

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE FÍSICA E QUÍMICA

GABRIELA CORRÊA DOS SANTOS

**A APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE MODO A
OTIMIZAR A APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO DE FUSÃO
NUCLEAR UTILIZANDO COMO TEMA GERADOR A EVOLUÇÃO
ESTELAR.**

Itajubá

2023

GABRIELA CORRÊA DOS SANTOS

**A APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE MODO A
OTIMIZAR A APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO DE FUSÃO
NUCLEAR UTILIZANDO COMO TEMA GERADOR A EVOLUÇÃO
ESTELAR.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), como parte dos requisitos para a obtenção de título de Mestre em Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Agenor Pina da Silva

Itajubá

2023

Agradecimentos

Mãe agradeço seu apoio, carinho, amor incondicional e todos os sacrifícios que fez por mim;

Família, pelo conforto em momentos felizes e tristes;

Ricardo, por suportar meus defeitos, tolerar meus humores e principalmente por me entender;

Professores, obrigada por todos os ensinamentos;

Agenor, obrigada por todo carinho, atenção e paciência, desde a graduação até agora, se não fosse o senhor eu não estaria aqui, obrigada!

Aos professores João Ricardo Neves e Arthur Justiniano Roberto Júnior por disponibilizarem o tempo para leitura e contribuição para que o trabalho ficasse ainda melhor;

E os que não se encontram mais ao meu lado, mas que de alguma forma fizeram parte desse ciclo, obrigada!

“Se pude enxergar mais longe, foi porque me apoiei sobre ombros de gigantes”; VOCÊS são meus gigantes!” Muito obrigada por todos ensinamentos e paciência.

“O Nitrogênio em nosso DNA, o Cálcio em nossos dentes, o Ferro em nosso sangue, o Carbono em nossas tortas de maçã foram feitos nos interiores de estrelas em colapso. Somos feitos de material estelar”.

Carl Sagan

Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar os resultados da aplicação de uma Sequência Didática (SD) para o ensino do conteúdo de fusão nuclear a partir da utilização do tema gerador evolução estelar. Este trabalho foi desenvolvido na disciplina AST 001: Conceitos de Astronomia do curso de Licenciatura em Física de uma universidade federal, durante o mês de julho de 2022, num total de 16 aulas, cada uma de 50 minutos. Como instrumento de coleta de dados foram utilizados questionários, gravações das aulas em áudio, diário de bordo e atividades avaliativas elaboradas no decorrer do desenvolvimento da sequência didática. Todas as atividades desenvolvidas foram estruturadas a partir dos Três Momentos pedagógicos de Delizoicv: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Foram aplicados dois questionários, o primeiro (pré-SD) no início e o outro no fim (pós-SD) da aplicação do trabalho, e cinco atividades avaliativas. Os dados do questionário pré-SD serviram para identificar o “perfil” do aluno ingressante no curso de Licenciatura em Física, assim como verificar quais conhecimentos em relação temática foram estudadas por eles no ensino médio. O segundo questionário foi utilizado para verificar se a proposta de ensinar fusão nuclear a partir da evolução estelar foi bem-sucedida, isso é, para verificar a aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos abordados durante a aplicação da SD. As atividades avaliativas versaram sobre o tema evolução estelar e sua relação com o conteúdo fusão nuclear. Apesar de apenas 7 alunos terem participado de todas as atividades desenvolvidas na SD, foi possível perceber que os estudantes se envolveram nas aulas e que os resultados encontrados mostraram que o trabalho foi bem-sucedido e que as respostas fornecidas pelos estudantes nas questões do questionário pós-SD foram bem mais elaboradas do que as fornecidas para as questões do questionário da pré-SD.

Palavras-Chave: Ensino de Astronomia. Tema Gerador. Três Momentos Pedagógicos. Sequência Didática. Fusão Nuclear.

Lista de Figuras

Figura 2. 1: Representação do Ciclo p-p	24
Figura 2. 2: Ilustração da fase supergigante vermelha	27
Figura 2. 3: Diagrama HR	28

Lista de Gráficos

Gráfico 4. 1: Anos de Conclusão do Ensino Médio	36
Gráfico 4. 2: Tipo de Escola de Conclusão do E.M.	37
Gráfico 4. 3: Categorias relativas às motivações dos alunos para cursar FLI.	38
Gráfico 4. 4: Atividades envolvendo Astronomia fora do ambiente escolar	40
Gráfico 4. 5: Disciplinas que abordam conceitos de Astronomia	41
Gráfico 4. 6: Respostas dos alunos à 4ª questão do questionário pré-sequência didática	45
Gráfico 4. 7: Respostas dos alunos à 7ª questão do questionário pré-sequência didática	48

Lista de Quadros

Quadro 3. 1: Planejamento da Sequência Didática	32
Quadro 4. 2: Seção A - Identificação dos Alunos.....	36

Lista de Tabelas

Tabela 4. 1: Respostas dos alunos ao terceiro t3pico do quadro de identifica33o.....	38
Tabela 4. 2: Categorias de assuntos abordados no ensino b3sico dos alunos.....	39
Tabela 4. 3: Respostas dos alunos 3 1ª quest3o do question3rio pr3-sequ4ncia did3tica	42
Tabela 4. 4: Respostas dos alunos 3 2ª quest3o do question3rio pr3-sequ4ncia did3tica	43
Tabela 4. 5: Respostas dos alunos 3 3ª quest3o do question3rio pr3-sequ4ncia did3tica	44
Tabela 4. 6: Respostas dos alunos 3 5ª quest3o do question3rio pr3-sequ4ncia did3tica	46
Tabela 4. 7: Respostas dos alunos 3 6ª quest3o do question3rio pr3-sequ4ncia did3tica	47
Tabela 4. 8: Respostas dos alunos 3 1ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	49
Tabela 4. 9: Respostas dos alunos 3 2ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	51
Tabela 4. 10: Respostas dos alunos 3 3ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	52
Tabela 4. 11: Respostas dos alunos 3 4ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	53
Tabela 4. 12: Respostas dos alunos 3 5ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	54
Tabela 4. 13: Respostas dos alunos 3 6ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	55
Tabela 4. 14: Respostas dos alunos 3 7ª quest3o do question3rio p3s-sequ4ncia did3tica.....	56
Tabela 4. 15: Resposta dos alunos 3 quest3o de considera33es acerca da pesquisa.....	57

Sumário

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO 1 - TEMAS GERADORES PARA O ENSINO DE FÍSICA	13
1.1 A PERSPECTIVA FREIRIANA – TEMAS GERADORES	13
1.2 TEMAS GERADORES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: A ABORDAGEM TEMÁTICA	16
1.1.1. 1º Momento: Problematização Inicial.....	18
1.1.2. 2º Momento: Organização do Conhecimento	18
1.1.3. 3º Momento: Aplicação do Conhecimento	19
CAPÍTULO 2 - TEMA GERADOR: EVOLUÇÃO ESTELAR	21
2.1 EVOLUÇÃO ESTELAR: FUNDAMENTOS PARA ESCOLHA DO TEMA	21
2.1.1. Nascimento das Estrelas	22
2.1.2. A fonte de energia das estrelas: Fusão Nuclear	23
2.1.3. A morte das estrelas	24
2.1.4. O Diagrama HR: Uma forma de estruturar a temática	28
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	30
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1 O QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA	35
4.1.1 Seção A - Identificação dos Estudantes	35
4.1.2 Seção B - Formação.....	39
4.1.3 Seção C - Sobre o tema a ser estudado	41
QUESTÃO 01: Para você, o que é uma estrela?	42
QUESTÃO 02: O Sol é a estrela que fornece energia para que a vida exista na Terra. Com base no que você conhece como ocorre o processo de produção de energia em uma estrela?	43
QUESTÃO 03: Buraco negro, supernova, anãs brancas e gigantes vermelhas são os possíveis estágios finais da evolução das estrelas. Descreva como ocorre o processo evolutivo de uma estrela.	44
QUESTÃO 04: No seu ensino básico você já estudou conteúdos relacionados à produção de energia por meio dos processos de fusão e fissão nuclear?	45

QUESTÃO 05: Diferencie o processo de produção de energia via fusão nuclear da produzida pela fissão nuclear.....	46
QUESTÃO 06: De que maneira você associaria os processos de fusão e fissão nuclear ao ciclo de vida de uma estrela?	47
QUESTÃO 07: O diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Você já teve contato com o diagrama HR?	48
4.2 O QUESTIONÁRIO PÓS SEQUÊNCIA DIDÁTICA	49
QUESTÃO 01: Para você o que é uma estrela?	49
QUESTÃO 02: Como as estrelas produzem energia?	50
QUESTÃO 03: Diferencie o processo de produção de energia via fusão nuclear da produzida pela fissão nuclear.....	52
QUESTÃO 04: De que maneira você associaria o processo de fusão nuclear ao ciclo de vida de uma estrela?.....	53
QUESTÃO 05: Comente brevemente o que você aprendeu sobre o ciclo de vida das estrelas.	54
QUESTÃO 06: O diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Comente brevemente o que você aprendeu sobre esse diagrama.	55
QUESTÃO 07: Como você relaciona o Diagrama HR ao ciclo de vida das estrelas? E ao processo de fusão nuclear?.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE A - GUIA DIDÁTICO - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	66
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA	73
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO PÓS-SEQUÊNCIA DIDÁTICA	75
APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	76

INTRODUÇÃO

O ensino de Física atualmente resume-se a memorização de expressões matemáticas e, em virtude disso, os conceitos físicos não são explorados de forma a demonstrar aos alunos a importância dessa área do conhecimento. Além disso, observa-se que não são todos os professores que propõem em suas aulas exercícios que envolvam situação problema ou que articulem novos recursos didáticos ao seu plano de aula.

É preciso esclarecer que a atual organização escolar brasileira se embasou no ensino tradicional, no qual o professor é visto como figura central, não permitindo a participação dos alunos na construção do saber, nem considerando importantes os conhecimentos que eles já possuem: o professor apresenta conceitos, os quais o aluno deve copiar e repassá-los no dia da avaliação. Todavia, torna-se fundamental mudar esse cenário, uma vez que o Ensino de Ciências contribui de forma significativa para a formação do aluno. Para isso, o professor deve então estimular os alunos em seu aprendizado por meio de novas práticas pedagógicas, aprimorando assim a sua didática tradicional.

Uma possibilidade para um trabalho em sala de aula mais estimulante para os alunos é a partir da proposição de Temas Geradores que, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002, p.165), são um “[...] objeto de estudo que compreende o fazer e o pensar, o agir e o refletir, a teoria e a prática [...]”, considerando a realidade dos educandos e as relações que estes estabelecem com seu meio. Nesse sentido, o Tema Gerador

orienta tanto a seleção de conteúdos quanto a abordagem sistematizada que será realizada em sala de aula. Ademais, nessa abordagem temática preconiza-se a ruptura do senso comum, construída pelos educandos, para a apreensão dos conteúdos sistematizados, advindos do contexto sócio-histórico (LIMA, et al., 2021, p.536).

Delizoicov contribui ao propor que esses Temas Geradores são o ponto de partida para o planejamento, sendo necessário problematizar as finalidades do Ensino em Ciências. Assim, este autor sugere a organização dos encaminhamentos metodológicos a partir de Três Momentos Pedagógicos: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento, os quais estão especificados a seguir:

1ª Problematização Inicial: É nessa etapa que se apresentam questões e/ou situações para discussão com os alunos, visando relacionar o estudo de um conteúdo com situações reais que eles conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.

2ª Organização do Conhecimento: Nesse segundo momento os conhecimentos curriculares necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial devem ser sistematicamente estudados sob a orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, serão agora aprofundados; esse é o momento em que os conhecimentos científicos passam a ser incorporados nas discussões. Nessa perspectiva, os autores ressaltam a importância de atividades diversificadas, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem.

3ª Aplicação do Conhecimento: Este momento é importante para que os alunos encontrem relações entre os temas abordados, não apenas através dos conceitos, mas também de fenômenos que possam ter alguma conexão com as informações apresentadas. Este é um bom momento para o professor formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos alunos no decorrer do trabalho.

Nesse sentido, busca-se com a abordagem metodológica dos Três Momentos Pedagógicos e Temas Geradores um meio de contribuir com o diálogo entre professor e estudante, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes, problematizando e contextualizando situações com objetivo de ampliar seus conhecimentos. Assim a reflexão acerca da utilização de temas no ensino de Física se faz evidente, dentre os quais se destacam tópicos relacionados à Educação Ambiental, Ciência e Tecnologia e Astronomia.

Em especial temos a Astronomia como um dos focos deste trabalho. A Astronomia é o

ramo da Física que estuda o Universo e é considerada uma das ciências mais antigas desenvolvidas pelo homem. Destaca-se entre as áreas da Física por despertar o interesse e a curiosidade de muitas pessoas, de qualquer faixa etária, estudantes ou não. Sua importância para o desenvolvimento da humanidade é inquestionável, uma vez que, por meio dela foi possível, por exemplo, organizar o tempo em dias, meses e anos. Diversas culturas ainda recorrem às observações celestes para obterem informações climáticas e geográficas, influenciando, de forma decisiva, setores como agricultura e pecuária (CARVALHO et al, 2016, p.215).

Logo, entende-se que ao utilizar temas de Astronomia de modo a contextualizar conceitos físicos os alunos podem se sentir instigados à aprendizagem de Física. Dias e Rita (2008) ressaltam ainda que essa temática pode ser utilizada como um eixo norteador no ensino de Ciências, auxiliando os alunos a desenvolver diversas habilidades, dentre elas a capacidade de análise e observação. Os autores ainda discorrem que a Astronomia tem grande importância no ensino formal devido à motivação que ela desperta nos alunos, sendo esta uma fonte integradora do conhecimento, uma vez que tal temática reúne diversos conhecimentos específicos de Física, de modo que o professor pode trabalhar os conceitos de Física

contextualizando-os através de temas de Astronomia – como Cosmologia, Evolução Estelar, Big Bang, dentre outros.

