



LABORATÓRIO VIRTUAL DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA

ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS VIRTUAL LAB

Esley Scatena¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Ciências Exatas e Educação,
e.scatena@ufsc.br

Resumo: *O Laboratório Virtual de Astronomia e Astrofísica surgiu da necessidade de centralizar um conjunto de simulações computacionais para o ensino de astronomia e astrofísica em português. Embora diversas simulações semelhantes possam ser encontradas pela internet, a maioria está na língua inglesa, o que pode ser um obstáculo para grande parte dos alunos do Ensino Básico e até mesmo do Ensino Superior. Com o objetivo de preencher esta lacuna, o laboratório foi desenvolvido de maneira modular, com transposições didáticas de tópicos como o experimento de Eratóstenes para a determinação da circunferência terrestre, a esfera celeste, as fases da Lua e formação de eclipses, as leis de Kepler e da gravitação universal de Newton, o método da paralaxe para a determinação de distâncias dentre outros. Foi elaborado também um material de apoio com uma breve introdução às simulações e sugestões de atividades que podem ser realizadas com o auxílio delas. Por fim, espera-se que outros docentes proponham atividades complementares utilizando as simulações (além de sugestões de alterações e novas simulações) e que, assim, possamos formar um repositório com materiais didáticos que fique disponível para todos.*

Palavras-chave: ensino de astronomia; ensino de astrofísica; simulações computacionais

Abstract: *The Astronomy and Astrophysics Virtual Lab emerged from the need to centralize several computer simulations for the teaching of astronomy and astrophysics in Portuguese. Although many similar simulations can be found on the internet, most are in the English language, which can be an obstacle for most students in Basic Education and even in Higher Education. In order to fill this gap, the laboratory was developed in a modular way, with didactic transpositions of topics such as Eratosthenes' experiment to determine the Earth's circumference, the apparent movement of the background stars and the Sun in the celestial sphere, the phases of the Moon and eclipse formation, Kepler's laws and Newton's universal gravitation, the parallax method for determining distances, among others. A support material was also prepared with a brief introduction to the simulations and suggestions for activities that can be carried out with them. Finally, it is expected that other professors propose complementary activities using the simulations (in addition to suggestions for changes and new simulations) and that, in this way, we can form a repository with teaching materials that is available to everyone.*

Keywords: astronomy teaching; astrophysics teaching; computer simulations;



INTRODUÇÃO

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), tanto a área de Ciências da Natureza (para o Ensino Fundamental) quanto Ciências da Natureza e suas Tecnologias (para o Ensino Médio) apresentam a unidade temática “Terra e Universo”. Nesta unidade, desde o 1º ano do Ensino Fundamental, estão presentes objetos de conhecimento tais como: escalas de tempo, movimento aparente do Sol no céu, observação do céu, pontos cardeais, calendários, fenômenos cíclicos e cultura, constelações e mapas celestes, movimento de rotação da Terra, periodicidade das fases da Lua, instrumentos óticos, forma, estrutura e movimentos da Terra, sistema Sol, Terra e Lua, composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo, astronomia e cultura, vida humana fora da Terra, ordem de grandeza astronômica e evolução estelar.

Ainda, existe um conjunto de habilidades específicas a serem desenvolvidas em cada um destes objetos de conhecimento, aprofundando o estudo de cada tema e explicitando a conexão entre eles. Vemos, portanto, que os conteúdos de astronomia permeiam todo o currículo do Ensino Básico e, definitivamente, não pode ser negligenciado.

As limitações no ensino da astronomia já foram estudadas e enumeradas, tais como falta de formação na área e falta de cursos de formação continuada para os professores, necessidade de livros didáticos adequados, ausência de espaços dedicados ao assunto como observatórios e planetários e a carência de material didático, como discutido por Langhi e Nardi (2005) ou Leite e Hosoume (2007).

