
A FORMAÇÃO DOS PLANETAS DO SISTEMA SOLAR: A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

JEFFERSON ADRIANO NEVES

Universidade Federal de São Carlos
jefferson.neves@ufla.br

ANTONIO MARCELO MARTINS MACIEL

Universidade Federal de Lavras
Antoniom@ufla.br

RESUMO:

Na literatura, é amplamente reconhecido que a mera assimilação de conceitos não é suficiente para a alfabetização científica. É importante que os alunos desenvolvam práticas científicas e epistêmicas. Este artigo apresenta o processo de criação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) que aborda a formação dos planetas do sistema solar, com o objetivo de cultivar um ambiente imerso em práticas científicas e epistêmicas por meio do engajamento em situações argumentativas. Este processo foi conduzido por professores em formação inicial e continuada, integrantes de um núcleo de estudo e extensão. A construção da SEA se baseou em duas das cinco etapas propostas pela Pesquisa Baseada em Design. A primeira etapa envolveu a formulação de dois princípios de design, separados em dimensões pedagógicas e epistemológicas, além da elaboração de um argumento padrão. A segunda etapa se concentrou diretamente no design da SEA. O resultado é uma SEA composta por três atividades, oferecendo aos estudantes uma diversidade de práticas científicas e epistêmicas. Essas atividades abrangem desde a coleta de informações e formulação de hipóteses até a construção de explicações fundamentadas em evidências e raciocínio, além da avaliação da validade de proposições científicas e exploração de explicações alternativas. Este estudo, por meio da exposição da metodologia empregada, tem o potencial de contribuir substancialmente para o planejamento de outras SEA que visam a estimular práticas científicas e epistêmicas, consequentemente fortalecendo o processo de Alfabetização Científica.

PALAVRAS-CHAVE: Alfabetização Científica, Práticas Científicas, Práticas Epistêmicas. Sistema Solar, Pesquisa Baseada em Design.

THE FORMATION OF THE PLANETS IN THE SOLAR SYSTEM: THE CONSTRUCTION OF A TEACHING AND LEARNING SEQUENCE

ABSTRACT:

In the literature, it is widely recognized that the mere assimilation of concepts is not sufficient for scientific literacy. It is important that students develop scientific and epistemic practices. This article presents the

211



process of creating a Teaching and Learning Sequence (TLS) that addresses the formation of the planets in the solar system, with the aim of cultivating an environment immersed in scientific and epistemic practices through engagement in argumentative situations. This process was led by teachers in initial and continuing education, members of a study and extension core. The construction of the TLS was based on two of the five stages proposed by Design-Based Research. The first stage involved the formulation of two design principles, separated into pedagogical and epistemic dimensions, as well as the development of a standard argument. The second stage focused directly on the design of the TLS. The result is a TLS composed of three activities, offering students a variety of scientific and epistemic practices. These activities range from collecting information and formulating hypotheses to constructing explanations based on evidence and reasoning, as well as evaluating the validity of scientific propositions and exploring alternative explanations. This study, through the presentation of the methodology employed, has the potential to contribute substantially to the planning of other TLS that aim to stimulate scientific and epistemic practices, consequently strengthening the process of Scientific Literacy.

KEYWORDS: Scientific Literacy, Scientific Practices, Epistemic Practices, Solar System, Design-Based Research.

1. INTRODUÇÃO

No contexto do ensino de ciências, incluindo a Física, o objetivo primordial é promover a Alfabetização Científica (AC) entre os estudantes. Para atingi-lo, é essencial transcender a simples aquisição de conteúdos conceituais, priorizando também o pensar e agir cientificamente (SASSERON; CARVALHO, 2008). Assim, a promoção da AC se materializa no desenvolvimento de situações de ensino e aprendizagem que permitam aos estudantes a apropriação do conhecimento científico, bem como a apropriação de práticas científicas e epistêmicas (SASSERON, 2018).

Com esse entendimento foi criado o núcleo de estudo e extensão em Práticas Científicas e Epistêmicas em Situações de Ensino e Aprendizagem (PraCESE). As atividades do PraCESE são direcionadas para a sala de aula, enfatizando o conteúdo a ser ensinado (o que ensinar?), a metodologia de ensino (como ensinar?) e a finalidade do ensino (para que ensinar?), sem deixar de considerar as expectativas de aprendizagem dos estudantes, propiciando um ambiente de aprendizagem que permita compreender o que estão aprendendo, como estão aprendendo e por que estão aprendendo, pelo desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas.

O PraCESE é composto por professores de física em formação inicial e continuada, professores e estudantes do curso de Licenciatura em Física e do programa de pós graduação em

Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e professores de Física da educação básica, da rede pública e privada, com atuação no estado de Minas Gerais. O grupo desenvolve estudos teóricos e práticos que são discutidos e revisados em reuniões semanais, presencial ou online, com o objetivo de fomentar, compreender e analisar o processo e o produto argumentativo e as práticas epistêmicas e científicas, na elaboração e desenvolvimento de situações de ensino e aprendizagem, visando à alfabetização científica. Deste modo, o núcleo tem como focos de investigação: (a) fomentar, identificar, analisar e compreender os processos e produtos argumentativos em situações de ensino; (b) compreender, identificar e analisar as ações que o professor adota no desenvolvimento de práticas epistêmicas e científicas; e (c) analisar e compreender as interações discursivas que emergem em sala de aula durante a realização de sequências de ensino centradas na solução de problemas. Os resultados do PraCESE vêm sendo divulgados por meio de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, artigos científicos e ações extensionistas, tendo como foco primordial a educação básica. Para tanto, também temos ações desenvolvidas nas escolas, com a participação de professores de educação básica que não fazem parte do núcleo de estudos.

Neste artigo, nosso objetivo é apresentar o processo de criação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) que aborda a formação dos planetas do sistema solar, com a promoção de um ambiente imerso em práticas científicas e epistêmicas por meio do engajamento em situações argumentativas.

2. MARCOS TEÓRICOS

2.1. PRÁTICAS CIENTÍFICAS E PRÁTICAS EPISTÊMICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O entendimento da atividade científica e da construção de conhecimento como processos sociais, locais e dentro de comunidades é respaldado por estudos nos campos da sociologia, filosofia e história da ciência (KELLY, 2008; 2010). Autores, como Kelly (2008), Silva (2011) e Sasseron (2018), destacam as contribuições de Latour e Woolgar (1986) e Longino (2002), que ao apresentarem uma abordagem sociológica da atividade científica, nos auxiliam a compreender o processo de produção do conhecimento e as relações que ocorrem dentro de uma comunidade específica.

Kelly (2008), em sua investigação sobre a construção e validação do conhecimento em contextos específicos, notavelmente na comunidade científica, destaca a importância das práticas sociais padronizadas e dos valores compartilhados por seus membros. O conhecimento científico, de acordo com Kelly (2008) e Silva (2011), é o resultado de processos intrinsecamente ligados à comunidade científica, onde essas práticas e valores coletivos definem o que é considerado conhecimento científico (KELLY, 2008; SILVA, 2011). Essas práticas sociais, quando se referem ao conhecimento, são denominadas práticas epistêmicas (KELLY, 2008; SILVA, 2011).

As práticas epistêmicas desempenham um papel importante na construção do conhecimento científico e na legitimação de afirmações no âmbito disciplinar (KELLY, 2008). Essas práticas são resultado de interações sociais, comunicadas através de discursos coerentes, sinais e símbolos, e o conhecimento legitimado se traduz em poder e cultura (KELLY; LICONA, 2018). Em outras palavras, as práticas epistêmicas são específicas, permitindo que os membros de uma comunidade científica proponham, justifiquem, avaliem e legitimem o conhecimento em um contexto disciplinar (KELLY, 2008).

É crucial compreender a construção do conhecimento na comunidade científica para planejar e realizar atividades na comunidade escolar. A AC, como defendida por Sasseron e Carvalho (2008; 2011) e Sasseron (2015), promove uma cultura científica e tecnológica. A AC transcende a mera transmissão de conceitos e métodos, abrangendo implicações sociais, ambientais, tecnológicas e compreensão do processo de construção do conhecimento científico. Portanto, as ações educacionais não devem se restringir ao ensino de conteúdos; é fundamental permitir que os estudantes produzam, comuniquem e avaliem o conhecimento, aprendendo conceitos científicos, leis, teorias, bem como práticas e normas da comunidade científica (KELLY, 2008; SILVA, 2011).

A construção do conhecimento na comunidade científica se distingue do processo educacional por seu objetivo central. Enquanto na comunidade científica buscamos a produção de novos conhecimentos, na educação, o foco é a comunicação e compartilhamento de modos de pensamento, envolvendo aspectos conceituais, processuais, atitudinais e a própria natureza da ciência. No contexto escolar, esperamos que os estudantes sejam gradualmente introduzidos às

práticas culturais, científicas e epistêmicas, por meio da interação com membros já familiarizados com essas práticas (SILVA, 2015).