Tendo em vista o exposto, este trabalho tem como problema de pesquisa a seguinte questão: “De que maneira a inserção da Abordagem Temática e a utilização dos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov pode contribuir na compreensão da Fusão Nuclear por intermédio do tema gerador Evolução Estelar”? Esta questão é bastante relevante, pois implica considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações de conceitos físicos de forma a contextualizar o conteúdo a ser estudado, despertando a atenção dos alunos ao estudo da Física.

De modo que o objetivo geral deste trabalho é: Elaborar, aplicar e analisar os resultados de uma sequência didática voltada para o ensino do conteúdo de Fusão Nuclear utilizando como tema motivador a Evolução Estelar. Assim os objetivos específicos se constituíram em analisar os questionários diagnósticos aplicados, de modo a identificar quais conhecimentos os alunos possuíam antes da sequência e quais conhecimentos os alunos adquiriram durante a realização da sequência didática; bem como analisar as produções escritas pelos licenciandos na realização das atividades desenvolvidas, buscando caracterizar a aprendizagem com relação à Sequência Didática.

O presente trabalho está estruturado de modo que no primeiro capítulo é apresentada a perspectiva freiriana de abordagem de temas geradores, de modo a contextualizar a abordagem temática utilizada no Ensino de Ciências. Após, são caracterizados os Três Momentos Pedagógicos e justificada a escolha do tema gerador presente neste trabalho. No segundo capítulo são descritos os fundamentos físicos envolvidos no tema gerador escolhido, sendo a Fusão Nuclear o conteúdo principal de ensino. O terceiro capítulo é voltado à descrição da metodologia adotada por esta investigação, bem como dos instrumentos utilizados para coleta de dados. Posteriormente no Capítulo 4 é apresentada a análise da SD; sendo o foco desta análise os questionários aplicados antes e após a realização da SD, encerrando com as considerações finais.

CAPÍTULO 1- TEMAS GERADORES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo discutiremos sobre a perspectiva freiriana para a utilização de Temas Geradores e como esta perspectiva pode ser transposta para o Ensino de Ciências por meio da Abordagem Temática dos três momentos pedagógicos proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

1.1 A PERSPECTIVA FREIRIANA – TEMAS GERADORES

Ao questionar os alunos sobre a relação deles com a disciplina de Física torna-se difícil encontrar algum que demonstre afinidade ou interesse para com esta área do conhecimento. É possível que isso esteja relacionado ao fato dos alunos não compreenderem ou até mesmo vislumbrarem os conceitos físicos explicados em sala no seu dia a dia.

Alguns alunos destacam ainda que seus professores priorizam a realização dos exercícios do livro didático e a memorização de expressões matemáticas para aprovação nos exames e avaliações institucionais. Assim, tal

desmotivação também pode estar sendo gerada pelo professor autoritário que “desumaniza” que não chama os educandos a pensar, a fazer uma leitura de seu mundo vivido. Ao contrário, ele apresenta a realidade como algo já feito, acabado, à qual basta se adaptar e não transformar (MUENCHEN, 2006, p. 20).

São poucos os alunos que conseguem vislumbrar as relações existentes entre as diversas áreas do conhecimento e isso acontece devido à forma como o conhecimento científico é repassado aos estudantes. Santos (2007) destaca que

o ensino escolar de ciências, de maneira geral, vem sendo desenvolvido de forma totalmente descontextualizada, por meio da resolução ritualística de exercícios e problemas escolares¹ que não requerem compreensão conceitual mais ampla. Isso corresponde à alfabetização superficial no sentido do domínio estrito vocabular de termos científicos. Esse processo escolar, tanto das escolas preparatórias para o vestibular quanto das que se restringem aos saberes escolares básicos, tem sido conduzido de maneira enfadonha, sem despertar o interesse dos estudantes pelo seu estudo, de forma que as disciplinas de ciências têm sido frequentemente, odiadas pela maioria dos estudantes (SANTOS, 2007 p.486-487).

Nesta perspectiva, primeiro vem a teoria, depois a prática (a vivência, a vida vivida). A vivência é normalmente jogada para um horizonte que ultrapassa o espaço-tempo de escola, havendo uma “uma desvinculação entre a sala de aula e a realidade social, entre o ‘mundo da

¹ Ensino Tradicional

escola' e o 'mundo da vida'" (AULER, 2007, p. 171), de modo que tais preocupações já foram evidenciadas nos documentos orientadores para a educação.

Apesar disso, ainda permanece a ideia de que o currículo do Ensino Médio precisa estar voltado, quase que exclusivamente, para a preparação do aluno para os exames vestibulares². Tem-se uma preocupação com a quantidade de conteúdos a serem ensinados e nem sempre com o porquê ensiná-los e com a qualidade do processo ensino/aprendizagem.

Conforme já enfatizado desde os PCN (2002), a Física normalmente é ensinada de forma desarticulada, sendo realizada mediante apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas, exercícios repetitivos que apenas estimulam a memorização e automatização. Já na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2018) - atual documento orientador da educação nacional - entende-se que o currículo fragmentado dificulta o desenvolvimento de competências fundamentais aos alunos para uma atuação crítica na sociedade.

Assim, o maior desafio do ensino é torná-lo repleto de significações para os educandos, de modo que estes venham a atuar e interferir de forma crítica nas esferas sociais, estabelecendo relações entre o "mundo da escola" e o "mundo da vida" (CENTA, 2015). Além do domínio dos conteúdos universais sistematizados, o ensino deve incluir a formação integral do aluno, desenvolvendo o senso crítico, a capacidade de compreender e discutir situações concretas do seu cotidiano e a autonomia na construção do conhecimento (GIACOMINI, 2014).

Frente à necessidade da reflexão crítica da prática pedagógica, o professor não pode abstrair-se e continuar proporcionando ao aluno um ensino baseado na memorização dos conteúdos ou no repasse de informações, mas buscar refletir sua práxis, de modo a articular novas metodologias ao seu plano de ensino tornando o processo de aprendizagem mais construtivo, prazeroso e contextualizado, além de auxiliar o aluno a construir uma postura crítica e reflexiva diante das informações veiculadas pelos meios de comunicação.

Nesse sentido, o professor pode ser guiado na perspectiva problematizadora de Freire (1987), caracterizada por uma inquietude que leva a reformulação da práxis, estimulando a curiosidade dos educandos aos conteúdos a serem aprendidos. A perspectiva Freireana de educação é problematizadora, pois o conhecimento é construído de forma integradora, interativa e dinâmica, contrária à educação exclusivamente conteudista presente no ensino tradicional (ROSALIND, 2004).

² Em detrimento das finalidades atribuídas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) - Lei Nº 9394/96(BRASIL, 1996).

Na perspectiva problematizadora de Freire o processo de ensino/aprendizagem é baseado em temas e deles são retirados os conteúdos escolares necessários ao aprendizado do educando. Para Freire, “esses temas se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão como a ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em tantos outros temas que, por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas” (FREIRE, 1987, p. 53), possibilitando a aprendizagem a partir de problematizações, reflexões, discussões e questionamentos dos conhecimentos e do mundo no qual o aluno está inserido.

Os temas são objetos de conhecimentos que deverão ser interpretados e representados pelos aprendizes e através deles serão elaborados situações-problemas e tarefas a se cumprir no processo de aprendizagem do aluno. É preciso que o tema apresente aspectos relativos a um problema, na medida em que sua significação esteja atrelada à necessidade de compreensão e enfrentamento de problemáticas que fazem parte da realidade dos estudantes e que não são percebidas como tal, por eles (COSTA e PINHEIRO, 2013, p.40).

Lima et al. (2021) destacam que

na perspectiva de objeto de estudo, os TG (temas geradores) orientam tanto a seleção de conteúdos quanto a abordagem sistematizada que será realizada em sala de aula. Ademais, nessa abordagem temática preconiza-se a ruptura do senso comum, construída pelos educandos, para a apreensão dos conteúdos sistematizados, advindos do contexto sócio-histórico. Dessa forma, o professor ou a equipe de professores, ao interpretar os temas ou situações necessitam questionar por meio de perguntas-síntese, segundo Pernambuco (1993), o que irá direcionar a redução temática e, posteriormente, compor os conteúdos escolares. (LIMA et al., 2021, p. 536).

O tema gerador é ponto de partida para o planejamento e o professor, ao trabalhar temas na sala de aula, é considerado o porta-voz do conteúdo científico e a ele cabe fazer intervenções que permitirão aos estudantes uma aproximação com o conhecimento científico. Para tanto, este precisará auxiliar os alunos a transporem a linguagem cotidiana para a científica, por meio de contextualizações. Nesse sentido, é importante o professor estar apto a desvelar as situações diversas presentes na comunidade, bem como problematizar e interpretar dados junto aos alunos.

Desse modo, é possível observar que o trabalho com temas geradores parte do princípio da prática permeada de reflexão, pois há uma união harmônica entre os conhecimentos construídos pela humanidade e sua releitura para a compreensão de situações peculiares que envolvem a realidade local, contribuindo, assim, para maior reconhecimento da importância dos aprendizados escolares na vida das pessoas (COSTA e PINHEIRO, 2013, p.41).

Sinalizando para a educação libertadora e de caráter reflexivo de Paulo Freire (1987), a pesquisa apresentada neste trabalho optou por uma metodologia didático-pedagógica que visa à construção do conhecimento partindo da perspectiva da Abordagem Temática proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), sistematizada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) – que será discutida nos próximos tópicos.

1.2 TEMAS GERADORES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: A ABORDAGEM TEMÁTICA

Ao pensar nas possíveis contribuições da educação Freireana para o Ensino de Ciências, diferentes pesquisadores (GOBARA et al., 1992; AYDOS; ZUNINO, 1994; GEHLEN, 2009; COELHO, 2010) tentaram aproximar essa perspectiva a tal contexto. Delizoicov (1991) traz Freire para o Ensino de Ciências com a Abordagem Temática Freireana, apoiado em Snyders (1988). Nascimento e Von Linsengen (2006), Santos (2008); Auler e Delizoicov (2006), aproximam Freire na perspectiva Ciência Tecnologia Sociedade (CTS), ao destacarem a necessidade de tomada de decisão do educando como resultado da experiência educacional. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) propuseram a abordagem Freiriana em uma perspectiva curricular, na qual o conteúdo programático é organizado com base em um Tema Gerador.

Delizoicov (1982) e Angotti (1981) iniciaram, na Guiné-Bissau, a adaptação da Perspectiva Freireana para o ensino de Ciências, sendo um marco no uso da educação dialógica de Freire no ensino formal. Posteriormente, essa transposição ocorreu com ajuda de Pernambuco (1983) em um projeto desenvolvido no Rio Grande do Norte. Delizoicov (1991) destacou que o projeto implementado na Guiné-Bissau visava à formação de professores e a produção de material didático; com uma população predominantemente rural e não escolarizada, havia

o interesse explícito do Ministério da Educação da Guiné em promover uma educação onde a linha mestra do currículo, os textos, o material experimental e a formação dos professores fossem ditadas por uma constante e sistemática aproximação com a realidade guineense, optando-se, então, pela dinâmica da educação problematizadora (DELIZOICOV, 1991, p. 187).

De modo que a forte influência da perspectiva freireana no projeto desenvolvido orientou os trabalhos do grupo baseado na dinâmica dos temas geradores. Respaldados pelo seu trabalho na Guiné-Bissau, os autores propuseram a Abordagem Temática como uma organização curricular na perspectiva freiriana, na qual o conteúdo programático é organizado

com base em um tema gerador (TG), a partir do qual são selecionados os conteúdos científicos necessários para compreendê-lo. Como é baseada nas ideias freireanas, essa proposta curricular tem como principal proposição a **dialogicidade**, a **problematização** e a **conscientização**, categorias que são articuladas em torno dos temas geradores (TORRES et al., 2011, p.4).

Nessa proposta os temas geradores são compreendidos como um objeto de estudo que compreende a reflexão da práxis a partir do estudo de relações entre situações significativas individuais e sociais, historicamente entrelaçadas a uma rede de discussão, interpretação e representação do objeto cognoscente (OLIVEIRA, 2017, p. 17). Tais temas possuem princípios básicos que possibilitam uma ruptura do senso comum e possibilitam ao aluno a estabelecer uma postura crítica reflexiva, que o auxiliará em sua compreensão e tomada de atitude diante da sociedade. Ou seja, a explicação do conteúdo não tem um fim em si, mas tem a intenção de compreender o tema, a problemática ali inserida, de modo que este sirva de ferramenta ao aluno para seu melhor entendimento.

Assim, a partir do Capítulo 3 do livro “Pedagogia do Oprimido”, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) sistematizaram as etapas da investigação temática proposta por Freire, de modo a articulá-las ao ensino formal. Como etapa inicial tem-se o levantamento preliminar das condições locais, sócio-culturais e econômicas dos alunos e seus familiares. Após, numa segunda etapa, realiza-se a codificação dos dados obtidos, de modo que as codificações representam as contradições e problemas daquela comunidade e servirão de base para a próxima etapa. A terceira etapa é o momento da obtenção do tema gerador a partir da dinâmica codificação-problematização-descodificação na presença da comunidade, pais e alunos; os participantes do “círculo de investigação temática” vão trazendo à tona uma série de opiniões, de si, do mundo e dos outros, de modo que vão percebendo um problema que precisa ser vencido. A etapa de redução temática consiste na elaboração, planejamento e seleção dos conteúdos a serem desenvolvidos. Nesse momento será buscado em cada disciplina os conhecimentos científicos necessários para o entendimento do tema escolhido. Após esta etapa os educadores estarão prontos para usar o tema proposto no processo de ensino/aprendizagem.

Desse modo propõe-se que esta última etapa seja desenvolvida a partir dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011). Nesse viés, os conteúdos programáticos deixam de ser o foco do currículo escolar, e o ensino passa a se basear em temas, que surgem das aspirações dos alunos envolvidos no processo formativo. A

estruturação da dinâmica de investigação temática evidencia um rompimento com o paradigma de ensino tradicional, uma vez que os conceitos/conteúdos científicos curriculares são a linha de chegada, enquanto os temas e/ou as situações significativas são o ponto de partida.