Dentre os materiais didáticos, tem crescido o uso de simulações computacionais para o ensino de astronomia e física, conforme explica Menezes (2011). Contudo, existem pouquíssimos recursos em português, o que limita ainda mais seu uso pelos professores e alunos do Ensino Básico e até mesmo do Ensino Superior.

Visando suprir esta lacuna, foi desenvolvido o *Laboratório Virtual de Astronomia e Astrofísica*, um conjunto de simulações de astronomia com transposições didáticas de modelos utilizados no estudo da astronomia e astrofísica. As simulações são acompanhadas de um material de apoio com uma breve introdução ao tema e sugestões de atividades que podem ser realizadas com as simulações (SCATENA, 2022).

No presente trabalho vamos apresentar quais são os recursos disponibilizados pelas simulações e o material de apoio, seu escopo de aplicabilidade, suas limitações e sugestões de como o material pode ser aproveitado para o desenvolvimento de novas atividades, criando-se um repositório delas.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ASTRONOMIA

Conforme comentado, existe um grande número de simulações sobre os mais diversos temas da astronomia que podem ser encontradas facilmente em buscas pela internet. Dentre elas, destacam-se as simulações do grupo de Educação em Astronomia da Universidade de Nebraska-Lincoln (LEE, 2022), que apresenta o conjunto mais completo e autocontido dentre as opções pesquisadas.

Em sua página existem mais de uma dezena de simulações sobre os mais diversos assuntos: modelos do sistema solar, sistema de coordenadas astronômicos, estações do ano, órbitas planetárias, movimentos do Sol, etc. Destaco aqui as simulações deste



grupo pois elas são utilizadas em diversos materiais de ensino no Brasil, mesmo em inglês, e.g., Batista et. al. (2020).

Contudo, não obstante a barreira do idioma, em janeiro de 2021 as simulações foram retiradas da internet, uma vez que foram desenvolvidas no ambiente *Flash*, o qual já não tem mais suporte e foi aos poucos sendo descontinuado. É verdade que ainda é possível baixar as simulações para rodá-las de modo *offline* em um computador e, num projeto mais recente, muitas das simulações estão sendo recuperadas e reescritas em outras linguagens mais atuais.

Existem também diversos estudos sobre a efetividade do uso de simulações no ensino, em especial de física e em astronomia. Em seu artigo, Medeiros e Medeiros (2002) discutem as vantagens e desvantagens deste uso no ensino de física, notando que a utilização de tais simulações não devem constituir a única abordagem de ensino a ser utilizada pelo docente, e certamente suas limitações e escopo de aplicabilidade devem ser explicitadas aos alunos para que não se incorra em inconsistências.

No entanto, uma vez que os fenômenos astronômicos ocorrem em escalas de tempo e distância muito grandes comparadas àquelas do dia a dia, as simulações de astronomia fornecem uma ótima opção para que tais fenômenos possam ser visualizados em intervalos de tempo e referenciais diferentes. Este último é de extrema importância, pois é necessária uma grande abstração para entendermos nossa posição no planeta, no sistema solar, na galáxia e, por fim, no universo como um todo. O auxílio de ferramentas que mostrem pontos de vista diferentes é essencial para a construção desses modelos por parte dos estudantes (PLUMMER, BOWER e LYNN, 2016).

O LABORATÓRIO VIRTUAL DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA

Abrimos a seção anterior comentando as simulações do grupo de Ensino de Astronomia da UNL justamente porque muitas das simulações propostas no *Laboratório Virtual de Astronomia e Astrofísica* foram fortemente influenciadas por aquelas. Mesmo assim, as simulações aqui propostas apresentam suas particularidades, em especial a exploração de tópicos diferentes, formas de visualização distintas (especialmente em 3D) além de outras funcionalidades.