A prática científica, conforme definida por Stroupe (2015, p. 1034, tradução do autor), abrange “as dimensões aprendidas e valorizadas do trabalho disciplinar, tácito e explícito, desenvolvidas ao longo do tempo em locais específicos como laboratórios, estações de campo ou salas de aula”. Essas atividades são influenciadas pelo contexto e comunidade em que ocorrem. Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) e Sasseron (2018b) concordam que as práticas epistêmicas e científicas podem ser desenvolvidas de forma colaborativa por estudantes. No entanto, Sasseron (2018b) alerta que uma abordagem metodológica que privilegie apenas as práticas científicas pode levar a uma aprendizagem mecânica, sem espaço para a reflexão crítica. Portanto, é importante incorporar as práticas epistêmicas, que permitam aos estudantes pensarem de forma reflexiva e terem mais liberdade intelectual durante o processo de aprendizagem.

Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) admitem que os estudantes possam se envolver em práticas científicas por meio de atividades realizadas no espaço escolar, tais como modelagem, argumentação ou investigação.

Com o objetivo de distinguir teoricamente as práticas científicas das práticas epistêmicas, no contexto educacional, Sasseron (2018b, p.1067) apresenta as práticas científicas em aulas de ciência como “o trabalho com novas informações; o levantamento e o teste de hipóteses; e a construção de explicações, a elaboração de justificativas, limites e previsões das explicações”, enquanto as práticas epistêmicas “se associam à proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideias”. Portanto, devemos estabelecer na sala de aula situações que envolvem tanto práticas científicas quanto práticas epistêmicas, criando assim uma comunidade de práticas.

A próxima seção esclarece como estabelecemos a relação entre práticas científicas e práticas epistêmicas com as interações discursivas e a argumentação no contexto da sala de aula.

2.2. INTERAÇÕES DISCURSIVAS, ARGUMENTAÇÃO E A COMUNIDADE DE PRÁTICAS

A dinâmica de uma sala de aula é marcada por diversas interações de diferentes naturezas e meios, relacionadas às ações dos envolvidos, incluindo o professor, os estudantes, os materiais e o conhecimento. Essas interações se manifestam através de diferentes meios, sendo especialmente relevantes as interações discursivas e as trocas de conhecimentos (SASSERON, 2018c).

Conforme exposto por Sasseron (2018c, p. 52), as interações discursivas representam as maneiras pelas quais o professor, os estudantes, os materiais e o conhecimento interagem no ambiente da sala de aula, estando associadas ao desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas. A formação de uma comunidade de práticas é fomentada por essas interações, e, portanto, estimulá-las, analisá-las e acompanhá-las são fundamentais para compreender como ocorre a construção, apropriação e negociação de ideias, conceitos, leis e teorias no contexto da resolução de problemas.

No cenário educacional, o professor desempenha um papel central na construção de uma comunidade de práticas. Como autoridade tanto social quanto epistêmica, o professor direciona as interações na sala de aula, dominando a epistemologia do campo e os conceitos a serem abordados (SASSERON, 2018c). Considerando que as aulas são tradicionalmente conduzidas pelo professor, suas ações têm um impacto significativo na participação dos estudantes e nas interações discursivas. A criação de espaço para tais interações é crucial para superar o modelo I-R-A (Iniciação do Professor, Resposta do Aluno e Avaliação do Professor) comum em abordagens convencionais (AMARAL; MORTIMER, 2006; MORTIMER; SCOTT, 2002).

Berland (2008) sustenta que encorajar os estudantes a apresentarem suas explicações sem contestá-las ou compará-las com outras explicações não favorece a construção do conhecimento. Em contrapartida, aulas em que os estudantes buscam soluções para os problemas, apresentam e defendem seus pontos de vista estimulam a participação em interações discursivas e no processo de construção do conhecimento. O professor, como autoridade epistêmica e social, desempenha um papel crucial ao facilitar tais situações, permitindo o desenvolvimento da autoridade epistêmica dos alunos, à medida que eles e elas se envolvem em interações discursivas e práticas epistêmicas (SASSERON, 2018c).

Em relação ao ensino de ciências, concordamos com Sasseron (2018c) que o considera um prática híbrida, uma vez que incorpora características da escola e da ciência. São práticas híbridas porque permitem “aos estudantes, no ambiente escolar, cercados pelas práticas escolares e por temas escolares o contato com as práticas das ciências pela discussão e desenvolvimento de entendimento de temas científicos e modos de fazer das ciências” (SASSERON, 2018c, p. 47).

Com base nas pesquisas sobre aprendizado científico, educação científica e estudos científicos, Duschl (2008) propõe que ensino de ciências seja abordado

[...] em três domínios integrados: às estruturas conceituais e os processos cognitivos usados quando raciocinam cientificamente; os enquadramentos epistêmicos utilizados no desenvolvimento e avaliação de conhecimento; e, os processos sociais e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, discutido e debatido (DUSCHL, 2008, p. 277, tradução do autor).

Portanto, Duschl (2008) argumenta que a educação científica deve se concentrar em objetivos conceituais, epistêmicos e de processos sociais. Kelly e Licona (2018) enfatizam que esses objetivos estão interconectados, permitindo a construção de uma visão de ciência pautada em evidências e práticas socioculturais, nas quais os estudantes participam de interações discursivas. Por meio dessa abordagem, o ensino de ciências transcende a simples transmissão de informações, transformando-se em uma atividade dinâmica e interativa, na qual os estudantes são convidados a construir ativamente seu próprio conhecimento científico e a se engajar em práticas epistêmicas.

Baseados nos estudos de Duschl (2008), Sasseron (2018c) e Kelly e Licona (2018), entre outros, fica claro que focar exclusivamente nos objetivos conceituais não é suficiente. É fundamental enxergar o ensino de ciências como um espaço de práticas, no qual os alunos se envolvem em interações discursivas e práticas epistêmicas, realizando afirmações e avaliações para sustentar o conhecimento em construção. Assim, a compreensão das características das interações discursivas em sala de aula é fundamental, pois é nesse ambiente que se busca criar uma comunidade em que os estudantes possam produzir, comunicar, avaliar e legitimar o conhecimento.

Seguindo esta linha de entendimento, Berland (2008) apresenta as interações discursivas como "diálogo epistêmico" quando associadas à resolução de problemas, envolvendo explicações

e/ou argumentações relacionadas ao conhecimento e conceitos, não se limitando apenas à simples solução do problema em si. A autora defende que o "diálogo epistêmico", alinhado à cultura científica, deve incluir a construção de consenso e a revisão por pares como elementos centrais da cultura científica escolar. Portanto, o "diálogo epistêmico" é aquele que emerge em uma comunidade na qual são utilizadas práticas argumentativas para definir o que é considerado conhecimento, empregando diversas práticas epistêmicas (BERLAND, 2008; CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014).

Deste modo, entendemos a argumentação como uma prática científica crucial na comunidade científica e, portanto, é considerada uma prática epistêmica. Por meio dos processos argumentativos, é possível compreender as interações discursivas entre estudantes, professores e materiais instrucionais e as práticas epistêmicas em desenvolvimento na sala de aula (SASSERON, 2018c). No contexto das aulas de ciências, Nascimento e Villani (2003) descrevem a argumentação como um diálogo social e intelectual, que usa tanto comunicação verbal quanto não verbal para defender ou contestar visões sobre assuntos científicos, permitindo aos estudantes justificarem seus pontos de vista e avaliarem os conhecimentos em um ambiente escolar. Leitão (2011) destaca que envolver os estudantes em processos argumentativos nos quais fundamentam suas opiniões, consideram e respondem a contra-argumentos, confere-lhes uma dimensão epistemológica e os/as colocam em posição privilegiada em situações de ensino e aprendizagem. A aprendizagem de ciências está relacionada a aprender a argumentar sobre ciências no interior de uma comunidade escolar (CARVALHO; SASSERON, 2015) e o sucesso do processo argumentativo depende da possibilidade de os participantes compartilharem algum conhecimento em comum, e quando há uma grande discrepância entre eles, o processo tende a ser comprometido (LEITÃO, 2011; VIEIRA; NASCIMENTO, 2013).

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) ressaltam que nem toda interação discursiva é argumentativa, e as interações argumentativas devem incluir ações como a formulação de conclusões, sustentação dessas conclusões com evidências ou avaliação de conclusões e evidências disponíveis. Um argumento válido deve conter pelo menos dados e/ou justificativas, e pode ser individual, como em relatórios escritos, ou resultado de colaboração, construído por várias pessoas, como esperamos que ocorra em uma sala de aula de ciências.