Os 3MP são estruturados por meio da **Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento**. Sendo que cada momento apresenta funções e aplicabilidades distintas, as quais serão melhor discutidas a seguir.

1.1.1. 1º Momento: Problematização Inicial

A problematização inicial é caracterizada pela inquietação dos alunos frente às questões em pauta, estes precisam sentir-se desafiados a expor o que estão pensando sobre a temática em questão. De modo que a função do professor é coordenadora e se volta ao questionamento de posicionamentos e conhecimentos prévios, fomentando a discussão das respostas dos alunos, lançando dúvidas sobre o assunto a ser estudado.

A problematização poderá ocorrer pelo menos em dois sentidos. Por um lado, o aluno já poderá ter noções sobre as questões colocadas, fruto da sua aprendizagem anterior na escola ou fora dela. [...] Por outro lado, a problematização poderá permitir que o aluno sinta necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, a situação ou questão se configura para ele como um problema a ser resolvido (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p.29).

É neste momento inicial no qual os alunos são questionados e instigados a expor suas opiniões e conhecimentos acerca da temática a ser estudada. Neste momento é importante que os questionamentos propostos tenham relações com os problemas sintetizados no Tema Gerador.

Quando o professor cria provocações, a intenção é despertar no aluno a dúvida acerca de sua própria resposta, fazendo com que este reconheça a necessidade de construir novos conhecimentos para responder tais questões problematizadoras (GEHLEN, MALDANER e DELIZOICOV, 2012). O ponto crucial deste momento é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de novos conhecimentos.

1.1.2. 2º Momento: Organização do Conhecimento

Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados na organização do conhecimento, é neste momento em que os conhecimentos científicos passam a ser incorporados nas

discussões (ALBUQUERQUE, SANTOS E FERREIRA, 2015, p. 467). Não são apenas os conceitos científicos que precisam ser destacados nesse momento (GEHLEN, 2009), mas também a forma metodológica com a qual o professor conduzirá seus alunos à compreensão desses conhecimentos.

Os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema central e da problematização inicial serão sistematicamente estudados neste momento, sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, serão agora aprofundadas (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p.29).

Delizoicov (1992) salienta que o conhecimento científico pode ser abordado por meio de diversas estratégias metodológicas selecionadas pelo professor e que irão se adequar as necessidades deste momento pedagógico, o autor ressalta ainda que tais estratégias de ensino servem para auxiliar o professor a trabalhar a conceituação científica, identificada como fundamental para uma compreensão dos conceitos envolvidos nas situações que estão sendo problematizadas.

Embora a função do problema nesta perspectiva possa assumir a mediação de 2ª ordem, isso não significa dizer que a abordagem deixa de ser temática para ser conceitual (GEHLEN, 2009). O problema em estudo, o qual está vinculado ao Tema Gerador, ainda continua sendo o objeto de conhecimento e os conceitos científicos são o fim e não o ponto de partida no processo didático pedagógico (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011).

1.1.3. 3º Momento: Aplicação do Conhecimento

Na aplicação do conhecimento, além do professor retomar as questões trabalhadas durante a Problematização Inicial, este necessita explorar os entendimentos dos estudantes, buscando a generalização da conceituação e dos problemas; propondo novas situações que não estejam necessariamente relacionadas ao problema inicial, mas que podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco, (2011), este momento

destina-se, sobretudo a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1992, p.31).

A meta pretendida nesse momento é muito mais que a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos na solução de problemas típicos do livro texto; o intuito é formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações

reais (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011, p. 202). Ou seja, o principal objetivo neste momento é a articulação dos conhecimentos científicos com as situações significativas envolvidas nos temas para melhor compreendê-las. Este é um bom momento para o professor revisar e formalizar conceitos que não foram aprofundados ou compreendidos pelos alunos no decorrer do trabalho.

É neste momento que é possível registrar os aprendizados do aluno por meio de trabalhos, atividades, e discussões acerca dos aspectos gerais relacionados ao conteúdo proposto no tema gerador; contudo tais atividades devem ser pensadas de modo a romper com os tradicionais exercícios de fixação e resolução de problemas fechados, visto que estes poucos estimulam reflexões críticas, restringindo-se, na maioria das vezes, a memorização e reprodução de conceitos, o que impossibilita a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

Neste sentido, os 3MP por originarem-se de uma transposição da concepção freireana para o contexto de educação formal e por estarem fundamentados na perspectiva da abordagem temática, podem contribuir para o diálogo entre professor e estudante, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes, problematizando e contextualizando situações com objetivo de ampliar os conhecimentos dos mesmos. Gehlen (2009) destaca ainda que ao se realizar o planejamento de sala de aula com base nos Momentos Pedagógicos é necessário ter a clareza de que não basta introduzir na Organização do Conhecimento à conceituação científica, mas também explicitar como, do ponto de vista metodológico, é possível trabalhar o conhecimento científico em sala de aula.

Há uma sintonia entre a Abordagem Temática e os documentos oficiais, principalmente no que diz respeito à organização e à contextualização dos conteúdos, à interação entre as diferentes disciplinas na definição de metodologias e estratégias de ensino. Nos PCN+ (2002) esta proposta se baseou na implementação de temas estruturadores no ensino e aprendizagem, de forma a desenvolver um aprendizado significativo pelos estudantes. Este ponto também é apresentado pela BNCC (2018) na forma de Unidades Temáticas, que “definem um arranjo dos objetos de conhecimento ao longo do Ensino adequado às especificidades dos diferentes componentes curriculares” (BNCC, 2018, p.19). Assim a reflexão acerca da utilização de temas no ensino de Física se faz evidente, dentre os quais se destacam tópicos relacionados à Educação Ambiental, Ciência e Tecnologia e Astronomia.

CAPÍTULO 2 - TEMA GERADOR: EVOLUÇÃO ESTELAR

Neste capítulo são apresentados os fundamentos para a escolha do tema gerador Evolução Estelar e a produção de energia em uma estrela. Também é feita uma breve apresentação do processo evolutivo de uma estrela, que se inicia com o seu nascimento no interior de uma nuvem interestelar e que culmina com a sua morte depois de milhões, bilhões ou até trilhões de anos.

2.1 EVOLUÇÃO ESTELAR: FUNDAMENTOS PARA ESCOLHA DO TEMA

Um dos principais temas em discussão na sociedade atual está relacionado à produção e consumo de energia. Este tema se destaca devido ao crescimento industrial³ e, também, devido à melhora no padrão de vida da sociedade, o que, obrigatoriamente, sempre está atrelado a um maior consumo de energia. A constatação dessa relação implica na importância dada à questão energética pelos países industrializados ou em desenvolvimento, pois na medida em que uma sociedade amplia seu conhecimento sobre fontes de energia, conquista um maior controle sobre a natureza e extrai dela recursos que possibilitam a melhora no padrão de vida.

Esta situação faz com que o homem esteja constantemente procurando novas formas mais eficazes de produzir energia e, entre elas, está a nuclear, que pode produzir energia por dois processos distintos: fissão nuclear e fusão nuclear. A fissão nuclear, e a produção de energia por este processo, já é dominada pela sociedade e tem sua eficácia comprovada desde a década de 1940. Por outro lado, apesar da produção de reações de fusão nuclear nos laboratórios de pesquisa, a produção de energia pelo processo da fusão nuclear, ao contrário, ainda não é dominada pelo homem. Ela, conforme estudos divulgados pelo meio científico, promete cumprir um sonho que parece ficção científica, a de produzir energia de forma limpa a partir da utilização de um combustível bastante abundante na Terra – o Hidrogênio.

Com o intuito de mostrar a importância do estudo da fusão nuclear optamos por, em primeiro lugar, procurar um tema que pudesse despertar nos alunos o interesse pelo tema e, como já destacado em diversos trabalhos, notícias, filmes e outras formas de divulgação, os

³ SIMABUKULO et al. Disponível em:

<<https://eletromemoria.fflch.usp.br/sites/eletromemoria.fflch.usp.br/files/03.pdf>>. Acesso em 10 de agosto de 2022.

temas de Astronomia/Astrofísica apresentam grande potencial para este fim, sendo que um dos que mais desperta a atenção dos estudantes é o nascimento, a vida e a morte das estrelas. A escolha deste tema gerador para o ensino da fusão nuclear é bastante justificável, haja vista que podemos dizer que a fusão nuclear é a base de nossas vidas, uma vez que a energia solar, produzida ao longo desta saga é indispensável para a manutenção da vida na Terra.

Deste modo este tópico de descrição é uma compilação de textos e livros que discutem este o tema de evolução estelar e o conteúdo de Fusão Nuclear, tais como as notas de aula do INPE (2019), a dissertação de mestrado de Renato da Silva Rosa Rodrigues (2016) e os livros de Física 4 de Halliday e Resnick (2012).

2.1.1. Nascimento das Estrelas

Estrelas são corpos celestes que possuem luz própria, sendo qualificadas como corpos luminosos. Sua luz provém de reações nucleares que ocorrem em seu interior, e são essas reações que estabelecem seus períodos de vida - nascimento, evolução e morte - modificando-as ao longo de sua existência. O nascimento das estrelas ocorre em regiões do universo chamadas Nuvens Moleculares - grandes nuvens de poeira e gás encontradas no espaço interestelar. Em geral, as nuvens moleculares estão em equilíbrio hidrostático, contudo, perturbações no meio interestelar – como queda de temperatura, ondas de choque, interação com estrelas, entre outros - podem ocasionar instabilidades na mesma. O nascimento de uma estrela se inicia então com uma alteração dentro de uma nuvem molecular, capaz de comprimi-la, aumentando sua densidade local. Em algumas regiões da nuvem a matéria se aglutina mais, formando condensações, que por sua vez irão colapsar, dando origem a uma proto-estrela - um objeto candidato, que se tornará uma estrela caso possua massa suficiente. Proto-estrelas não são estrelas ainda porque em seu interior não ocorrem reações nucleares (ORTIZ, 2014). Nem sempre o colapso de uma nuvem molecular gera uma estrela. Aglutinações de matéria com massas inferiores a 8% da massa do Sol, não atingem temperaturas suficientes para iniciar a fusão nuclear, dando origem a outros corpos celestes - anãs marrons, planetas, asteroides, etc. (RODRIGUES, 2016).

Quando a temperatura atinge alguns milhões de graus Celsius, os prótons atingem velocidades tão altas que são capazes vencer a repulsão elétrica, caindo sob o domínio das forças nucleares. Com a força nuclear em ação, os átomos são acelerados uns contra os outros, se fundindo.

2.1.2. A fonte de energia das estrelas: Fusão Nuclear

Uma questão recorrente nos séculos XIX e XX era sobre como as estrelas emitiam luz própria. Naquela época já eram conhecidos muitos processos físico-químicos exotérmicos, e o carvão era um dos principais combustíveis fósseis utilizados para a produção de energia térmica nas residências, contudo, ao simular o tempo de vida do Sol, caso seu combustível fosse o carvão vegetal, os cientistas perceberam que esse combustível se esgotaria em um período de apenas 10 mil anos, não condizente com a idade da Terra estimada pelos geólogos, indicando que o mecanismo responsável pela luminosidade das estrelas deveria ser de outra natureza.

Assim, os estudos da época se voltaram a investigar a fonte de energia das estrelas. O astrônomo inglês Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) foi o primeiro a sugerir a solução correta do problema, em meados de 1920. Ele conjecturou que uma intensa fonte de energia localizada no núcleo da estrela geraria a pressão que contrabalançaria a força da gravidade, estabilizando-a. Eddington propôs então que se quatro prótons se convertessem em um núcleo de hélio, a diferença de massa entre eles seria convertida em uma grande quantidade de energia⁴. Ele interpretou que a quantidade de hélio no Sol deveria ser crescente com o tempo, já que seria produto da fusão do hidrogênio, e calculou que a conversão seria suficiente para fazer o Sol brilhar por bilhões de anos (ORTIZ, 2014).

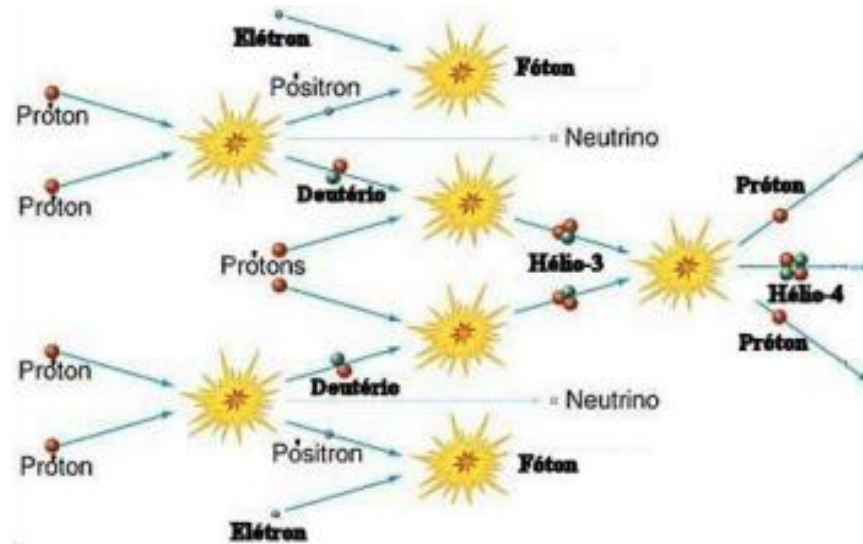
Contudo, nessa época as únicas partículas subatômicas conhecidas eram o próton e o elétron (nêutron só seria descoberto em 1932), de forma que essa proposta envolvia muita especulação. Foi somente em 1938 que Hans Albrecht Bethe desenvolveu uma teoria de como a fusão nuclear poderia produzir energia capaz de fazer as estrelas brilharem. Esta teoria foi publicada em seu artigo “A Produção de Energia nas Estrelas”, de 1939, e que lhe valeu o prêmio Nobel em 1967 (SARAIVA; FILHO; MULLER, 2010).

