**, 2020. disponível em: <https://sidereus-nuncius.github.io/blog/gal%C3%A1xias/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

GEHLEN, S. T. A função do problema no processo ensino-aprendizagem de ciências: contribuições de Freire e Vygotsky. **Tese (Doutorado)** — UFSC, Florianópolis, SC., 2009. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigosteses/2011/pedagogia/tprobvygotskyfreire.pdf>. Acesso em: 1 Abril. 2020.

MIGUEL, J. C.; CORRÊA, H. P. S.; GEHLEN, S. T. A significação conceitual na estruturação dos momentos pedagógicos: um exemplo no ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, 2014.

O SOL E AS ESTRELAS. **Sidereus-nuncius**, 2020. Disponível em: <https://sidereus-nuncius.github.io/blog/o-sol-nossa-estrela-modelo/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.