3. A PESQUISA

A pesquisa foi realizada com os integrantes do PraCESE e, para construir a Sequência de Ensino e Aprendizagem, a opção metodológica recaiu sobre a Pesquisa Baseada em Design (DBR), que adota um ciclo iterativo que engloba design, desenvolvimento, avaliação e refinamento. A principal vantagem da DBR reside na apreciação proveniente dos estudantes e professores, uma vez que esse retorno é crucial para aprimorar a SEA. Ressaltamos que este trabalho apresenta as duas primeiras etapas da DBR, com a participação dos professores em formação inicial e continuada, as quais serão apresentadas nas próximas seções.

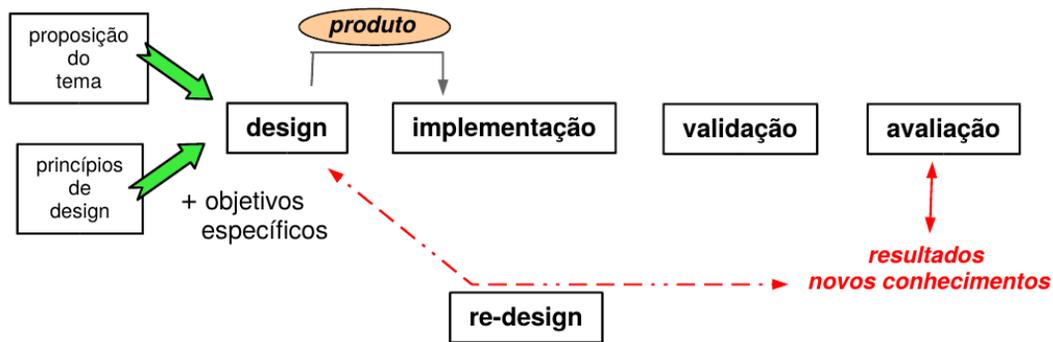
3.1. A PESQUISA BASEADA EM DESIGN E A PROPOSIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE APRENDIZAGEM

A metodologia de Pesquisa Baseada em Design (Design-Based Research – DBR) representa uma abordagem intervencionista que se concentra na relação entre teorias e práticas educacionais, buscando aproximar a pesquisa educacional das questões práticas presentes no cotidiano das salas de aula. Ao combinar a pesquisa empírica e teórica, a DBR visa a entender como, quando e por que as inovações educacionais funcionam, ou, em casos contrários, identificar suas limitações (Design-Based Research Collective, 2003; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Uma forma de implementar a DBR no ensino de ciências é por meio das Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA), que permitem investigar o impacto de intervenções educacionais inovadoras no processo de ensino e aprendizagem. Essas sequências são planejadas, implementadas e avaliadas no contexto escolar, e visam a estabelecer uma relação entre o ensino proposto e a aprendizagem esperada (MÉHEUT; PSILLOS, 2004; PESSANHA; PIETROCOLA, 2016; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A configuração das SEA percorre cinco etapas interligadas: seleção do tema e definição dos princípios de design, design propriamente dito, implementação, validação, avaliação e redesign (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). A Figura 2 ilustra de forma visual a relação entre esses elementos durante a construção das Sequências.

Figura 1. Relação dos cinco elementos para a construção da SEA.

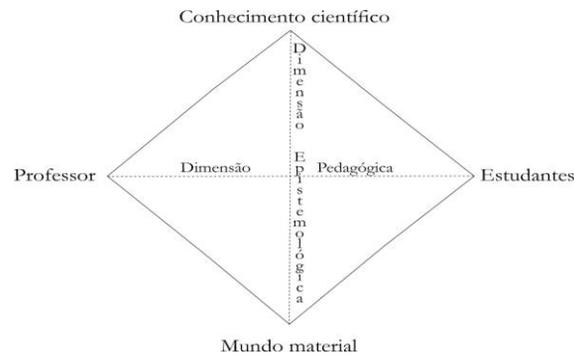


Fonte: Extraído de Kneubil e Pietrocola (2017, p. 10).

A seleção do tema e a proposição dos princípios de design, que servirão de fundamentação para o desenvolvimento da SEA, constituem o ponto de partida nesse processo. Esses princípios estão intimamente vinculados ao problema de pesquisa em questão e podem se apoiar em diversas dimensões, variando de acordo com as perspectivas teóricas e metodológicas adotadas (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Para elaborar as SEA, Méheut e Psillos (2004) apontam as dimensões epistêmicas e pedagógicas que devem ser consideradas, pois nos possibilitam compreender as interações e as relações no processo de ensino e aprendizagem. Essas dimensões consideram o professor, os estudantes, o mundo material e o conhecimento científico, bem como as conexões entre eles (COLOMBO JÚNIOR; SILVA, 2020; SILVA; WARTHA, 2018). Esses elementos estão inter-relacionados no Losango Didático (Figura 2), em que o conhecimento científico e o mundo material estão conectados pela dimensão epistemológica, no qual incluímos pressupostos sobre métodos científicos, processos de elaboração e validação do conhecimento científico, representado no eixo vertical, enquanto os elementos professor e estudante estão interligados pela dimensão pedagógica, bem como os tipos de interações propostas ao longo da sequência, representado no eixo horizontal.

Figura 2. Losango Didático



Fonte: Extraído de Silva e Wartha (2018, p. 339).

A etapa de design consiste na elaboração da sequência de ensino a partir dos princípios de design previamente delineados. Nessa fase, é crucial estabelecer objetivos específicos que estejam em sintonia com o conteúdo a ser abordado e as habilidades a serem desenvolvidas. É pertinente ressaltar que diferentes sequências podem emergir a partir dos mesmos princípios de design. A etapa de implementação, por sua vez, pode ser conduzida por um ou mais professores, independentemente de terem participado da construção da sequência. Durante essa fase, coletamos dados destinados a solucionar os questionamentos de pesquisa (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A avaliação das SEA deve estar em consonância com os objetivos e princípios de design delineados na fase de construção. É crucial avaliar se a implementação ocorreu de maneira apropriada para alcançar os resultados esperados. Por fim, a etapa de redesign consiste em reavaliar e reformular a sequência com base nas avaliações e implementações anteriores. Segundo Kneubil e Pietrocola (2017, p. 12), o redesign pode ser concebido como um guia preventivo, que busca antecipar os desafios e obstáculos que possam emergir em futuras implementações da sequência de ensino, abarcando tanto aspectos relacionados ao conteúdo quanto à aprendizagem dos estudantes, ou até mesmo à complexidade inerente à atuação do professor.

3.2. A ETAPA DE DESIGN REALIZADA PELO PRACESE

Neste estudo, nossa atenção se direcionou para as fases iniciais da Pesquisa Baseada em Design (DBR), centradas na formulação dos princípios de design e no próprio processo de design. No contexto específico do PraCESE, partimos do pressuposto fundamental de que as interações

discursivas só ocorrerão se forem providenciados espaços e atividades propícias para tal. Nossa intenção primordial é criar cenários que fomentem a interação argumentativa e explicativa, tanto entre estudantes, como com o professor. Portanto, planejamos atividades que estimulem a construção de argumentos por parte dos estudantes, seja na forma escrita ou oral.

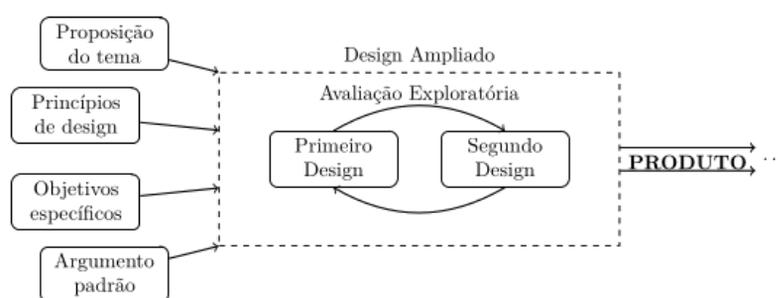
As SEA são alicerçadas em dois princípios de design. O primeiro diz respeito à dimensão epistemológica, que engloba uma análise criteriosa do conteúdo a ser ensinado, das problemáticas propostas e das soluções possíveis, assegurando, assim, a coerência e a consistência do conhecimento científico. O segundo é a dimensão pedagógica, a qual se propõe a desenvolver atividades contextualizadas e direcionadas para a resolução de problemas, criando oportunidades para que os estudantes se envolvam em interações e constituam uma autêntica comunidade de práticas, incentivada pela construção de explicações e argumentações.