Hans Bethe mostrou, em detalhes, como quatro prótons poderiam ser unidos e transformados em um núcleo de hélio, liberando a energia que Eddington havia sugerido. A transmutação de hidrogênio, formando hélio, é processo principal de geração de energia em estrelas, mais conhecido como Ciclo próton-próton (p-p) (Figura 2.1). O ciclo p-p é uma

⁴ Em 1920 a equação de Einstein (Equação 1), que implica que a massa pode ser convertida em energia, já era conhecida: $E = mc^2$

sequência de reações de fusão nuclear em que quatro núcleos de hidrogênio se combinam e formam um núcleo de Hélio (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

Figura 2. 1: Representação do Ciclo p-p



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula19-132.pdf>. Acesso em: 19/05/2022.

É importante ressaltar que no início da vida de uma estrela, ela irá fundir elementos majoritariamente pelo ciclo p-p, contudo dado a sua evolução ela poderá fundir outros tipos de elementos. As cadeias próton-próton são as mais recorrentes em estrelas com temperaturas de aproximadamente 15×10^6 K. Estrelas mais massivas e com temperaturas mais elevadas ($T > 2 \times 10^7$ K) fundem elementos pelo ciclo CNO; já em estrelas onde há predomínio de Hélio e temperatura superior a 10^8 K a fusão nuclear ocorre pelo processo triplo- α (RODRIGUES, 2016).

2.1.3. A morte das estrelas

O processo evolutivo de uma estrela está intrinsecamente ligado a sua **massa** e aos processos de **Fusão Nuclear** que ocorrem em seu interior (grifo dos autores). A massa determina o tempo que uma estrela deverá permanecer na sequência principal⁵ e, conseqüentemente seu tempo total de vida. O tempo de vida de uma estrela é a razão entre a

⁵ A sequência principal (SP) é etapa mais longa da vida da estrela, quando ela está fundindo hidrogênio em hélio no núcleo e brilhando estavelmente, em equilíbrio hidrostático. Durante esse tempo as estrelas mantêm uma relação unívoca entre a luminosidade e a temperatura, determinada pela sua massa, formando uma faixa diagonal no diagrama HR, com as estrelas mais quentes (mais massivas), sendo as mais luminosas e as mais frias (as menos massivas) as menos luminosas (Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm> >. Notas sem publicação)

energia que esta tem disponível e a rapidez com que ela gasta essa energia⁶ - estrelas mais massivas queimam mais rapidamente seus estoques de hidrogênio em relação às menos massivas, passando muito menos tempo na sequência principal.

Com o fim do hidrogênio no núcleo, a estrela buscará por outro recurso energético para continuar existindo, assim ela começará a fundir outros elementos disponíveis em seu interior de modo a manter seu equilíbrio hidrostático. Para cada novo elemento químico processado, a queima será mais rápida e serão necessárias maiores temperaturas centrais. Quando não mais encontra recurso energético, a estrela morre. Dependendo da massa inicial, o que resta após a morte de uma estrela poderá ser: uma anã branca, uma estrela de nêutrons ou até mesmo um buraco negro.

Estima-se que quando cerca de 10% da massa total de hidrogênio (massa presente no núcleo) de uma estrela é transformada em hélio a pressão gerada não é mais o suficiente para manter o equilíbrio hidrostático, a partir daí a estrela passa a sofrer transformações estruturais e começa a sair da sequência principal (RODRIGUES, 2016). A saída da sequência principal marca o início dos estágios finais da evolução que culminam na morte das estrelas. O tempo de vida que resta a uma estrela depois que sai da sequência principal é pequeno se comparado ao tempo que esta já viveu. O destino final de uma estrela depende de sua massa - e também se a estrela é solitária, binária ou faz parte de um sistema múltiplo⁷.

Estrelas com massas muito pequenas, entre $0,08 M_{\text{Sol}}$ e $0,45 M_{\text{Sol}}$, realizam a fusão do hidrogênio em hélio, possuindo temperaturas superficiais relativamente baixas. Essas estrelas permanecem por centenas de bilhões de anos queimando hidrogênio, de tal maneira que a idade do universo não é suficiente para que elas tenham evoluído além da sequência principal (RODRIGUES, 2016). Quando a fonte de hidrogênio no núcleo se esgota, a temperatura central dessas estrelas não é suficiente para iniciar a fusão do hélio, assim, devido à contração gravitacional essas estrelas aumentam sua temperatura e luminosidade se expandindo em uma gigante vermelha⁸ antes de morrerem como anãs brancas⁹ com núcleo de hélio.

⁶ RIFEEL, R.A. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/rogemar/fsc1057/aulas/aula_estrelas.pdf>. Acesso em 24 de maio de 2022.

⁷ Tendo em vista que o trabalho foi realizado com uma turma de introdução aos Conceitos de Astronomia, não havendo a necessidade de um maior aprofundamento da temática, abordaremos apenas a evolução de estrelas solitárias.

⁸ Gigante Vermelha: é uma estrela que chegou ao fim de seu estágio de sequência principal. O palco gigante vermelho é o primeiro estágio do fim da vida da estrela. O nome vem do fato de serem maiores que uma estrela da sequência principal e emitirem um brilho avermelhado. (Disponível em: <<https://www.storyboardthat.com/pt/space-words/gigante-vermelho>>. Acesso em 30 de maio 2022).

Quando o hidrogênio do núcleo se esgota em uma estrela com massa compreendida entre $0,45 M_{\text{Sol}}$ e $8 M_{\text{Sol}}$ inicia-se a fusão de hidrogênio em uma camada acima do núcleo de hélio, gerando uma pressão tal que faz com que as camadas externas se expandam. A expansão destas camadas causa um abaixamento da temperatura superficial e a estrela se torna uma gigante vermelha (HETEM et al, 2010). Durante a fase de gigante vermelha essas estrelas continuam a contrair seu caroço central até que sua temperatura seja alta o suficiente para iniciar a queima do hélio em carbono. A ignição do hélio ocorre repentinamente e é chamado *flash* do hélio. Após o flash do hélio o caroço central se expande e a luminosidade da estrela diminui até se estabilizar (INPE, 2019).

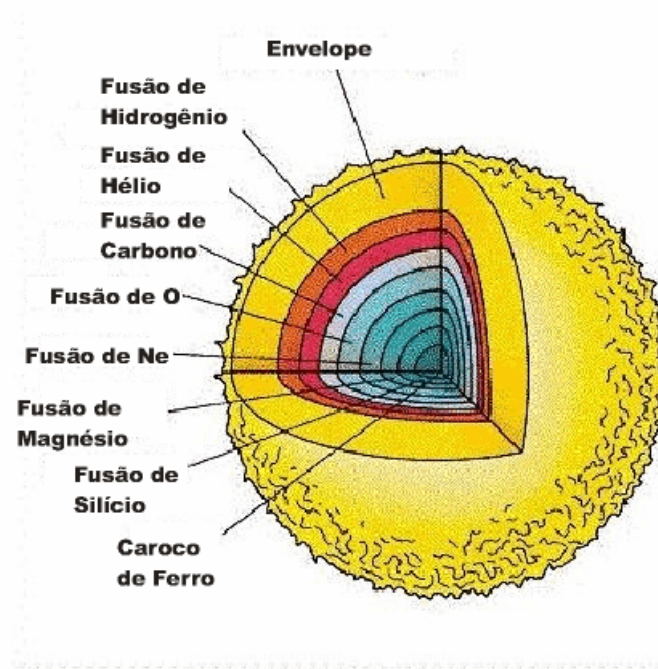
As camadas acima no núcleo (agora em equilíbrio mecânico) continuam a processar hélio em carbono e hidrogênio em hélio liberando energia suficiente para expulsar as camadas mais externas da estrela, quando a atração gravitacional se torna menor devido ao crescimento do raio estelar. A estrela então se divide em duas partes: um caroço central superaquecido composto principalmente de carbono e uma região de gás mais frio em volta do caroço. O gás ejetado será ionizado pela radiação emitida pelo caroço central e emitirá luz. Quando observadas, essas camadas de gás com um caroço central apresentam o aspecto de discos parecidos com planetas e por isso são conhecidas como nebulosas planetárias (RODRIGUES, 2016), sendo este o fim da vida destas estrelas.

Estrelas com massas maiores que $8 M_{\text{Sol}}$ têm uma morte espetacular. Depois que saem da sequência principal e se tornam supergigantes vermelhas¹⁰, elas atingem temperaturas suficientes para realizar não só a fusão do hélio em carbono, mas também a fusão do carbono em oxigênio e assim sucessivamente até produzir ferro no núcleo. Na luta da estrela contra a atração gravitacional, os elementos químicos vão sendo queimados em camadas concêntricas até que o núcleo comece a ser preenchido por ferro (HETEM et al, 2010) (Figura 2.2).

⁹ Anã Branca: No final da vida de uma estrela, quando as camadas exteriores foram ejetadas, tudo o que resta é o núcleo. Uma anã branca é um núcleo quente e denso de uma estrela morta, o que significa que não há reações de fusão nuclear ocorrendo. A luminosidade das anãs brancas vem da energia térmica que ela emite. (Disponível em: < <https://www.storyboardthat.com/pt/space-words/an%C3%A3-branca> >. Acesso em 30 de maio 2022).

¹⁰ Supergigante vermelha: uma estrela gigante que consumiu todo o seu hidrogênio e agora está fundindo elementos mais pesados. (Disponível em: < <https://pt.estudando.com/supergigante-vermelha-definicao-fatos-e-ciclo-de-vida/> >. Acesso em 30 de maio de 2022).

Figura 2. 2: Ilustração da fase supergigante vermelha



Fonte: <https://brazilastronomy.wordpress.com/gigantes-e-supergigantes-vermelhas/>. Acesso em 09/04/2023.

A fusão do ferro não é energeticamente favorável, pois requer mais energia para acontecer do que a energia que libera (processo endotérmico). De modo que sem produzir energia, a pressão no núcleo de ferro diminui tornando-se insuficiente para conter o colapso gravitacional. Em reação à extrema compressão o núcleo estelar se expande violentamente em uma supernova - uma gigantesca explosão que libera uma enorme quantidade de energia, fazendo a estrela cintilar um brilho equivalente ao de uma galáxia inteira, por um curto período de tempo - este evento marca o fim de uma estrela com massa maior que $8 M_{\text{Sol}}$. Na explosão de uma supernova, a maior parte da massa da estrela é ejetada no meio interestelar formando um remanescente com um aspecto similar a uma nebulosa planetária. O caroço colapsado, desvestido do seu manto explodido, emerge agora como uma estrela de nêutrons¹¹ girando rapidamente (INPE, 2019, p.220).

Estrelas com massa maiores a $25 M_{\text{Sol}}$, passam pela fase de Wolf-Rayet, em que possuem brilho variável e um envoltório de poeira ejetado devido à forte pressão de radiação. Para essas estrelas, o caroço que resta da explosão de supernova é tão massivo que nem mesmo a pressão de degenerescência de nêutrons pode conter o seu colapso. Ele implode formando um corpo de densidade tão elevada que a aceleração da gravidade local não permite

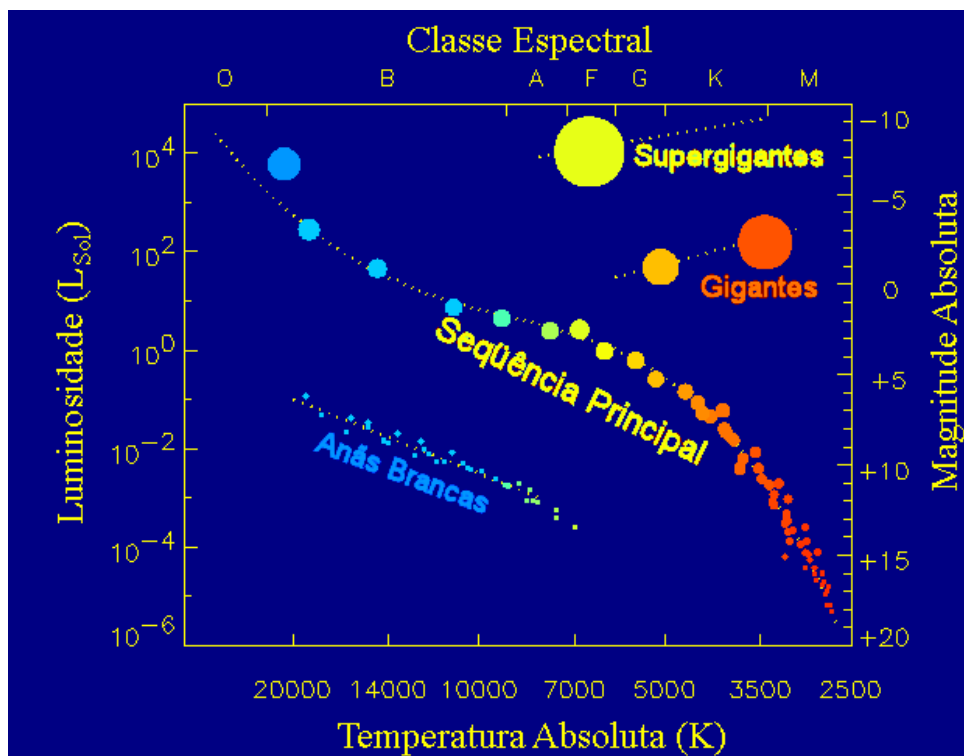
¹¹ Estrela de nêutrons: são estrelas formadas quase que exclusivamente por nêutrons. Isso acontece porque o núcleo que resulta da morte de uma estrela é extremamente massivo, sua gravidade compacta-o cada vez mais, fazendo com que prótons e elétrons fundam-se em nêutrons (Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-uma-estrela-de-neutrons.htm> >. Acesso em 30 de maio de 2022).

que nem mesmo a luz escape de dentro dele. Esse corpo é denominado buraco negro. O buraco negro é a morte definitiva de uma estrela supermassiva (OLIVEIRA e SARAIVA, 2004).