As simulações são programadas utilizando-se o *EJS (Easy Javascript Simulations)*, uma ferramenta para o desenvolvimento de simulações (especialmente de física) em *Java* e *Javascript* (ESQUEMBRE, 2022). Desta forma, todas as simulações podem ser utilizadas diretamente em qualquer navegador da internet que interprete *javascript* e, ainda, podem ser acessadas por meio de *smartphones* (apesar de não terem sido projetadas especificamente para eles, muitas delas possuem uma boa usabilidade em dispositivos móveis). Elas estão disponíveis na página do *GALILEU – Grupo de Astronomia e Laboratório de Investigações Ligadas ao Estudo do Universo* (SCATENA, 2022), sob licença *Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0)*.

O Quadro 01 explicita as habilidades que podem ser trabalhadas em conjunto de cada uma das simulações:

Quadro 01: *Habilidades que podem ser desenvolvidas com o auxílio das simulações.*

Simulação	Habilidades
Experimento de Eratóstenes	(EF03C107) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.).
	(EF06C113) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra.
Esfera Celeste	(EF02C107) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada
	(EF03C108) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.
	(EF04C109) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon).
	(EF05C110) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite.
	(EF05C111) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.
Simulador Lunar	(EF04C111) Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.
	(EF05C112) Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses
	(EF08C112) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.
Estações do Ano	(EF06C114) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.
	(EF08C113) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.
O Sistema Solar	(EF09C114) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).
	(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Discutimos a seguir aspectos de algumas das simulações presentes no laboratório virtual.

A Esfera Celeste

Nesta simulação o usuário pode comparar as visões geocêntrica e topocêntrica enquanto explora a posição relativa das estrelas na esfera celeste para observadores em diferentes localidades e épocas do ano (Figura 01). A simulação permite a visualização da trajetória das estrelas, linhas imaginárias como o equador celeste, eclíptica, os polos celestes e o eixo de rotação da Terra.

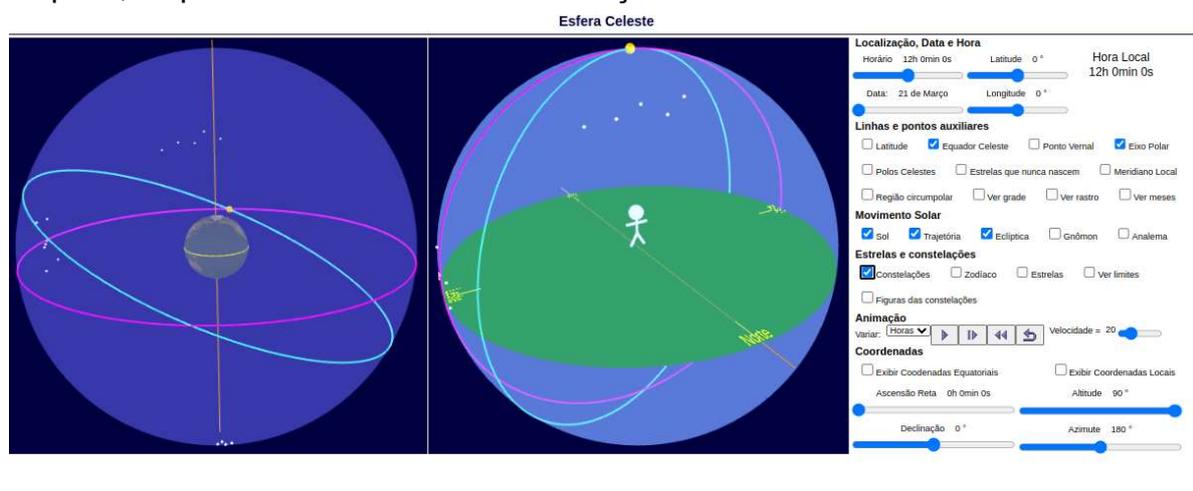


Figura 01: Captura de tela da simulação “Esfera Celeste”.

É possível também trocar o observador por um gnômon e observar a projeção de sua sombra ao longo de um dia ou de um ano. O usuário pode determinar as coordenadas locais ou equatoriais escolhendo a opção desejada.