No ambiente de sala de aula, ao considerar as dimensões epistemológicas e pedagógicas, esperamos que os participantes interajam em uma gama diversificada de formas, engajando-os em ações mútuas e utilizando diversos recursos e meios para a construção do conhecimento. Nessa perspectiva, o processo de construção do conhecimento é favorecido por meio da argumentação e do estabelecimento de uma comunidade de práticas científicas e epistêmicas. Nessa comunidade, os membros constroem, negociam, legitimam e avaliam o conhecimento de forma coletiva (KELLY, LICONA, 2018; SASSERON, 2018, JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, CRUJEIRAS; 2017).

No contexto do PraCESE, espaço para o desenvolvimento de propostas de ensino, que visa à Alfabetização Científica, alinhado à formação inicial e continuada de professores, dedicamos atenção às duas primeiras etapas DBR, que consiste na proposição de um tema, que deve ser apresentado na forma de uma problematização; nos princípios de design, que devem contemplar as dimensões epistêmicas e pedagógicas essenciais na formulação da SEA e em harmonia com estes dois tópicos, ainda devemos ter os objetivos específicos de ensino e aprendizagem associados ao desenvolvimento da proposta, que claramente tem relações com a temática e os conteúdos contemplados e as dimensões epistêmicas e pedagógicas, a temática e como direcionamento da amplitude de conhecimento sobre o tema trabalhado, construímos um argumento padrão, lembrando que a argumentação direciona o estabelecimento da comunidade de práticas.

Assim, por uma abordagem de refinamento iterativo, denominada Design Ampliado, se delinea para aprimorar as SEA. O Design Ampliado se fundamenta na execução de avaliações exploratórias, como ilustrado na Figura 3. Essa estrutura propõe uma abordagem de ciclos contínuos, com ênfase na avaliação constante do design proposto, a coleta de feedbacks criteriosos e a subsequente implementação de ajustes essenciais. A expectativa subjacente é a potencialização da qualidade e eficácia das SEA, de maneira a atender, de forma aprimorada, as necessidades e requisitos tanto dos estudantes quanto do ambiente educacional circundante.

Figura 3. Primeira e Segunda Etapa da DBR proposto para o PraCESE.



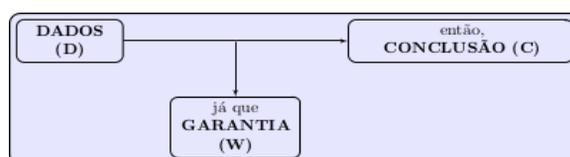
Fonte: Autores (2023)

Para a construção da SEA no PraCESE, as seguintes ações foram seguidas:

1. a) Delimitação do tema e identificação de uma problematização associada ao tema, que propicie a necessidade de buscar conhecimentos científicos que respondam à problematização, ou sustentem a questão, ancorados minimamente em dados/evidências e numa, ou mais, teoria científica.

1. b) Construção de argumento baseado no Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006). Na Figura 4, é apresentada uma estrutura básica e seus elementos, enquanto na Figura 5, temos a versão completa. Isso permite a identificação de possíveis relações entre os conteúdos que se deseja contemplar, bem como os momentos propícios para o uso de argumentação e explicação na SEA.

Figura 4. Estrutura “simples” para um argumento.



Fonte: Toulmin (2006, p.143).

Na Figura 4, a seta representa a conexão entre o dado (D) e a conclusão (C), sendo sustentada pela garantia (W), que desempenha o papel de elo entre o dado (D) e a conclusão (C) (TOULMIN, 2006). Na Figura 5, há uma representação completa composta por seis elementos. Em comparação com a Figura 4, foram aumentados o apoio (B) para a garantia (W), o qualificador modal (Q), que indica a força da conclusão (C) devido à garantia (W), e é indicada a refutação (R) que contradiz a garantia. Resumidamente, temos um argumento estruturado da seguinte forma: a conclusão (C) se baseia no dado (D), devido à garantia (W) fundamentada no apoio (B), podendo ser contestada pela refutação (R), e a força da conclusão (C) varia de acordo com o qualificador modal (Q) (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008).

Figura 5. Estrutura “completa” para um argumento.



Fonte: Toulmin (2006, p. 150)

1. c) Os objetivos específicos são elementos que se fazem presentes na construção do Primeiro Design, em acordo com cada etapa da SEA, de modo a gerar possibilidades aos estudantes apresentarem resposta à problematização, em acordo com o modelo padrão construído. Entretanto, salientamos que na perspectiva da promoção da Alfabetização Científica, e consequentemente, na constituição de uma comunidade de práticas, objetivos associados a conteúdos procedimentais e atitudinais somados àqueles associados aos conteúdos conceituais.

2. Primeiro Design, a partir dos princípios de design e levando em conta o argumento padrão construído na primeira etapa e os objetivos de ensino e de aprendizagem, são propostas as atividades que compõem a SEA. Para cada conteúdo, são elaboradas situações-problema e definidas as intenções das atividades, juntamente com a descrição de como serão implementadas

em sala de aula. Em todo o processo, a argumentação é considerada um elemento transversal que “permeia todo o design”. Acompanhando a SEA, na qual devemos evidenciar os objetivos de cada etapa, a dinâmica idealizada para cada aula, os materiais didáticos e recursos necessários, temos a elaboração de um Quadro Síntese, no qual são apresentados os princípios de design, objetivo geral, e objetivos de aprendizagem que orientam as etapas do desenvolvimento da proposta. Reconhecemos que a construção do Quadro Síntese é elemento crucial ao processo de avaliação exploratória e um exemplo de Quadro Síntese pode ser verificado na próxima seção, no Quadro 2.

3. Avaliação Exploratória – no PraCESE, nem todos os membros participam da construção coletiva de todas as SEAs devido a diferentes objetivos de pesquisa e de aprendizagem. Portanto, é desenvolvido um processo interno de validação, no qual, ao finalizar a etapa de design (Primeiro Design), todos os membros se reúnem para analisar a SEA. Nessa análise, são considerados critérios como a consistência das atividades com os princípios de design, a coerência interna das atividades, a verificação da viabilidade dos objetivos serem alcançáveis, a adequação ao público-alvo e a identificação de possíveis problemas na implementação. Os critérios de validação utilizados no PraCESE são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Critérios para avaliação exploratória utilizados no PraCESE para o Primeiro Design.

O processo de avaliação exploratória é fundamental para garantir que as atividades propostas nas SEAs possuam maior potencialidade de atingirem seus objetivos, de forma consistente e coerente com os princípios de design adotados. Para isso, são definidos três critérios que devem ser avaliados.

1. Consistência da Sequência de Ensino e Aprendizagem:

(Avaliar se a Sequência de Ensino e Aprendizagem está em conformidade com os princípios de design, com o público-alvo, se apresenta uma sequência lógica e se favorece o desenvolvimento de ambiente de interações).

a) As atividades das SEA estão alinhadas aos princípios de design definidos?

b) A organização das SEA segue uma sequência lógica, interligadas e coerentes entre si, ou seja, favorecem a construção de um ambiente de interações?

c) A SEA foi planejada de acordo com as características do público-alvo?

2. Coerência interna das atividades:

(Avalia se a atividade permite que os estudantes possam seguir uma linha de raciocínio e construir conhecimento de forma progressiva e sistemática).

a) Os objetivos de cada atividade estão claros e relacionados ao objetivo geral?

b) Os objetivos da atividade podem ser atingidos pelos estudantes? Se necessário, apresente sugestão para cumprir tais objetivos?

c) Os conteúdos específicos de cada atividade estão organizados de forma progressiva e sistemática?

d) As estratégias e recursos pedagógicos utilizados são adequados e contribuem para alcançar os objetivos específicos? Existe algum outro recurso que poderia ser utilizado, buscando facilitar que os objetivos sejam alcançados?

3. Possíveis problemas na implementação:

(Buscar antecipar dificuldades que podem surgir durante a execução da SEA e propor possíveis soluções para minimizá-las. Assim, buscamos garantir que as atividades possam ser implementadas de forma efetiva e sem contratemplos).

a) Identificam obstáculos que possam prejudicar a realização das atividades, tais como espaço físico e recursos previstos?

b) As orientações para a implementação da SEA estão explicitadas e suficientemente detalhadas?

Fonte: Autores (2023)

4. Segundo Design ocorre com base nos resultados da validação interna da SEA, a qual será submetida a ajustes no processo de Design. Considerando que as propostas são desenvolvidas com base nas fundamentações estudadas no grupo, em geral, os ajustes são associados às estratégias, materiais didáticos ou recursos utilizados, porém, dependendo da natureza dos problemas identificados, pode ser necessário retornar à etapa 1, na qual o argumento padrão, os objetivos e até mesmo os princípios de design podem ser revistos e ajustados conforme necessário. Isso é feito para garantir que a SEA atenda plenamente às necessidades dos estudantes e esteja alinhada com as diretrizes pedagógicas estabelecidas.