2.1.4. O Diagrama HR: Uma forma de estruturar a temática

Em 1905 os astrônomos Ejnar Hertzsprung (1873- 1967) e Henry Norris Russel (1877- 1957), independentemente, desenvolveram uma técnica para graficar a magnitude absoluta de uma estrela em função do seu tipo espectral ou a temperatura de uma estrela em função de sua luminosidade, e esse gráfico ficou conhecido como Diagrama HR (Figura 2.3). O diagrama HR de um conjunto de estrelas, é em geral representado por um gráfico de luminosidade (no eixo das ordenadas) contra temperatura (no eixo das abcissas) destas estrelas, ele revela a correlação entre estas grandezas, sendo bastante útil para o estudo da evolução estelar (RODRIGUES, 2016).

Figura 2. 3: Diagrama HR



Fonte: <https://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/hrdiag.html>. Acesso em: 18/10/2021.

As estrelas iniciam sua evolução na Sequência Principal, tornam-se gigantes ou supergigantes e se extinguem como anãs brancas ou, em casos mais raros, de forma explosiva e peculiar (como estrelas de nêutrons e buracos negros, que não podem ser graficados no diagrama HR).

A utilidade do diagrama HR está relacionada com a forma com que os pontos se distribuem por ele – o acúmulo desses pontos em determinadas regiões do diagrama possibilita uma classificação das estrelas em diferentes grupos que por sua vez representam estágios da evolução estelar¹². Da Figura 2.3 podemos notar que existe uma faixa central no diagrama na qual a maioria das estrelas se localiza, essa faixa é denominada Sequência Principal (SP) e tem como característica a geração de energia pela fusão de átomos de hidrogênio em hélio em seu núcleo. O parâmetro que determina a localização de uma estrela no diagrama HR é a sua massa. Estrelas mais massivas estão localizadas na parte superior direita da sequência principal e são mais luminosas, sendo chamadas supergigantes ou gigantes, estas estrelas fundem elementos mais pesados que o Hidrogênio. Já estrelas menos massivas e menos luminosas estão localizadas na parte inferior esquerda da sequência principal e não possuem atividade termonuclear, sendo denominadas anãs brancas.

¹² Frisando que todo processo evolutivo de uma estrela está intrinsicamente ligado aos processos de obtenção de energia desta, através da Fusão Nuclear.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Neste capítulo apresentaremos o caminho metodológico que possibilitou o desenvolvimento desta investigação. Inicialmente, apresentaremos a caracterização da pesquisa, definida como qualitativa e em seguida serão expostos os instrumentos que possibilitaram a coleta de dados para análise.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa realizada configura-se como uma pesquisa qualitativa, uma vez que esta não “[...] se preocupa com a representatividade numérica, mas sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social” (GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p.31). Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados obtidos com a pesquisa; de modo que é a metodologia que norteia o conhecimento científico e o pesquisador é quem elege estratégias, métodos e técnicas que possibilitam uma reflexão crítica acerca do trabalho desenvolvido (MARANDINO et al, 2009).

Outra característica da pesquisa qualitativa é que ela possibilita ao pesquisador analisar seus dados durante todo decorrer do processo, de modo que este não se concentra apenas nos resultados obtidos, mas também na evolução dos sujeitos da pesquisa enquanto esta é realizada. Assim o investigador desenvolve conceitos, princípios e argumentos por meio de uma análise mais profunda das informações angariadas (RENEKER, 1993, s/p).

Quanto à coleta de dados, a pesquisa qualitativa possibilita que o pesquisador selecione diversos instrumentos de coleta de dados que possibilitam uma compreensão mais abrangente do fenômeno estudado. Deste modo, neste trabalho foram utilizados como instrumentos de coleta de dados: questionários, gravações de aulas em áudio, diário de bordo, Sequência Didática e atividades desenvolvidas para utilização durante a Sequência Didática.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O questionário é um instrumento de coleta de dados que visa obter as opiniões, sobre um determinado assunto dos sujeitos da pesquisa (MARKONI e LAKATOS, 1992). É importante destacar que há três tipos de questionário: os que possuem questões abertas, questões fechadas e questões mistas. As questões abertas possibilitam ao(s) sujeito(s) da pesquisa expor suas opiniões, por meio de respostas escritas; já as questões fechadas disponibilizam opções de repostas, as quais o sujeito da pesquisa seleciona as que mais se

assemelham a sua opinião; e as questões mistas unem questões fechadas às questões abertas (RICHARDSON, 1985). Deste modo, foram elaborados dois questionários diagnósticos mistos voltados aos alunos sujeitos da pesquisa; os quais buscaram identificar os conhecimentos dos alunos acerca da temática antes da aplicação da Sequência Didática e após a aplicação da Sequência Didática.

Outra ferramenta utilizada neste trabalho foi o diário de bordo, no qual a pesquisadora anotou observações e reflexões acerca das atividades e aulas que foram ministradas durante a pesquisa. O diário de bordo é uma importante ferramenta de pesquisa, pois segundo Moura (2006)

através do Diário de Bordo é possível levar em consideração as particularidades dos jovens estudantes em formação. O conteúdo que o professor apresenta é o mesmo para todos os estudantes, respeitando-se a grade curricular da disciplina. Entretanto o impacto deste sobre os alunos têm a ver com as suas diferenças constitucionais e seus conhecimentos prévios a respeito dos temas (MOURA, 2006, s/p).

Deste modo, entende-se que o diário de bordo pôde auxiliar a pesquisadora no diagnóstico das dificuldades e percepções individuais dos alunos sujeitos da pesquisa, bem como na recordação de certos acontecimentos durante o desenvolvimento do trabalho. Para que aspectos relevantes não fossem perdidos ou esquecidos nas anotações do diário de bordo, optou-se também gravação das aulas, pois “quando as aulas observadas também são registradas em vídeo ou áudio, alguns de seus aspectos são revistos e reinterpretados pelo pesquisador mesmo depois de deixado o contexto de campo” (CARDOSO e PENIN, 2009, p.124); o que garante que informações não registradas no diário de bordo sejam recuperadas posteriormente.

Por fim, para estruturação das aulas e atividades elaborou-se uma Sequência Didática “[...] um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um tema ou conteúdo” (DOLZ, NOVERRAZ e SCHNEUWLY, 2004) cujo objetivo é ajudar o estudante a dominar um conteúdo, possibilitando-lhe escrever e/ou falar de uma maneira apropriada sobre aquele tema em uma situação de comunicação. No Quadro 3.1 é apresentada a estrutura da Sequência Didática utilizada e no apêndice A é apresentado um guia didático, no qual todas as aulas da Sequência Didática são descritas.

Quadro 3. 1: Planejamento da Sequência Didática (Aulas duplas de 50 minutos cada)

Semana	Quinta	Sexta	EAD	Momentos Pedagógicos
1º	Aula 01 Contextualização/Apresentação Questionário: Pré Sequência Didática	Aula 02 Nascimento das estrelas Atividade 01	Leitura 01: Fonte de Energia das Estrelas (https://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula19-132.pdf)	1º Momento – Problematização Inicial
2º	Aula 03 Fusão Nuclear	Aula 04 Fusão Nuclear continuação Atividade 02	Leitura 02: Formação e Evolução das Estrelas (https://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula20-132.pdf)	2º Momento – Organização do Conhecimento
3º	Aula 05 Evolução Estelar	Aula 06 Evolução Estelar – Diagrama HR Atividade 03	Leitura 03: Diagrama HR (https://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula18-132.pdf)	
4º	Aula 07 Construção do Diagrama HR	Aula 08: Aplicação do Conhecimento/ Questionário pós Sequência Didática	–	3º Momento – Aplicação do Conhecimento

Fonte: Elaborada pelos autores da pesquisa.

A Sequência Didática foi aplicada com 11 alunos ingressantes do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Esta escolha foi realizada pois os professores da rede pública se opuseram a aceitar a realização do trabalho em uma escola de ensino regular, devido à pouca quantidade de aulas da disciplina de Física e a necessidade de cumprimento do currículo referência; assim a disciplina Conceitos de Astronomia (AST 001) viabilizou a aplicação da Sequência Didática. A disciplina em questão possui duas aulas duplas presenciais semanais e uma aula dupla em formato EAD, possuindo uma carga horária total de 96 horas, sendo os conteúdos discutidos na disciplina: Sol - Terra - Lua - Sistema Solar - Esfera celeste - Evolução estelar - Cosmologia. A Sequência Didática foi desenvolvida no tópico Evolução Estelar e foi o último conteúdo abordado na disciplina; tendo sido utilizadas 16 aulas de 50 minutos cada para o desenvolvimento da pesquisa.

Neste trabalho serão analisados apenas os questionários de 7 alunos, tendo em vista que somente esses alunos assinaram o TCLE, participaram de quase todas as aulas e responderam ao questionário pós-sequência didática. Na realização da análise, optamos por identificar os 7 alunos que responderam os dois questionários aplicados pela letra A seguida de um número, variando de 1 a 7, isso é, A1, A2, A3, A4, ..., A7.

Foram aplicados questionários antes e depois da realização da SD, com o intuito de verificar a potencialização do ensino de Astronomia através desta Sequência Didática. O pré-teste (Apêndice B) e o pós-teste (Apêndice C) foram elaborados de forma muito parecidas, compostos por questões abertas e fechadas, onde os alunos respondiam de acordo com o seu aprendizado e suas concepções. O que favoreceu uma comparação entre os conhecimentos pré e pós desenvolvimento da Sequência Didática.

Os dados foram analisados a partir das respostas dos questionários aplicados aos alunos sujeitos da pesquisa e atividades realizadas pelos mesmos; de modo que foram elaboradas categorias e agrupamentos que atenderam aos objetivos da pesquisa. No próximo tópico apresentaremos a análise dos questionários realizados pelos alunos antes e após a aplicação da SD.

As atividades da SD estão apresentadas nos Apêndices. Cada uma delas foi designada como módulo, isto é, durante as aulas de aplicação do conhecimento foram aplicados módulos de 50 minutos cada, correspondentes às aulas da SD (Quadro 3.1). A primeira atividade avaliativa foi a utilização de um esquema (Apêndice A) para que os alunos colocassem em sequência as diferentes etapas do processo de formação de uma estrela. Inicialmente foram formados equipes de dois alunos e cada aluno da equipe deveria preencher o esquema colocando em ordem as etapas de formação de uma estrela. Em seguida, a equipe discutia as suas respostas e apresentavam o resultado para a turma, que então debatia os resultados e corrigia os erros cometidos. Esta atividade correspondeu ao 3º momento pedagógico da discussão do tema formação estelar.

A atividade avaliativa relacionada ao tema evolução estelar consistiu em debater as diferentes etapas da “vida de uma estrela”. Cada grupo, formado por 3 estudantes, teve que apresentar um seminário sobre a evolução de uma estrela em função da massa.

O tema fusão nuclear foi contemplado com duas atividades, ambas relacionadas ao cálculo da energia envolvida no processo de fusão nuclear. Foi discutido o conceito de energia de ligação dos núcleons (prótons e nêutrons) no núcleo atômico e como calcular a energia liberada em uma reação nuclear. Como exercício, eles calcularam a energia liberada na fusão

de quatro hidrogênios em hélio (processo de produção de energia das estrelas que se encontram na sequência principal). A última atividade relacionada a este tema foi o cálculo da vida de uma estrela em função de sua massa.

Por fim, foi realizada uma atividade avaliativa para a construção do diagrama HR. A autora do trabalho desenvolveu um software que teve objetivo construir o diagrama HR. Cada estudante pode construir o seu diagrama e verificar a importância dele para o estudo da evolução estelar e da fusão nuclear.

Essas atividades não foram analisadas neste trabalho.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentada a análise dos dados obtidos com a aplicação da Sequência Didática. Analisaremos os dados obtidos separando-os em duas frentes: a primeira relativa ao questionário pré SD, que levará em conta identificação/formação inicial dos alunos e quais conhecimentos em relação temática estes possuíam antes da aplicação da SD. Já na segunda frente analisaremos os resultados do questionário aplicado após a SD com intuito de verificar se com a aplicação da SD a aprendizagem foi efetiva para os alunos envolvidos na pesquisa.

4.1- O QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O questionário pré SD foi aplicado a 11 alunos, contudo, apenas 7 participaram de todas as atividades e assinaram o termo de consentimento. Na realização da análise optamos por identificar os 7 alunos pela letra A seguida de um número, variando de 1 a 7, isso é, A1, A2, A3, A4, ..., A7.

As questões utilizadas no questionário pré-sequência didática foram divididas em três frentes de análise: Seção A – Identificação dos Alunos, Seção B – Formação e Seção C – Sobre o tema a ser estudado. Os dados desse questionário serviram para informar e apresentar o “perfil” do aluno ingressante no curso de Licenciatura em Física, assim como quais conhecimentos em relação temática a ser estudada estes possuíam antes da aplicação da SD.

4.1.1 Seção A - Identificação dos Estudantes

Neste tópico apresentaremos a análise das questões relacionadas à identificação dos alunos público-alvo da pesquisa e para isso utilizaremos os dados obtidos da Seção A do questionário pré-sequência didática (Apêndice A), que contava com um quadro de identificação dos participantes da pesquisa (Quadro 4.2). O quadro de identificação dos alunos consistia no nome desses alunos, ano de conclusão do Ensino Médio, tipo de escola de conclusão do ensino médio e uma questão relativa à motivação destes pela graduação em Licenciatura em Física.

Quadro 4. 2: Seção A - Identificação dos Alunos

Nome:	
Ano de Conclusão do Ensino Médio:	
Concluiu o Ensino Médio em:	() Escola Pública () Escola Privada () Escola privada com bolsa
O que te levou a optar pelo curso de FLI?	

Fonte: Elaborado pelos Autores

O primeiro item do Quadro 4.1 está relacionado ao ano de formação dos alunos e, como pode ser verificado, a partir do Gráfico 4.1, a grande maioria dos alunos formaram-se entre os anos de 2017 e 2021.