Existe um conjunto enorme de conceitos astronômicos que podem ser explorados com esta simulação. No material de suporte algumas atividades são sugeridas, tais como a observação do movimento das estrelas, determinação de coordenadas celestes e a determinação da latitude local determinando-se o polo celeste.

Dentre as limitações da simulação, a principal diz respeito à equação do tempo: a simulação não leva em conta a excentricidade da órbita terrestre, dando origem a um analema simétrico.

O Sistema Solar

Outra simulação que possui um conjunto grande de funcionalidades é o simulador do Sistema Solar. Ela apresenta os parâmetros físicos e orbitais dos planetas, a possibilidade de comparar o tamanho dos planetas entre si e com o Sol e visualizar a órbita dos planetas.

A simulação apresenta abas com as três leis de Kepler e a lei da gravitação universal de Newton (Figura 02). Em cada uma delas são apresentados elementos que permitem a verificação destas leis, seja por meio de visualizações nas órbitas ou por meio de gráficos.

Os dados dos parâmetros físicos e orbitais são obtidos na página do Laboratório de Propulsão a Jato da NASA e a órbita dos planetas é calculada em tempo real, o que pode exigir um pouco mais de processamento por parte dos computadores. Uma desvantagem deste método é que após um número muito grande de passos, as órbitas descritas pelos planetas já não coincidem com o desenho das mesmas.

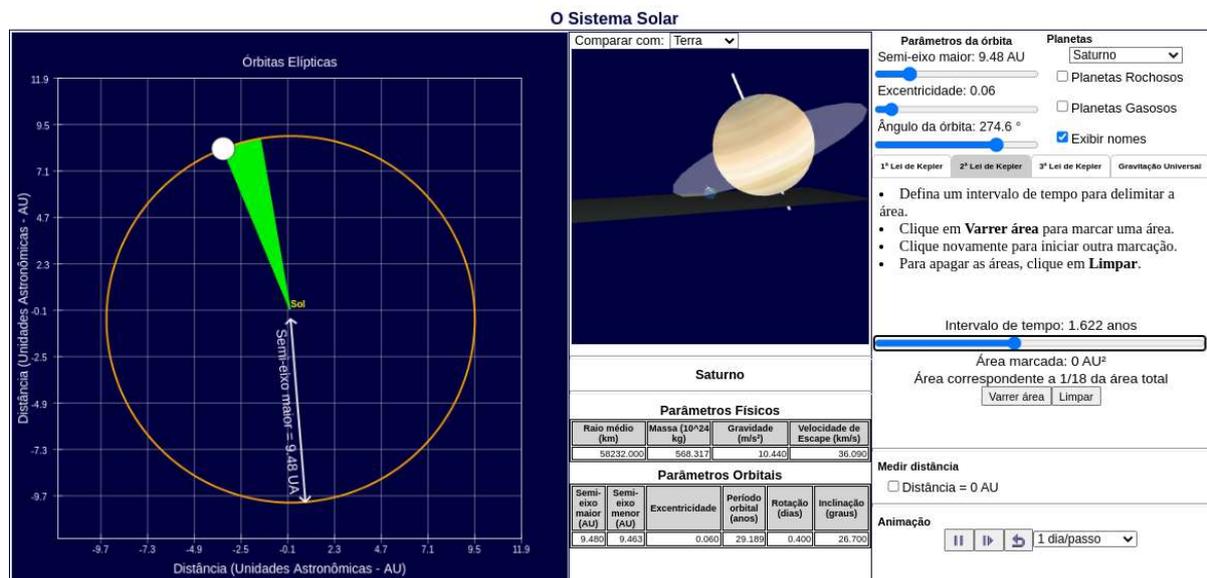


Figura 02: Captura de tela da simulação “O Sistema Solar”.