Após a etapa de Design da SEA, caso não sejam identificadas inconsistências ou incoerências durante a Avaliação Exploratória, a SEA está pronta para avançar para as próximas fases do processo, que incluem implementação, validação, avaliação e, se necessário, novo (re)Design. Essas etapas seguem o processo descrito anteriormente e representado na Figura 2.

É importante destacar que, neste estudo, não temos a intenção de apresentar em detalhes todas as etapas do processo de construção da SEA realizadas no PraCESE. Essa abordagem mais detalhada será explorada em um momento posterior. Na próxima seção, serão apresentados os resultados do processo partir do Primeiro Design e ir ao Segundo Design após a Avaliação Exploratória.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temática da SEA intitulada "Como os planetas do sistema solar se formaram?"¹ surgiu a partir de uma conversa entre uma professora integrante do PraCESE e uma de suas turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Durante a conversa, uma estudante perguntou: "Por que os planetas giram todos em torno do Sol?". A partir desse questionamento, os membros do núcleo iniciaram uma discussão e levantaram a possibilidade de outros dois questionamentos: "Como os planetas do sistema solar se formaram?" e "Como explicar o movimento dos planetas em torno do Sol?". O primeiro questionamento versa sobre a teoria que explica a formação e o movimento dos planetas, enquanto o segundo aborda a dinâmica do movimento. Ambos foram considerados válidos, porém decidimos por planejar apenas uma SEA abordando a primeira temática.

O Quadro 2 apresenta os princípios de design, o objetivo geral e os objetivos de aprendizagem que orientam a elaboração e desenvolvimento da SEA.

Quadro 2. Princípios de Design, Objetivo geral e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento da Sequência de Ensino e Aprendizagem "Como os planetas do sistema solar se formaram?"

Princípios de Design

1. Dimensão Epistemológica: Reconhece que a construção do conhecimento científico pode ocorrer por meio da proposição de modelos teóricos que são sustentados por evidências. Nessa dimensão, é importante explorar a relação entre teorias científicas e evidências empíricas, incentivando os alunos a compreenderem como as teorias são formuladas e avaliadas com base em evidências.

2. Dimensão Pedagógica: Engloba a constituição de uma comunidade de práticas científicas e epistêmicas na sala de aula, por meio da realização de atividades planejadas. Inclui o uso da argumentação, interações discursivas, práticas científicas e epistêmicas, e a gestão do espaço de forma a

¹ O Design da SEA foi realizado pelos seguintes integrantes: Allan E. O. Machado; Antonio M. M. Maciel; Daiane M. L. Freitas; Deyvid A. Eugenio; Fabricio M. Carvalho; Jefferson A. Neves; Maria Regina F. Guimarães; Wanderson A. Leal.

promover o envolvimento ativo dos estudantes.

Objetivo Geral

Desenvolver habilidades de análise crítica e argumentação científica por meio da exploração da Teoria da Nebulosa Solar Primitiva e das evidências que a sustentam, a fim de compreender a origem e formação do sistema solar e reconhecer a importância da argumentação na construção do conhecimento científico.

Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento:

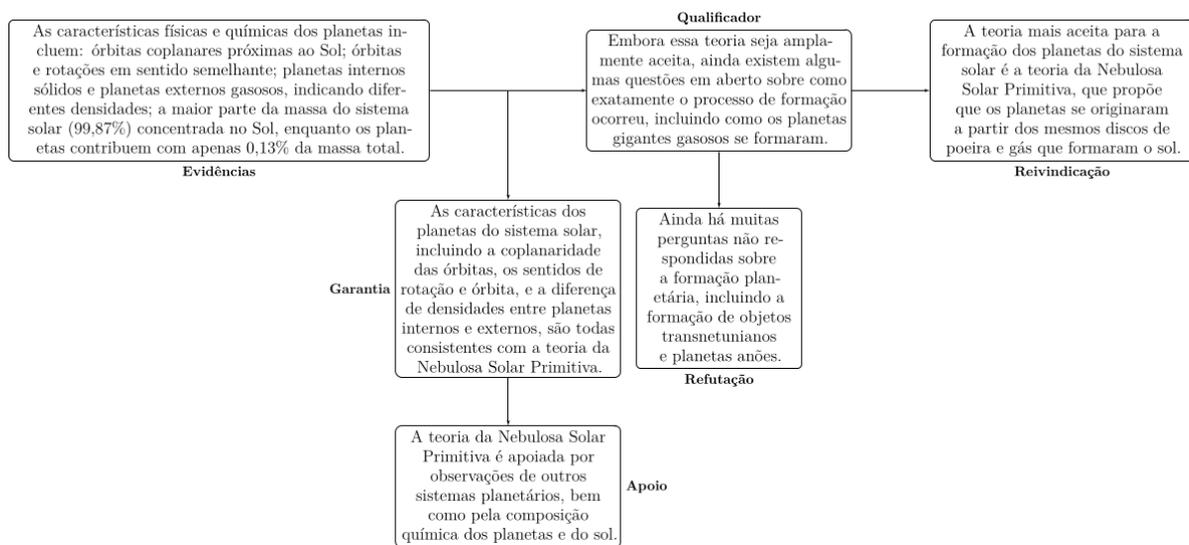
1. Reconhecer e compreender a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva como um modelo teórico amplamente aceito para explicar a origem e formação do sistema solar.
2. Identificar e descrever características dos planetas do Sistema Solar, relacionando-as às evidências científicas que sustentam a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva.
3. Analisar criticamente as evidências e argumentos científicos que apoiam a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva, comparando-as com outras teorias alternativas, e formar conclusões fundamentadas.
4. Participar de discussões em grupo e realizar atividades de argumentação para defender ou refutar as hipóteses e evidências relacionadas à Teoria da Nebulosa Solar Primitiva.
5. Compreender a importância da argumentação na construção do conhecimento científico, reconhecendo que teorias científicas são baseadas em evidências e podem ser modificadas ou aprimoradas à medida que novas descobertas são feitas.

Fonte: Autores (2023).

Examinando o Quadro 2, observamos que os princípios de design, apresentados nas dimensões epistemológica e pedagógica, estão relacionados com os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento. A ênfase na dimensão epistemológica possibilita aos estudantes reconhecer e compreender a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva como um modelo teórico amplamente aceito para explicar a origem e formação do sistema solar. A dimensão pedagógica é especialmente relevante para os objetivos 2, 3, 4 e 5, visto que por meio da constituição de uma comunidade de práticas científicas e epistêmicas na sala de aula, os estudantes terão a oportunidade de identificar e descrever as características dos planetas do Sistema Solar, relacionando-as às evidências científicas da Teoria da Nebulosa Solar Primitiva. Também poderão analisar criticamente as evidências e argumentos científicos, comparando a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva com outras teorias alternativas. Essa dimensão também contribui para o desenvolvimento da compreensão da importância da argumentação na construção do conhecimento científico.

Com base nos princípios de Design e nos objetivos definidos, prosseguimos para a elaboração do Argumento Padrão, como apresentado na Figura 6. Este argumento deverá abordar a questão central da SEA, que no caso é: "Como os planetas do sistema solar se formaram?", ou seja, "Qual teoria científica melhor explica a formação dos planetas que constituem o sistema solar?".

Figura 6. Argumento padrão para a DESIGN.



Fonte: Autores (2023)

Ao redigir o padrão argumentativo de Toulmin, foi possível destacar elementos que devem ser considerados e abordados na Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA), como as evidências, a garantia, a refutação e a reivindicação do conhecimento. Com base nesses elementos, elaboramos uma SEA composta por três atividades distintas. No Quadro 4, evidenciamos as Dimensões Epistemológica e Pedagógica em cada uma das três atividades. Esse enfoque proporciona uma visão minuciosa de como essas dimensões são entrelaçadas ao longo do processo, garantindo que tanto a base teórica, quanto às abordagens pedagógicas estejam intrinsecamente alinhadas.

Quadro 4. Elementos das dimensões epistemológica e pedagógica da Sequência de Ensino e Aprendizagem.

Atividade	Dimensão Epistemológica	Dimensão Pedagógica
-----------	-------------------------	---------------------

O que conheço do Sistema Solar	Apresentar conhecimentos prévios sobre o sistema solar (escrita ou desenho)	Identificar as ideias prévias dos estudantes sobre o sistema solar.
Caracterizando os planetas	Selecionar informações e analisar dados sobre as características dos planetas do Sistema Solar; Identificar evidências que deve ser consideradas para sustentar uma Teoria de Formação do Sistema Solar;	Explorar o simulador “Solar System Scope ² ”, interagir com os colegas e sistematizar os dados;
A formação do Sistema Solar	Analisar duas Teorias concorrentes, considerando as evidências identificadas, para apresentar um explicação acerca da Formação do Sistema Solar; Ler fragmentos de duas Teoria de Formação do Sistema Solar e verificar se atende às evidências identificadas anteriormente; Identificar a Teoria que melhor explica a Formação do Sistema Solar.	Discutir o texto em grupos, compreender a relação entre a Teoria da Nebulosa Primitiva e as evidências; Analisar duas propostas de Teoria para a formação do Sistema Solar.