Gráfico 4. 1: Anos de Conclusão do Ensino Médio

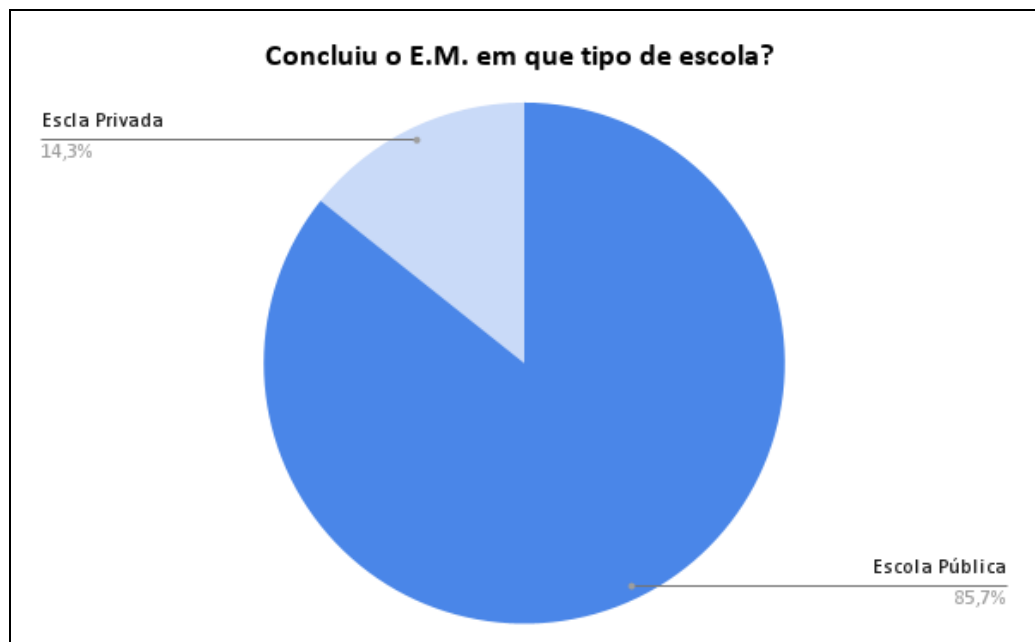
Fonte: Dados da Pesquisa

Iniciar uma graduação pode abrir muitas portas e, conseqüentemente, mudar a história de uma pessoa. O momento de tomar essa decisão é importante e costuma envolver algumas dúvidas, principalmente para quem ainda não tem em mente qual caminho deseja seguir. Segundo Gomes e Malacarne (2009), os alunos se sentem um pouco ‘perdidos’ com as várias informações que chegam até eles sobre cursos de graduação, demorando, em alguns casos, a optar por um. Além deste aspecto, as condições financeiras, a falta de amadurecimento por parte dos alunos, as dificuldades em relação aos exames de admissão para universidades, a baixa autoestima em relação ao desempenho no E.M. e a falta de conhecimentos das políticas públicas voltadas para o ingresso no ensino superior também são responsáveis pela demora em ingressar no ensino superior, sobretudo dos alunos oriundos de

famílias com baixa condições financeiras; o que justificaria essa gama ampla de anos de conclusão do E.M. dos alunos ingressantes do curso de FLI.

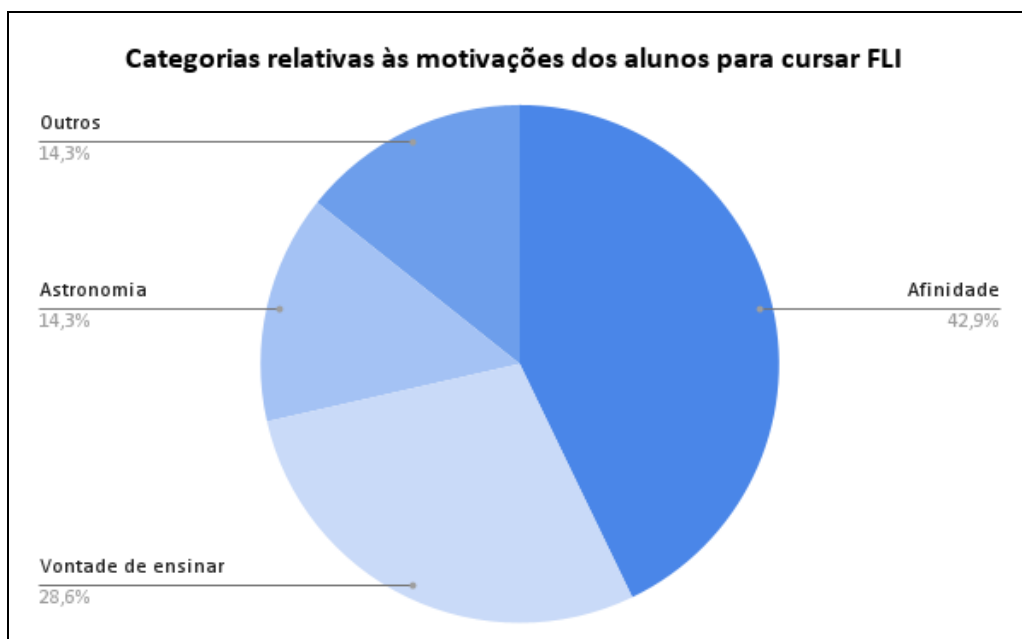
Nesse sentido, há também no Quadro 4.1 um tópico relativo ao tipo de escola na qual esses alunos concluíram o E.M. As respostas obtidas mostram que 85,7% dos estudantes são oriundos de escolas públicas, que entraram na universidade por meio de cotas (Gráfico 4.2); resultado que também já foi apontado em diversos trabalhos, como, por exemplo, em Gobara e Garcia (2007), Santos e Arroio (2019), Medeiros; Roseira e Pontes (2020), entre outros.

Gráfico 4. 2: Tipo de Escola de Conclusão do E.M.



Fonte: Dados da Pesquisa

Já o terceiro tópico do quadro de identificação dos alunos é relativo às motivações dos alunos a cursarem Física Licenciatura (FLI) e as respostas foram as mais diversas, tendo sido divididas em categorias que estão apresentadas no Gráfico 4.3.

Gráfico 4. 3: Categorias relativas às motivações dos alunos para cursar FLI.

Fonte: Dados da pesquisa

Dentre as repostas dos alunos observa-se que 43% destes optaram por cursar FLI por afinidade com a disciplina de Física; o que fica destacado nas falas de A1, A5 e A7 na Tabela 4.1.

Tabela 4. 1: Respostas dos alunos ao terceiro tópico do quadro de identificação.

Aluno	Resposta
A1	Não sabia o que fazer e era a matéria que eu mais gostava.
A2	Quero ensinar nas escolas o que geralmente não ensinam.
A3	A curiosidade, vinculada ao gosto e prazer em falar em público.
A4	Faço FBA e peguei a matéria como optativa.
A5	Sempre foi minha matéria preferida.
A6	Astronomia.
A7	Gostar de Física e me interessar pela área.

Fonte: Dados da Pesquisa. O grifo é do autor apenas para destacar as falas dos alunos que optaram por FLI por afinidade com a disciplina de Física.

Tais falas indicam que o momento de escolher um curso superior pode despertar confusão e insegurança nos alunos, levando estes a escolher uma faculdade que aborde os temas da sua disciplina favorita no período do E.M. Feitosa (2013), destaca ainda que a escolha da Física reside no fato de esta ser a disciplina que mais desperta o interesse e a

curiosidade dos alunos; sendo a mais atraente e que o aluno mais gosta de estudar, ficando quase evidente que os alunos que optam por cursar FLI gostam da disciplina de Física em seu no E.M.

São poucos os alunos que optaram pelo curso por quesitos relacionados aos objetivos do curso (29%), o que fica destacado nas falas de A2 e A3. O aluno A2 optou por Física Licenciatura pois “*gostaria de ensinar nas escolas o que geralmente não se ensina*”, já o aluno A3 justifica sua escolha por “*gosto e prazer em falar em público*”. Apesar de pouco citada (14,3%), a Astronomia esteve presente entre as respostas apresentadas pelos estudantes. Como já citado, o estudo de temas astronômicos desperta o fascínio e o interesse junto a variados tipos de públicos e poderia justificar a escolha do curso de FLI. Já A4 cursa outro curso na UNIFEI e optou pela disciplina como optativa.

O quadro de identificação dos alunos permitiu identificar o perfil do estudante que está cursando FLI. Estes são em sua maioria estudantes que ao saírem do Ensino Médio optaram pelo curso por possuir afinidade com a disciplina de Física; alguns, porém possuem objetivos e opiniões bem definidas acerca do curso.

4.1.2 Seção B - Formação

A seção B do questionário pré-sequência didática é composta por três questões abertas acerca de aspectos da Astronomia no Ensino Básico desses alunos. Dessa forma a primeira questão consiste em: “Quais assuntos de Astronomia foram abordados em seu Ensino Médio”? Na análise desses dados foi utilizado o agrupamento das respostas através de assuntos, dentro de duas categorias apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4. 2: Categorias de assuntos abordados no ensino básico dos alunos.

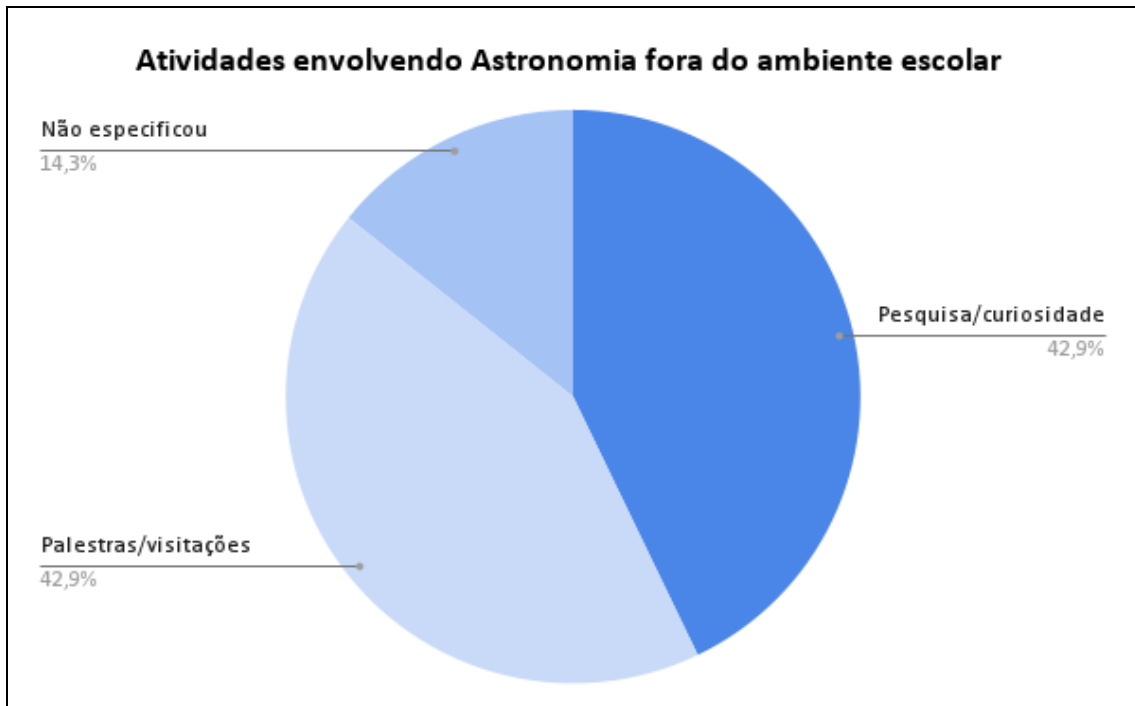
Categoria	Assunto
Sistema solar	Planetas, eclipse, luz, sistema solar
Universo	Origem do Universo; Teoria do Big Bang.

Fonte: Dados da Pesquisa

Da Tabela 4.1 podemos inferir que os assuntos abordados no ensino básico relacionados à Astronomia, segundo os alunos, foram o Sistema Solar e Universo; dentre os quais se destacam tópicos relacionados à origem do universo (Big Bang), planetas e eclipses. Este resultado está de acordo com os apresentados por Langhi e Nardi (2010), revelando que estes são os principais tópicos trabalhados nacionalmente em relação à Astronomia.

Já a segunda questão do questionário foi voltada as atividades extraclasse realizadas pelos alunos e associadas à Astronomia. As respostas fornecidas estão apresentadas no Gráfico 4.4.

Gráfico 4. 4: Atividades envolvendo Astronomia fora do ambiente escolar



Fonte: Dados da Pesquisa

Pode-se perceber uma divisão no que se refere a esta questão. Alguns alunos demonstraram interesse pela Astronomia e buscaram informações por meio de pesquisas e curiosidade; um resultado que já era esperado, considerando que a Astronomia “destaca-se entre as áreas da Física por despertar o interesse e a curiosidade de muitas pessoas, de qualquer faixa etária, estudantes ou não” (CARVALHO et al., 2016, p.215). Por outro lado, a outra parcela da turma teve contato com a Astronomia por meio de palestras e visitas a centro de ciências, um contato justificado uma vez que esses espaços não formais de aprendizagem ajudam a estimular a curiosidade dos visitantes e acabam por colaborar com a escola, estimulando o aprendizado (VIEIRA et.al., 2005) e a região onde foi desenvolvida a pesquisa conta com um centro de ciências aberto à visitaçao de alunos do ensino básico e está próxima ao Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), que oferece visitas anuais a suas instalações.

A última questão desta seção do questionário foi referente à quais disciplinas do Ensino Básico abordaram temas de Astronomia e 24,6% dos alunos (Gráfico 4.5) afirmaram que tiveram contato com tais conceitos nas disciplinas de Geografia ou Física, como esperado,

afinal, os conteúdos de Astronomia integraram as disciplinas de Ciências e Geografia no Ensino Fundamental e Física no Ensino Médio. Contudo, uma grande parcela (42,9%) afirmou que não teve nenhum contato com esses conceitos, um dado alarmante, uma vez que tanto os PCNs (BRASIL, 2000) quanto a BNCC (BRASIL, 2018) destacam que os temas relacionados à Astronomia devem ser abordados de modo multidisciplinar ao longo do currículo. Na BNCC (Brasil, 2018), a astronomia consolidou-se ainda mais, sendo agora colocada dentro de um dos eixos temáticos a serem trabalhados em todas as séries da Educação Básica, aparecendo, desde o 1º ano do Ensino Fundamental.