Simulador Lunar

O Simulador Lunar apresenta o sistema Sol-Terra-Lua e tem, como objetivo principal, a exploração das fases da Lua e a formação de eclipses (Figura 03). A simulação apresenta visualizações em duas e três dimensões, além de pontos de vista fixos no Sol, na Terra ou na Lua. O usuário pode escolher também a latitude do observador e verificar como a Lua é observada em localidades diferentes.

Além de um ponto de vista externo, é possível também encontrar uma visualização de um referencial topocêntrico, o qual é útil para a verificação dos horários de nascimento e ocaso da Lua nas diferentes fases, além da posição relativa da Lua e do Sol.

Selecionando a opção de “Umbra” e “Penumbra” para os corpos, o usuário pode explorar a formação de eclipses lunares e solares. Para tanto, existe a possibilidade de mudar a posição dos nodos ascendente e descendente, simulando condições favoráveis aos eclipses.

A proporção de tamanho entre a Terra e a Lua está correta, mas a distância entre elas não condiz com a realidade (assim como o tamanho e distância ao Sol). No entanto, a simulação apresenta a opção “Escala Real” que, ao ser acionada, exibe a escala correta de tamanho e distância (inclusive das sombras projetadas pelos corpos).

BREVE RELATO DE EXPERIÊNCIA COM ALGUMAS SIMULAÇÕES

Foram realizados alguns testes de uso com as simulações, mas nenhum estudo sistemático que permitisse uma avaliação de sua eficácia no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos abordados. Tais testes se deram em dois momentos: (i) um curso online de astronomia para professores do Ensino Básico e (ii) uma atividade formativa sobre estações do ano para professores do Ensino Fundamental.

Simulador Lunar

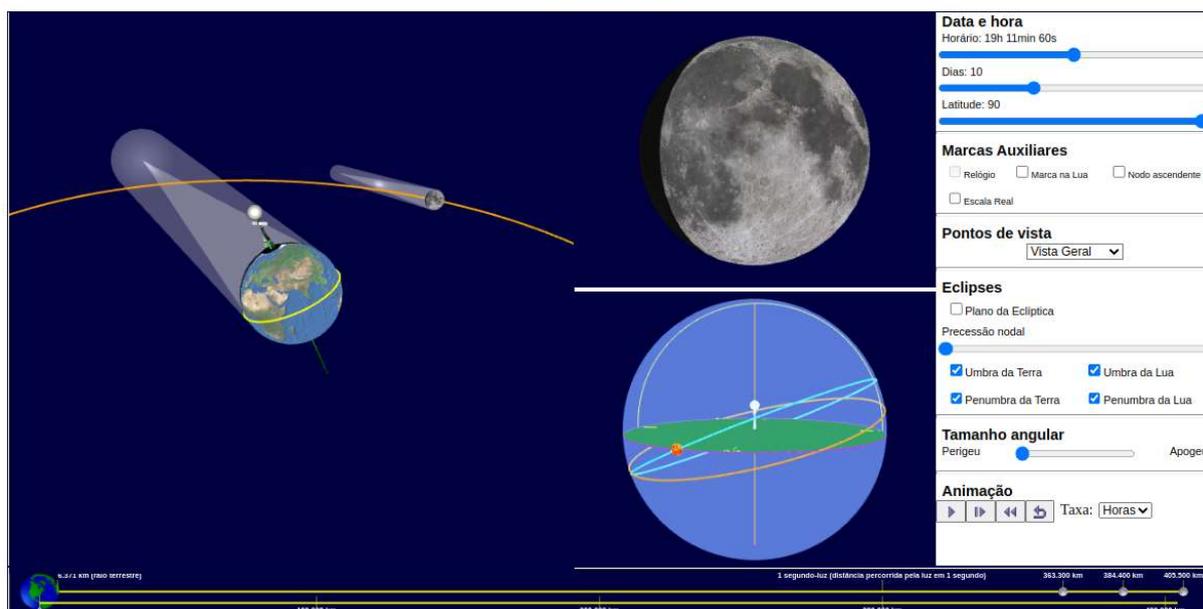


Figura 03: Captura de tela da simulação “Simulador Lunar”.