Fonte: Autores (2023).

Na primeira atividade, intitulada "O que conheço do Sistema Solar", os estudantes se reúnem em grupos para explorar seus conhecimentos prévios sobre o tema. Eles expressam essas noções por meio de representações escritas ou visuais do Sistema Solar e compartilham-nas com o grande grupo. Essa atividade tem por objetivo criar um ambiente propício para interações discursivas, permitindo que os estudantes compartilhem ideias e conhecimentos sobre o sistema solar, promovendo a troca de informações e a construção coletiva do saber (SASSERON, 2018c).

A segunda atividade, "Caracterizando os planetas", envolve a utilização do aplicativo móvel Solar System Scope, no qual os estudantes, em grupos, selecionam dados e informações sobre as características físico-químicas dos planetas do sistema solar. Após compartilharem esses dados, são desafiados a organizá-los, sendo alertados que estes dados poderão ser utilizados como evidências que sustentam possíveis teorias que explicam a formação do sistema solar. Essa abordagem propicia o desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas, uma vez que os

² O software *Solar System Scope*, disponível em: <<https://www.solarsystemscope.com/>>, apresenta um modelo em tempo real do Sistema Solar, céu noturno e espaço exterior, com posições precisas dos objetos e informações relevantes.

estudantes estão coletando evidências e analisando informações para posteriormente buscar explicações para a formação do sistema solar.

Considerando o conjunto de práticas apresentadas por Sasseron (2018), é possível identificar que os estudantes, por meio da atividade "Caracterizando os planetas", se engajam em diversas práticas científicas ao lidar com novas informações sobre os planetas do Sistema Solar. Eles e elas coletam dados, selecionam informações pertinentes, organizam-nas em tabelas e as comparam. Essa abordagem fomenta a análise crítica das informações disponíveis, contribuindo para uma compreensão mais sólida das características dos planetas. Isso estimula o pensamento científico e a investigação, aprimorando a compreensão do Sistema Solar.

Na terceira e última atividade, "A formação do Sistema Solar", os estudantes são apresentados a duas teorias, a da Nebulosa Solar Primitiva e a da Captura, sendo desafiados e desafiadas a relacionar as evidências coletadas na atividade anterior para escolher uma teoria e justificar sua escolha. Essa abordagem viabiliza o desenvolvimento de práticas epistêmicas, uma vez que os estudantes se engajem na proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideias (KELLY, 2008). A atividade fomenta a argumentação científica, requerendo que os estudantes utilizem as evidências coletadas para embasar suas escolhas teóricas. Essa dinâmica estimula o pensamento reflexivo e crítico, capacitando os estudantes a avaliarem distintas explicações e a justificarem suas posições (SASSERON, 2018c).

Analisando as práticas científicas delineadas por Sasseron (2018), percebemos a possibilidade dos estudantes, durante a execução da atividade "A formação do Sistema Solar", compreenderem a Teoria de Formação do Sistema Solar e avaliarem se ela é consistente com as evidências identificadas previamente. Nesse contexto, poderão construir explicações científicas fundamentadas nas informações coletadas, considerando a abrangência dessas explicações. No tocante às práticas epistêmicas, os estudantes também poderão se envolver na comunicação de suas explicações científicas, seja por meio de um relatório escrito ou de apresentações verbais. Essa prática contribui para desenvolver a habilidade de construir argumentos científicos e comunicar ideias de maneira precisa e clara.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, apresentamos etapas da elaboração de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) para abordar a formação dos planetas do Sistema Solar na Educação Básica. Como destacado na introdução, no PraCESE temos a intenção de desenvolver SEA considerando o conteúdo a ser ensinado (o que ensinar?), a metodologia de ensino (como ensinar?) e a finalidade do ensino (para que ensinar?), de modo que tais aspectos direcionam o planejamento e a própria confecção da SEA.

Portanto, um aspecto relevante no PraCESE consiste no aprendizado de professores, em formação inicial e continuada, para a elaboração de SEA que possam promover a Alfabetização Científica dos estudantes. Como caminho, o processo de criação da SEA é orientado por dois princípios: a dimensão epistemológica e a dimensão pedagógica. Além de considerarmos um padrão argumentativo de Toulmin, que orienta na estrutura para a SEA visto que permite a identificação de evidências que devam ser contempladas no processo educacional, tanto quanto garantias e outros elementos que possam ser identificados como essenciais para alcançar os objetivos de aprendizagem. Possibilitando enriquecer o conhecimento dos estudantes sobre o tema e promover as práticas científicas e epistêmicas, ao cultivar situações argumentativas e interações discursivas.

Para o caso específico da SEA apresentada neste trabalho, identificamos que cada atividade contribui para a progressão lógica das práticas educativas. Iniciando com "O que conheço do Sistema Solar", com a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes o que promove um ambiente propício para a construção coletiva do conhecimento por meio de interações discursivas. A subsequente atividade "Caracterizando os planetas" permite aos estudantes se engajarem em práticas científicas e epistêmicas concretas, ao explorar o aplicativo *Solar System Scope* e analisar dados sobre os planetas. A culminância da SEA ocorre na atividade "A formação do Sistema Solar", na qual os alunos são desafiados a articular as evidências coletadas para escolher entre as teorias da Nebulosa Solar Primitiva e a da Captura, fundamentando suas escolhas por meio de argumentação científica.

A proposta de SEA engloba uma série de atividades que fomentam práticas científicas e epistêmicas. O desenvolvimento da SEA almeja instigar os estudantes a participarem ativamente de investigações, debates em grupo e análises individuais, impulsionando o entendimento da

Teoria da Nebulosa Solar Primitiva e a correlação de suas características planetárias com evidências científicas. O engajamento em atividades argumentativas também propicia aos alunos defenderem seus pontos de vista embasados e internalizam a evolução contínua da ciência por meio de novas descobertas e evidências.

Como etapas futuras consideramos o desenvolvimento das SEA em sala de aula, de modo a percorrer as etapas da DBR, acrescentando novas experiências a trabalhos já desenvolvidos no núcleo, contemplando o Design Ampliado apresentado, como a temática sobre as Mudanças Climáticas; para mais, sequências contemplando aspectos da Astrobiologia, que está em fase de avaliação, e uma outra discutindo Matéria Escura e Energia Escura está em fase de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma metodologia para análise da dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006. p. 239–296.
- BERLAND, L. K. **Understanding the composite practice that forms when classrooms take up the practice of scientific argumentation**. Tese (Doutorado) — Northwestern University, 2008.
- CARVALHO, A. M. P. d.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial Teórico e as Pesquisas sobre Sequência de Ensino. **Ensino em Re-Vista**, v. 22, n. 2, p. 249–266, 2015.
- CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 10, p. 1275–1300, 2014.
- COLOMBO JUNIOR, P. D.; SILVA, C. C. Relações articuladoras: viabilizando o uso instrumental do losango didático em sequências de ensino-aprendizagem. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, 2020.
- Design-Based Research Collective. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.

DUSCHL, R. A. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. In: **Review of Research in Education**. Los Angeles, CA: Sage Publications Sage CA, 2008. v. 32, n. 1, p. 268–291.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: S., A. B. T. K. (Ed.). **New Directions in Mathematics and Science Education**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017. p. 69–80.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. Especial, p. 139–159, 2015.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**, v. 41, n. January, p. 99–117, 2008.

KELLY, G. J. Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In: C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P. Wickman, G. Erikson, A. M. (Ed.). **Exploring the landscape of scientific literacy**. New York: Routledge, 2010. p. 61–73.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **History, Philosophy and Science Teaching, Science: Philosophy, History and Education**. Chan: Springer International Publishing, 2018. cap. Chapter 5, p. 139–164.

KNEUBIL, F. B. **O percurso epistemológico dos saberes e a equivalência Massa-Energia**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: Visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22 (2), p. 1–16, 2017.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (Ed.). **Argumentação na escola: o conhecimento em construção**. Pontes Editores, 2011. p. 13–46.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em ensino de ciências**, v. 7, n. 3, p. 283–306, 2002.

NASCIMENTO, S. S. do; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 1–20, 2008.

NASCIMENTO, S. S. do; VILLANI, C. E. P. A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 187–209, 2003.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1806-5104, p. 361–388, 2016.

SASSERON, L. H. Editorial – Apresentando o Número Temático sobre Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 761–764, 2018.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. August, p. 1061–1085, 2018b.