Gráfico 4. 5: Disciplinas que abordam conceitos de Astronomia



Fonte: Dados da Pesquisa

Essas questões permitiram identificar o perfil do estudante que está cursando Física Licenciatura em relação aos aspectos de Astronomia abordados no ensino básico. Pode-se perceber que, devido ao interesse no assunto, esses buscam atividades fora do ambiente escolar para se aprofundar na temática. Observou-se ainda que os conteúdos trabalhados no ensino básico são os tradicionais – Sistema Solar e Origem do Universo (Big Bang), sendo abordados basicamente nas disciplinas de Física ou Geografia.

4.1.3 Seção C - Sobre o tema a ser estudado

Nesta etapa do trabalho será apresentada a análise das respostas fornecidas pelos estudantes para as questões da parte C do questionário pré-SD, que abordaram aspectos sobre

conteúdos relacionados ao tema Evolução Estelar e fusão nuclear que seriam desenvolvidos ao longo da SD, de modo a identificar que conhecimentos os alunos possuíam acerca da temática antes da aplicação da SD.

QUESTÃO 01: Para você, o que é uma estrela?

Esta questão teve como objetivo identificar se os estudantes possuíam conhecimentos prévios sobre a natureza das estrelas, na Tabela 4.3 são apresentadas as respostas dadas por eles.

Tabela 4. 3: Respostas dos alunos à 1ª questão do questionário pré-sequência didática

Aluno	Resposta
A1	Um corpo rochoso que emite luz por causa do calor em seu núcleo.
A2	É uma superfície rochosa que as poeiras da galáxia que desprendem dos planetas e começa a se formar uma estrela.
A3	Um corpo celeste sofrendo várias interações químicas e físicas.
A4	Uma massa de gases no espaço, porém vindo da Terra uma esfera de luz no céu.
A5	Um núcleo de energia.
A6	Objeto de grande massa composto por gases, principalmente Hidrogênio que devido à pressão entrou em fusão .
A7	Estrelas são objetos celestes que fazem fusão nuclear em seu interior.

Fonte: Dados da Pesquisa. O grifo é do autor apenas para destacar nas falas dos alunos o termo Fusão.

Dos 7 alunos participantes, dois alunos (A1, A2) forneceram definições bem aquém da definição esperada, quando argumentaram que estrelas são corpos rochosos. Verificando as questões de formação desses alunos percebeu-se que estes não tiveram conteúdos relacionados à temática Astronomia em seu Ensino Médio, o que pode justificar essa confusão - fato preocupante, pois se espera que o aluno em algum momento de sua formação tenha contato com esse tema. Os alunos A3, A4 e A5 afirmaram que estrelas são esferas de gases que realizam algum tipo de processo físico em seu interior, demonstrando que possuem conhecimento acerca da constituição das estrelas, mesmo que se afastem de uma definição formal. Já os alunos A6 e A7 foram os que mais se aproximaram de uma resposta completa acerca da natureza das estrelas, na fala desses alunos percebe-se que eles entendem que estrelas são corpos celestes que realizam algum tipo de processo físico em seu interior, associando de certa forma o termo Fusão Nuclear à concepção de uma estrela, contudo ainda falta uma maior argumentação científica nas respostas destes.

Com as respostas obtidas nessa questão percebe-se que alguns estudantes apresentam um vocabulário relacionado à Astronomia, ainda que seus significados estejam confusos.

QUESTÃO 02: O Sol é a estrela que fornece energia para que a vida exista na Terra. Com base no que você conhece como ocorre o processo de produção de energia em uma estrela?

Nesta questão o objetivo foi investigar se os alunos conheciam o processo fundamental de produção de energia em uma estrela, a Fusão Nuclear e, ao examinar os dados, observou-se que 4 alunos associaram corretamente a Fusão Nuclear ao processo de produção de energia na estrela, esse é um resultado surpreendente, uma vez que segundo Bailey (2008) os alunos possuem dificuldades de associar a Fusão Nuclear ao processo de produção de energia em uma estrela e ao seu ciclo evolutivo. Tal resultado pode estar relacionado também ao curso que os alunos estão cursando, podendo estes ter tido contato com temática em questão em outra disciplina da graduação. Na Tabela 4.4 são apresentadas as respostas fornecidas para esta questão.

Tabela 4. 4: Respostas dos alunos à 2ª questão do questionário pré-sequência didática

Aluno	Resposta
A1	São reações químicas que ocorrem em seu núcleo.
A2	Acho que quando chega a certo ponto ela entra em combustão e solta gases fazendo uma produção de energia.
A3	Através do processo de fusão.
A4	Processo de energia por fusão nuclear.
A5	A partir da queima de gases.
A6	Fusão do Hidrogênio que converte em Hélio.
A7	Por meio do processo de fusão nuclear que ocorre no núcleo da estrela.

Fonte: Dados da Pesquisa

Dos demais alunos, A1 citou que esse processo está relacionado às “reações químicas que ocorrem em seu núcleo”, raciocínio não completamente equivocado, uma vez que é comum a confusão dos alunos em relação aos conceitos de reação química e reação física; e os alunos A2 e A5 conseguem relacionar que em um devido estágio inicia-se o processo de produção de energia por meio da queima de gases, mas não conseguem definir corretamente

que processo é esse, indicativo de que este conceito precisa ser melhor trabalhado para auxiliar numa melhor compreensão dos alunos da temática em questão.

QUESTÃO 03: Buraco negro, supernova, anãs brancas e gigantes vermelhas são os possíveis estágios finais da evolução das estrelas. Descreva como ocorre o processo evolutivo de uma estrela.

Cada uma das características de uma estrela interfere, direta ou indiretamente, em seu ciclo evolutivo, de modo que esta questão foi elaborada com o objetivo de investigar se os alunos já haviam tido contato com os conceitos relativos ao ciclo evolutivo de uma estrela e as respostas a essa questão foram as mais diversas e interessantes.

Devido à complexidade dos conhecimentos envolvidos na evolução estelar, nota-se que poucos alunos apresentam concepções estruturadas sobre os ciclos evolutivos das estrelas. De qualquer forma, os estudantes possuem ideias preliminares sobre o tema, como podemos ver na Tabela 4.5.

Tabela 4. 5: Respostas dos alunos à 3ª questão do questionário pré-sequência didática

Aluno	Resposta
A1	Acho que buraco negro é o fim da estrela, já as outras fases eu não sei, só ouvi falar.
A2	A estrela é formada depois constitui uma galáxia e depois morre perdendo sua luminosidade.
A3	Uma grande e densa nuvem de poeira e gases químicos que sofrem ação de uma força interior e exterior onde começa a rotacionar e as linhas são poucas para descrever o processo.
A4	Se inicia na nebulosa e a combustão interna a mantém até a morte da mesma.
A5	Não respondeu à questão.
A6	Nasce através do acúmulo de gases que após haver uma influência de alguma explosão, ondas gravitacionais ou supernova começa a se movimentar e atrair mais matéria, que após estar em grande pressão se inicia a fusão nuclear, após converter Hidrogênio em Hélio a estrela perde massa e começa a queimar Hélio se transformando em uma Gigante Vermelha, se tiver massa suficiente ela pode implodir em um BN ou explodir em uma supernova, também pode consumir sua matéria até se tornar uma anã branca.
A7	A estrela nasce quando começa a fazer fusão em seu núcleo e vai produzindo novos elementos até o processo ficar insustentável.

Fonte: Dados da Pesquisa

Das respostas apresentadas, algumas se apresentaram condizentes ao conhecimento relacionado à Astronomia: as estrelas são estruturas que se formam, evoluem com o tempo e terminam se apagando, ou mesmo explodindo. A1 e A6 reconhecem que uma estrela, ao

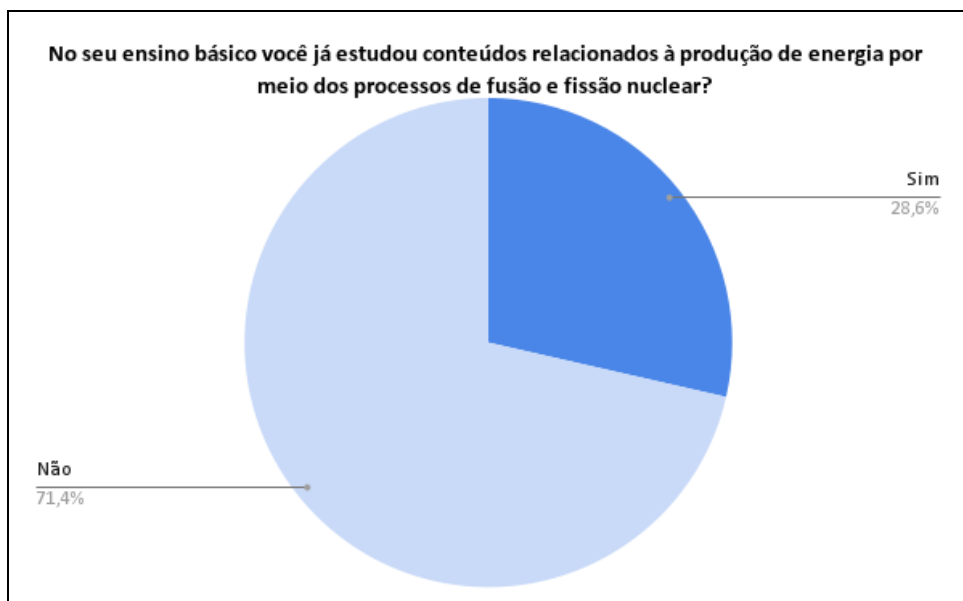
“morrer”, pode virar um buraco negro (a ocorrência de tal fenômeno não é regra, pois o modo como uma estrela finaliza seu ciclo evolutivo depende de sua massa). Pode-se observar ainda que os alunos A6 e A7 estruturaram uma resposta compatível com o que se esperava para a pergunta e mesmo que o A3 não tenha concluído seu raciocínio, entende-se, com o início de sua resposta, que ele possui algum conhecimento acerca da temática. Além disso, a maioria se ateu a explicar o surgimento de uma estrela e não apenas o ciclo evolutivo como havia sido solicitado na questão.

A resposta apresentada pelo A6 foi, a nosso entender, a mais elaborada, pois, apresenta conceitos e uma linha de raciocínio bem parecida com o ciclo evolutivo de uma estrela, ainda que alguns erros conceituais tenham sido cometidos. As respostas de A2 e A4 não fornecem grandes informações acerca dos conhecimentos desses alunos sobre a temática. Além disso, o aluno A5 não soube responder à questão, o que pode demonstrar que imaginar um modelo explicativo para o funcionamento das estrelas é uma tarefa complexa em decorrência da quantidade de fatores envolvidos.

QUESTÃO 04: No seu ensino básico você já estudou conteúdos relacionados à produção de energia por meio dos processos de fusão e fissão nuclear?

Essa é uma questão fechada na qual 71,4% dos alunos afirmam que não tiveram contato com o conteúdo de produção de energia via fusão ou fissão nuclear em seu ensino básico (Gráfico 4.6).

Gráfico 4. 6: Respostas dos alunos à 4ª questão do questionário pré-sequência didática



Fonte: Dados da Pesquisa

Um dado intrigante, uma vez que os processos radioativos são um tema que tem ganhado relevante importância devido à crescente demanda energética mundial, o avanço da Medicina Nuclear, da indústria alimentícia, dentre outros e “sua abordagem permite a elaboração de práticas pedagógicas que possibilitem o desenvolvimento de competências diversas, como representação, comunicação, investigação e compreensão” (SILVA; CAMPOS; ALMEIDA, 2013, p. 47); faz-se então necessária uma investigação do motivo de tais conteúdos não estarem sendo abordados no Ensino Básico.

QUESTÃO 05: Diferencie o processo de produção de energia via fusão nuclear da produzida pela fissão nuclear.

Tendo em vista que é comum uma confusão nos alunos acerca dos conceitos fissão e fusão nuclear, elaborou-se essa questão com o objetivo de verificar se nos alunos participantes desta pesquisa essa confusão se fazia presente. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4. 6: Respostas dos alunos à 5ª questão do questionário pré-sequência didática

Aluno	Resposta
A1	Não lembro muito bem, mas acho que fusão é quando um átomo radioativo é atingido por uma partícula e fissão quando dois núcleos se unem.
A2	Produção de energia e o que um corpo em si produz até as pessoas e produção de fissão nuclear acredito que seja uma explosão de produção de gases.
A3	Fusão: junção dos átomos. Fissão: Separação.
A4	A fusão ela une um átomo ao outro se tornando um, produzindo um novo elemento. Fissão é o atrito de um átomo ao outro que produz energia.
A5	Não respondeu à questão.
A6	A fissão há uma quebra de um átomo que gera energia. A fusão funde-se um átomo o que gera muito mais energia, porém necessita-se de uma temperatura muito alta.
A7	Não faço ideia da diferença.

Fonte: Dados da Pesquisa

Com a análise dos dados constatou-se que os alunos A3 e A6 conseguem fazer corretamente a distinção entre os conceitos e A4 possui conhecimento acerca do termo Fusão Nuclear, contudo confunde-se ao tentar explicar a Fissão Nuclear. Dos demais alunos que responderam ao questionário, A5 e A7 não souberam opinar acerca da questão, A2 apresentou uma resposta confusa que não respondia ao que era solicitado na pergunta e A1 misturou os termos afirmando que a fusão está relacionada à quebra de um núcleo atômico enquanto a fissão é a junção destes. Neto, Oliveira e Siqueira (2019) afirmam que os tópicos de física nuclear não são ensinados como deveriam por conta da deficiência existente na formação dos

professores, inicial e continuada, aliada ao tempo insuficiente que é disponibilizado para as aulas de Física, e à extensa programação curricular, principalmente nas escolas públicas, onde o número de aulas da disciplina é reduzido (NETO; OLIVEIRA; SIQUEIRA, 2019), o que justificaria as respostas obtidas nesta questão.

QUESTÃO 06: De que maneira você associaria os processos de fusão e fissão nuclear ao ciclo de vida de uma estrela?