No primeiro momento as simulações ficaram disponíveis aos alunos do curso para que eles as explorassem e também realizassem atividades propostas. As simulações também foram muito úteis durante as aulas expositivas, servindo como exemplo para diversas situações de interesse.

No segundo momento, foram utilizadas somente as simulações da Esfera Celeste e das Estações do Ano. Aqui, os alunos do curso seguiram uma atividade guiada para verificar o tamanho da sombra do gnômon em diferentes épocas do ano para determinar as datas dos solstícios e equinócios, além de explorarem as direções nas quais o Sol nasce ao longo do ano. Esta discussão foi posteriormente complementada com a projeção da sombra de uma vareta com o auxílio de uma lanterna, indicando a trajetória do Sol ao longo de um dia.

Mesmo sem um estudo rigoroso sobre o uso das simulações, foi possível identificar algumas dificuldades de uso das mesmas. Entre estas, destaca-se o controle das barras deslizantes para determinação de data e horário, o qual é muito sensível e dificulta o ajuste para valores de interesse com mouse, sendo preferível utilizar as setas do teclado para um ajuste fino. A utilização em *smartphones* também ocorre sem problemas nas simulações que não possuem tantas opções de controle, uma vez que o ajuste por meio das barras deslizantes possui menor precisão quando feito com os dedos, ao invés do mouse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos aqui uma discussão sobre um conjunto de simulações computacionais elaboradas para uso como material didático no ensino de astronomia. As simulações em questão acompanham um material suplementar com uma breve descrição dos conceitos de astronomia abordados e algumas propostas de atividades para serem realizadas. As simulações e o material de apoio estão todos em português, podem ser acessados gratuitamente por meio de uma página na internet.



As simulações propostas na parte 1 do *Laboratório Virtual de Astronomia e Astrofísica* compreendem o período da astronomia clássica, enquanto a parte 2 está sendo desenvolvida e englobará os temas de astronomia moderna.

Espera-se que, futuramente, outros pesquisadores possam contribuir com atividades e propostas de simulações novas e/ou alterações às já existentes. Assim, seria possível desenvolver um repositório de atividades que fique disponível a todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, M. C. et. al., **Astronomia básica em perspectiva: um guia sobre as estações do ano** – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

ESQUEMBRE, F. **Easy Javascript Simulations**. Disponível em <<https://www.um.es/fem/EjsWiki/>>. Acessado em 03 de setembro de 2022

LANGHI, R. e NARDI, R., **DIFICULDADES INTERPRETADAS NOS DISCURSOS DE PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM RELAÇÃO AO ENSINO DA ASTRONOMIA**, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 2, p. 75-92, 2005.

LEE, K. M., **UNL Astronomy Education**. Disponível em: <<https://astro.unl.edu/>>. Acessado em: 4 set. 2022.

LEITE, C. e HOSOUME, Y., **OS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E SUAS FORMAS DE PENSAR A ASTRONOMIA**. Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia, (4), 47–68, 2007.

MEDEIROS, A. E MEDEIROS, C. F., **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, junho, 2002

MENEZES, L. D. D., **Tecnologia no ensino de astronomia na educação básica: análise do uso de recursos computacionais na ação docente**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Uberlândia, p. 188 . 2011.

PLUMMER, J. D., BOWER, C. A. e LIBEN, S. L., **The role of perspective taking in how children connect reference frames when explaining astronomical phenomena**, International Journal of Science Education, 38:3,345-365, 2016.

SCATENA, E., **Laboratório Virtual de Astronomia e Astrofísica**. Disponível em <<http://galileu.blumenau.ufsc.br/simulacoes>>. Acessado em 03 set. de 2022.