SASSERON, L. H. **Práticas em aula de ciências: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação**. 187 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018c.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49–67, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 1, p. 97–114, 2011.

SILVA, F. A. R. e. **O Ensino De Ciências Por Investigação Na Educação Superior: Um Ambiente Para o estudo da aprendizagem científica**. 326 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

SILVA, A. D. C. T. e. Interações Discursivas E Práticas Epistêmicas Em Salas De Aula De Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 69–96, 2015.

SILVA, E. L.; WARTHA, E. J. Estabelecendo relações entre as dimensões pedagógica e epistemológica no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, p. 337-354, 2018.

STROUPE, D. Describing “science practice” in learning settings. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1033–1040, 2015.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2006.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. do. **Argumentação no Ensino de Ciências: Tendências, práticas e metodologia de análise**. Curitiba: Appris, 2013. 113 p.

APÊNDICE A

Atividade 01 - O que conheço do Sistema Solar

O Céu sempre fascinou homens e mulheres em diferentes épocas da história. Aposto que você já olhou para o Céu e se vislumbrou com diversos astros. Isso sem falar nas diversas questões que temos acerca do Universo. Responda o questionamento abaixo.

1. O que você conhece sobre o sistema solar, utilize o espaço abaixo para apresentar sua resposta. Dê sua resposta da forma que achar melhor, seja por escrita ou realizando desenhos.

Atividade 02 - Caracterizando os planetas do Sistema Solar

1. Depois de instalar o aplicativo, Solar System Scope presente no [link](#), explore-o e preencha a tabela abaixo, conforme o exemplo da linha “velocidade orbital média”:

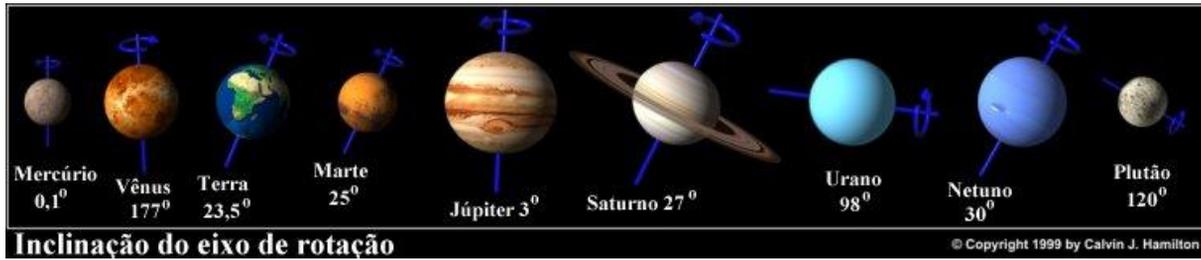
	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Distância média ao Sol (UA)								
Distância média ao Sol (10 ⁶ km)								
Perí-odo de Translação (d=dias, a=anos)								
Perí-odo de Rotação (d=dias, h=hora)								
Velocidade orbital média (km/s)	47,89	35,04	29,79	24,13	13,07	9,65	6,81	5,44

1 UA equivale a Distância da Terra ao Sol, que corresponde aproximadamente, 1,496x10¹¹ m.

Algumas características físicas dos planetas e do sol

	Sol	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Massa (M Terra)									
Massa (kg)									
Densidade (g/cm ³)	1,40	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6
Plano orbital em torno do Sol	sem órbita	7°	3,4°	0°	1,9°	1,3°	2,5°	0,8°	1,8°
Temperatura (C) (S=Sólido, n=nuvens)	5505	407 (S) dia -183 (S) noite	-43 (n) 470 (S)	22 (S)	-23 (S)	-150 (n)	-180 (n)	-210 (n)	-220 (n)

Figura. Inclinação do eixo de rotação dos planetas do sistema solar.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/planetas/obliquity.jpg>

2. Ao identificar algumas características dos planetas e o sol, obtivemos um conjunto de dados que devem ser considerados na proposição de uma teoria que objetiva responder “como surgiu o sistema solar?”. Para isso, avalie os dados anteriores e indique quais deles sustentam as proposições que devem ser contempladas na proposição de uma teoria

Proposições que devem contempladas pela Teoria	Dados que sustentam a proposição
1. Os planetas orbitam o sol próximo ao mesmo plano (coplanares);	
2. Os planetas possuem órbitas no mesmo sentido;	
3. Os planetas possuem rotações no mesmo sentido;	
4. Existe diferença nas densidades dos planetas, visto que os planetas internos são sólidos e os externos gasosos;	
5. 99,87% da massa do Sistema Solar está concentrada no Sol e os planetas são responsáveis 0,13%	
6. As estrelas são resultados de poeiras interestelares que passaram por processo de fragmentação e colapso.	

Atividade 03 - A formação do Sistema Solar

Ainda não possuímos uma teoria que explique de maneira satisfatória a formação do Sistema Solar. Duas teorias frequentemente discutidas são a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva e a Teoria da Captura. Vamos ler o texto e responder às perguntas relacionadas a elas.

Teoria da Nebulosa Solar Primitiva

A formação do nosso sistema solar começou há cerca de 4,6 bilhões de anos em uma região distante da galáxia. Antes mesmo de o Sol e os planetas existirem, havia uma nuvem de gás e poeira chamada de nebulosa solar. Essa nuvem era enorme e começou a se contrair devido à sua própria gravidade. Conforme a nebulosa solar se contraía, ela começou a girar cada vez mais rápido e esse movimento de rotação fez com que a nebulosa se achatasse e formasse um disco plano, com uma região central mais densa, onde o futuro Sol estava se formando.

Dentro desse disco, pequenas partículas de poeira e gelo começaram a se juntar, formando objetos chamados planetesimais. Esses planetesimais eram como os "tijolos" que se juntaram para construir os planetas. Eles continuaram a crescer e se fundir através de colisões, até formarem os planetas que conhecemos hoje.

Os planetas mais próximos do Sol, como Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, são chamados de planetas terrestres. Eles são rochosos e têm superfícies sólidas. Já os planetas mais distantes, como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, são chamados de planetas gasosos ou jovianos. Eles são compostos principalmente de gases como hidrogênio e hélio.

Além dos planetas, o sistema solar também possui luas, como a nossa Lua, que orbitam ao redor dos planetas. Alguns planetas, como Saturno, também têm anéis compostos por partículas de gelo e poeira que orbitam ao seu redor.

A Teoria da Nebulosa Solar nos diz que o sistema solar se formou a partir de uma nuvem de gás e poeira que se contraiu e girou, formando um disco plano. A partir desse disco, os planetas se formaram através da colisão e aglutinação de pequenas partículas.

Quadro 1. A Teoria da Nebulosa Solar Primitiva explica a formação do Sistema Solar, em 6 etapas.

As etapas do processo de formação do sistema solar, de acordo com a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva:

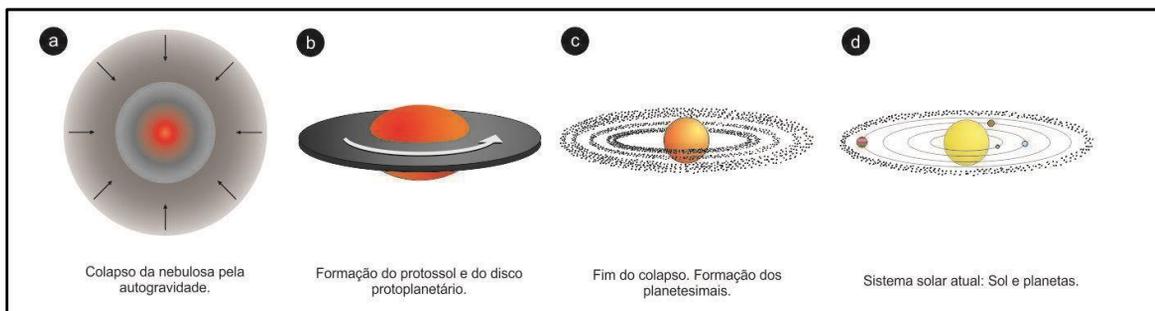
- 1. Fragmentação da Nuvem Interestelar:** Tudo começou com uma nuvem gigante de gás e poeira no espaço, chamada de nuvem interestelar. Essa nuvem passou por processos de fragmentação, onde pequenas regiões densas começaram a se formar dentro dela.
- 2. Colapso Gravitacional:** Uma dessas regiões densas, chamada de fragmento, começou a se contrair sob a influência da sua própria gravidade. Esse colapso gravitacional fez com que o fragmento se tornasse cada vez mais denso e quente em seu núcleo.
- 3. Formação do Disco de Acreção:** Enquanto o fragmento se contraía, ele começou a girar rapidamente. Esse movimento rotacional fez com que o fragmento se achatasse em um disco em forma de panqueca, conhecido como disco de acreção. O núcleo densificado do fragmento se tornou o futuro Sol, localizado no centro do disco.
- 4. Aglutinação de Planetesimais:** Dentro do disco de acreção, pequenas partículas de poeira e gelo,

chamadas de planetesimais, começaram a se formar através de colisões e aglutinação. Esses planetesimais eram os blocos de construção dos planetas.

5. Formação dos Planetas: Os planetesimais continuaram a crescer e se fundir, formando corpos maiores chamados protoplanetas. Esses protoplanetas, ao longo de milhões de anos, se tornaram os planetas que compõem o sistema solar, como Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

6. Estabilização do Sistema: Após a formação dos planetas, o sistema solar passou por um período de estabilização. As órbitas planetárias se ajustaram, as interações gravitacionais foram equilibradas e o sistema solar alcançou um estado de equilíbrio dinâmico.

Essas etapas descrevem como a nebulosa solar primordial deu origem ao nosso sistema solar, com o Sol no centro e os planetas orbitando ao seu redor. É importante ressaltar que esse processo ocorreu ao longo de bilhões de anos, resultando na diversidade de corpos celestes que compõem o sistema solar, cada um com suas características físicas e órbitas únicas. Na Figura abaixo podemos observar algumas das etapas anteriores.



Fonte: Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aulasisolar.htm>> Acesso em: 08/10/2021.

Considerando a Teoria da Nebulosa Solar Primitiva, algumas características físicas do sistema solar seriam:

1. Órbitas planetárias: Seguindo a formação a partir de uma nebulosa solar em rotação, as órbitas dos planetas do sistema solar seriam, em sua maioria, aproximadamente coplanares (no mesmo plano) e em torno do Sol. No entanto, pequenas variações na inclinação e excentricidade das órbitas podem ser esperadas devido a flutuações na distribuição inicial do material na nebulosa.

2. Composição variada dos planetas: Os planetas do sistema solar teriam diferentes composições, dependendo de sua posição no disco protoplanetário. Os planetas terrestres, como a Terra, seriam predominantemente rochosos, enquanto os planetas jovianos, como Júpiter e Saturno, teriam uma maior proporção de gases e seriam compostos principalmente por hidrogênio e hélio.

3. Variação de tamanho: Os planetas do sistema solar teriam tamanhos diferentes, determinados pela quantidade de material que conseguiram acumular durante sua formação. Os planetas terrestres seriam menores e mais densos, enquanto os planetas jovianos seriam maiores e menos densos.

4. Sistema de luas: Os planetas do sistema solar poderiam ter sistemas de luas ao seu redor, resultantes da formação de pequenos corpos que foram capturados em suas órbitas durante o processo de formação planetária. Por exemplo, a Terra tem a Lua como sua lua natural, enquanto Júpiter possui um grande número de luas, como Io, Europa e Ganimedes.

5. Anéis planetários: Alguns planetas do sistema solar poderiam ter anéis, compostos por partículas de gelo, poeira e rochas em órbita ao redor deles. Saturno é conhecido por seus impressionantes anéis, enquanto Júpiter, Urano e Netuno também têm anéis mais tênues.

Bibliografia:

GREGORIO-HETEM, J.; JATENCO-PEREIRA, V.; OLIVEIRA, C. M. Sistema Solar in: **Fundamentos de astronomia**. São Paulo, SP: IAG/USP, 2010. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/newcap03.pdf>>. Acesso em: 7/10/2023.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **O SISTEMA SOLAR**, Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm>> acesso em: 08/10/2021.

MASTERS, K. What is the evidence supporting the nebula theory of Solar System formation?. **Ask an Astronomer**, 2015. Disponível em: <<http://curious.astro.cornell.edu/our-solar-system/159-our-solar-system/the-sun/the-solar-system/169-what-is-the-evidence-supporting-the-nebula-theory-of-solar-system-formation-intermediate>> Acesso em 11/10/2021.

SUTTER, P. How did the solar system form?. **Space**, 2020. Disponível em: <<https://www.space.com/how-did-solar-system-form>> Acesso em 11/10/2021

WILLIAMS, M. How Was the Solar System Formed? – The Nebular Hypothesis. **Universetoday**, 2016. Disponível em: <<https://www.universetoday.com/38118/how-was-the-solar-system-formed/>> Acesso 11/10/2021.

Teoria da Captura

Imagine uma região distante da galáxia onde nosso Sol e os futuros planetas ainda não foram formados. Em vez disso, havia uma estrela massiva conhecida como estrela captora em seu próprio sistema estelar. Por um golpe do destino, o caminho desse sistema se cruza com outro, resultando em um encontro cósmico notável. O resultado desse encontro, descrito em sete etapas, levaram à formação do Sistema Solar.

1. Encontro Estelar: O primeiro passo é o encontro entre o Sol e outra estrela em um determinado ponto do espaço. Esse encontro cósmico ocorre quando as trajetórias das duas estrelas se cruzam.

2. Captura Gravitacional: Durante o encontro, a estrela captora, com sua massa e força gravitacional, atrai e captura uma quantidade significativa de material que orbita ao seu redor. Esse material pode ser composto por poeira, gás e planetesimais (corpos rochosos em estágios iniciais de formação).

3. Formação do Disco de Acreção: O material capturado começa a se acumular em torno da estrela captora, formando um disco de acreção. Esse disco é composto por partículas que gradualmente se unem por meio de colisões e processos de acreção.

4. Coalescência dos Planetesimais: Dentro do disco de acreção, pequenos planetesimais se formam a partir das partículas em colisão. Esses planetesimais são corpos rochosos que variam em tamanho, desde alguns metros até quilômetros de diâmetro.

5. Acúmulo de Massa: Os planetesimais continuam a crescer por meio de colisões sucessivas, atraindo mais material ao seu redor. À medida que sua massa aumenta, eles se tornam protoplanetas, corpos ainda em processo de formação.

6. Formação dos planetas: Os protoplanetas continuam a acumular material e, ao longo de milhões de anos, se tornam os planetas que compõem o sistema solar. A gravidade desempenha um papel fundamental na formação desses planetas, atraindo e unindo material ao longo do tempo.

7. Estabilização do Sistema: Após a formação dos planetas, o sistema solar passa por um período de estabilização. As órbitas planetárias se ajustam, às interações gravitacionais são equilibradas e o sistema solar alcança um estado de equilíbrio dinâmico.

Devido à natureza do processo de captura, podemos esperar as seguintes características físicas:

1. Órbitas planetárias: os planetas capturados podem exibir uma variedade de excentricidades e inclinações. Como o material capturado seguia caminhos independentes ao redor da estrela captora, as órbitas planetárias resultantes refletiriam essa falta de uniformidade. Alguns planetas podem ter órbitas altamente elípticas, enquanto outros podem ter órbitas mais circulares.

2. Rotação dos planetárias: a direção e velocidade de rotação dos planetas capturados dependeriam em grande parte do momento angular inicial do material capturado. É concebível que cada planeta possa ter adquirido um padrão de rotação distinto, resultando em um sistema com planetas girando em várias direções.

2. Composição variada dos planetas: o material capturado poderia trazer consigo uma ampla variedade de composições e características. Isso poderia levar à formação de planetas com diversas características superficiais, condições atmosféricas e atividades geológicas. Alguns planetas podem ser predominantemente rochosos, enquanto outros podem possuir uma maior abundância de voláteis, gases ou até mesmo elementos exóticos.

Bibliografia:

DORMAND, J. R.; WOOLFSON, M. M. Interactions in the early solar system, **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 180, p. 243–279, 1977.

HAROLD, J. The Origin of the Solar System. **Scientific American**, p. 194-195, jan. 2012. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/the-origin-of-the-solar-system/>>.

WOOLFSON, M. M. A capture theory of the origin of the solar system. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences**, v. 282, n. 1391, p. 485-507, 1964.

Para embasar uma teoria científica, é fundamental buscar evidências e construir justificativas consistentes. Nesta atividade, após a leitura das teorias da Nebulosa Solar Primitiva e da Captura, bem como a análise de dados e evidências coletadas anteriormente. Responda às seguintes questões:

a) Com base nas informações apresentadas e nas evidências coletadas, qual das duas teorias você considera mais plausível e justifique sua escolha de forma coerente.

b) Explique como os dados e as evidências analisadas ao longo da atividade anterior se relacionam para sustentar a teoria escolhida.

Utilize informações, fatos científicos e argumentos lógicos para embasar sua resposta. É importante apresentar uma linha de raciocínio clara e convincente, demonstrando como as evidências coletadas reforçam a teoria escolhida. Esteja preparado para discutir e defender suas ideias durante a atividade.