A sexta questão do questionário, objetivava investigar se de alguma forma os alunos conseguiam associar o processo de Fusão Nuclear ao processo evolutivo de uma estrela. Dos 7 alunos que responderam ao questionário apenas 2 não conseguiram opinar sobre a questão; as respostas dos demais estão apresentadas na tabela 4.7.

Tabela 4. 7: Respostas dos alunos à 6ª questão do questionário pré-sequência didática

Aluno	Resposta
A1	Sei que algum deles ocorre no núcleo da estrela e isso esquentam ela.
A2	Fusão quando ela produz energia quando ela brilha, e fissão quando ela morre, mas o seu brilho demora a chegar na Terra.
A3	Não sei.
A4	A produção de energia.
A6	A fusão causa toda liberação de energia e luz, porém a fissão não sei responder.
A7	Sei que as estrelas nascem quando começam a fazer fusão nuclear e morrem quando não são capazes de produzir elementos mais pesados que ela já tem.

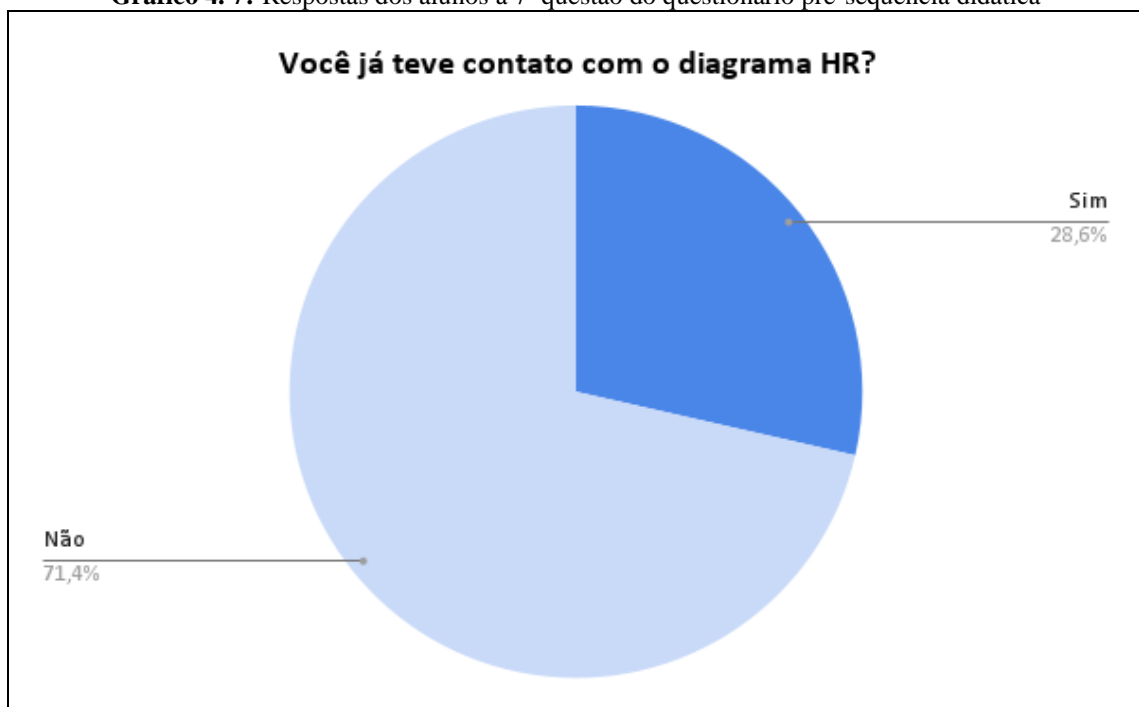
Fonte: Dados da Pesquisa

Pode-se perceber através das repostas dos alunos que A2, A4, A6 e A7 conseguem associar o processo de Fusão Nuclear à produção de energia das estrelas, tendo a resposta do aluno A7 se aproximado mais da resposta esperada pelos pesquisadores, uma vez que o intuito da questão era associar o processo de Fusão Nuclear ao ciclo evolutivo de uma estrela. Já na resposta de A1 observa-se que ele detém o conhecimento de que um dos processos ocorrem no interior da estrela, contudo não sabe denominar tal processo. Foram apresentadas também algumas respostas confusas, como a de A2, que entende que no decorrer da vida de uma estrela há uma mudança nos processos de produção de energia. As respostas apresentadas nessa questão mostram que a maioria dos alunos conseguem associar o processo de fusão nuclear à produção de energia das estrelas, contudo esses ainda não conseguem associar tal processo ao ciclo de vida das mesmas.

QUESTÃO 07: O diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Você já teve contato com o diagrama HR?

A última questão do questionário era uma questão fechada que tinha como objetivo verificar se em algum momento de sua formação/trajeto os alunos já haviam tido contato com o Diagrama HR e como se pode observar no gráfico 4.7, 71,4% dos alunos não conheciam tal diagrama.

Gráfico 4. 7: Respostas dos alunos à 7ª questão do questionário pré-sequência didática



Fonte: Dados da Pesquisa

O Diagrama de HR é um instrumento essencial para o estudo da evolução estelar, sendo que as estrelas iniciam sua evolução na Sequência Principal, tornam-se gigantes ou supergigantes e se extinguem como anãs brancas ou, para estrelas de grande massa, de forma explosiva e peculiar (como estrelas de nêutrons e buracos negros, que não podem ser graficados no diagrama HR). Deste modo entende-se que o Diagrama HR é uma ótima ferramenta para auxiliar os alunos a compreenderem os estágios evolutivos de uma estrela e associá-los aos processos de Fusão Nuclear que ocorrem em seu núcleo. Contudo, observa-se que este Diagrama não é comumente abordado no Ensino Básico e isto pode estar atrelado ao entendimento errôneo de que o conteúdo abordado nesse diagrama é muito complexo.

4.2 - O QUESTIONÁRIO PÓS SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O questionário pós-SD (Apêndice B) foi a última atividade realizada pelos alunos na SD. Optou-se, portanto, por manter a forma de classificação dos alunos utilizada no questionário pré-SD. As questões desta etapa são basicamente as mesmas das utilizadas na Seção C do questionário pré-SD, modificando somente as questões relativas ao Diagrama HR. Desse modo apresentaremos aqui as questões e suas respectivas análises. Os dados obtidos com esse questionário serviram para verificar a aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos abordados durante a aplicação da SD.

QUESTÃO 01: Para você o que é uma estrela?

As respostas à esta questão indicam que os alunos, a princípio, compreenderam que estrelas são grandes esferas compostas de gases (principalmente Hidrogênio), que possuem luz própria, e realizam em seu interior o processo de Fusão Nuclear. Entretanto, mesmo após a aplicação a SD, ao tentar explicar o processo de formação das estrelas, estes ainda se confundiram e não conseguiram explicar detalhadamente como ocorre esse processo. As respostas fornecidas pelos alunos estão mostradas na Tabela 4.8.

Tabela 4. 8: Respostas dos alunos à 1ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	A estrela é um corpo massivo que emite luz e calor a partir de fusão nuclear. Ela é formada a partir de uma nebulosa que sofre uma perturbação forte o suficiente para quebrar o equilíbrio gravitacional, quase toda matéria da nebulosa começa a se concentrar no seu centro gerando assim uma estrela.
A2	A Estrela pode ter diferentes tamanhos e formas, ela é formada a partir de nuvens de poeiras e pedaços de asteroides que se formam criando uma massa e assim a Estrela é criada.
A3	Estrela é uma grande concentração de massa , onde podem ser encontrados vários elementos químicos, já que estas funcionam através de fusão nuclear. Ela se forma como uma nuvem de gases e poeira que sofrem forças externas dando origem a uma protoestrela que se incendia quanto dá ignição.
A4	As estrelas são grandes esferas formadas por plasma que se mantém devido à sua própria gravidade, elas são formadas por nuvem de gases interestelar , onde os átomos se combinam para formar moléculas dando origem a essas nuvens.
A5	É um corpo celeste produtor de energia. Ela se forma através de uma nuvem Estelar colapsada.
A6	Estrelas são corpos celestes de grande massa , brilho energia. São formadas quando nuvens de gases sofrem perturbação fazendo com que a matéria se acumule, aumentando a pressão e temperatura até que a temperatura de tão alta comece a fundir átomos de Hidrogênio em Hélio liberando energia através da fusão nuclear.
A7	Estrelas são objetos que produzem energia através da fusão nuclear. As estrelas são produzidas a partir de uma nuvem molecular que colapsa sobre si mesma até alcançar o equilíbrio hidrostático e fazer fusão nuclear em seu interior.

Fonte: Dados da Pesquisa. O grifo é apenas para destacar os termos utilizados pelos estudantes.

Ao observar as respostas dos 7 alunos, percebe-se que os alunos A1 e A2 reformularam suas respostas após a aplicação da SD. Observa-se nas repostas destes um uso maior de argumentos para fundamentar suas respostas, sendo que encontramos um leque maior de conceitos relacionados aos temas discutidos na SD. Termos como nuvem de gás e poeira e corpos massivos, por exemplo, foram agora utilizados pelos estudantes e apareceram em todas as respostas obtidas. Apesar disso, é possível perceber que a resposta do aluno A2 está bastante equivocada, quando diz uma estrela é formada por nuvens de poeiras e pedaços de asteroides. Apesar de ter apresentado uma resposta mais adequada para a questão, o aluno A1 cometeu um erro no processo de formação da estrela quando diz que ocorreu “*uma perturbação forte o suficiente para quebrar o equilíbrio gravitacional*”, uma informação sem sentido; neste contexto, acreditamos que ele confundiu equilíbrio gravitacional com equilíbrio hidrostático, ponto discutido no trabalho. O aluno A5 forneceu uma resposta muito simplificada, talvez por não querer se envolver de forma mais aprofundada com o trabalho. Apesar disso, a resposta apresentada agora é mais rica do que a fornecida no pré SD (Um núcleo de energia.) O aluno A3, A4, A6 e A7 apresentaram respostas consideradas mais corretas para a pergunta, mesmo que alguns equívocos tenham sido cometidos, como, por exemplo, quando A4 diz que “estrelas são formadas por plasmas”. Apesar de algumas inconsistências encontrados nas respostas, em geral, foi possível observar que os alunos apresentaram respostas mais elaboradas e cientificamente mais coerentes, após a aplicação da SD, o que não apareceu nas respostas do questionário pré-SD.

QUESTÃO 02: Como as estrelas produzem energia?

Da análise do questionário pré-SD pode-se perceber que a maioria dos alunos conseguia de alguma forma associar o processo de fusão nuclear à produção de energia em uma estrela; contudo alguns ainda utilizavam o termo “combustão” para explicar tal processo. Com as respostas obtidas com o questionário pós-SD (Tabela 4.9), percebeu-se que essa concepção foi superada.

Tabela 4. 9: Respostas dos alunos à 2ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	As estrelas produzem energia com a fusão nuclear em que átomos de Hidrogênio se colidem formando Hélio e liberando energia, se tiver calor suficiente, a estrela começa a fundir o Hélio e assim vai até a estrela ter um núcleo ferroso.
A2	A Estrela produz energia a partir do momento que a queima do Hidrogênio se faz e transforma em Hélio, isso faz uma queima que se chama fusão, mas cada corpo em si produz sua própria energia.
A3	Através do processo de fusão nuclear. Começa com o Hidrogênio que queima e interage com outro isótopo deste dando origem a outro elemento, porém as duas massas iniciais somadas são maiores que a final, indicando que o processo converteu parte da massa em energia.
A4	As estrelas produzem energia por um mecanismo chamado fusão nuclear, neste processo dois átomos de núcleos menores se unem para a formação de um núcleo maior.
A5	Através da fusão nuclear, começa fundindo Hidrogênio, gerando Hélio, e assim estrelas que conseguirem atingir temperaturas suficientes, passam a fundir o Hélio etc. Essa queima gera energia.
A6	Quando os átomos se fundem no núcleo da Estrela para formar elementos mais pesados. Cerca de 0,1% da massa se transforma em energia, apenas 10% da massa da Estrela faz fusão.
A7	Através da fusão nuclear, nesse processo dois elementos mais simples se fundem se transformando em um elemento mais pesado e liberando energia.

Fonte: Dados da Pesquisa

Do mesmo modo que nas respostas do questionário da pré-SD, os alunos associaram a fusão nuclear ao processo de produção de energia em uma estrela. A diferença se encontra no fato das respostas agora estarem mais elaboradas e com a utilização de argumentos distintos e mais elaborados que os encontrados anteriormente, apesar da existência de alguns equívocos, como em A1 (“*átomos de hidrogênio colidem formando hélio*”, “*se tiver calor suficiente*” e “*assim vai até a estrela ter um núcleo ferroso*”). Os alunos A3 e A6 misturaram em suas respostas conceitos trabalhados na aplicação da SD. Um dos pontos discutidos foi mostrar aos alunos que a massa (energia) de um núcleo é menor do que a massa de seus constituintes (núcleons). Esta diferença de massa (energia) dá origem a energia de ligação dos núcleons ao núcleo atômico. Foram realizados alguns cálculos para mostrar quanto de energia é liberada em processos de fusão e, em particular, com mais destaque, a fusão de 4 hidrogênios em hélio. Desta discussão é que surgiram os conceitos de isótopos e do cálculo, aproximado, do tempo de vida de uma estrela que se encontra na sequência principal, como o Sol, por exemplo. As respostas de A4, A5 e A7 foram as mais estruturadas em relação aos conceitos trabalhados na SD. Apesar dessas considerações, entendemos que as respostas foram mais qualificadas e que a SD conseguiu atingir o seu objetivo em relação a esta questão.

QUESTÃO 03: Diferencie o processo de produção de energia via fusão nuclear da produzida pela fissão nuclear.

As respostas obtidas com a aplicação da SD mostram que todos os alunos conseguiram fazer a diferenciação dos conceitos bem como conseguiram estruturar respostas mais elaboradas acerca da questão (Tabela 4.10).

Tabela 4. 10: Respostas dos alunos à 3ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	A fissão nuclear se baseia em bombardear um elemento pesado com pequenas partículas para ele se desestabilizar e gerar um elemento mais leve e emitir energia. Já na fusão nuclear elementos mais leves se colidem formando um elemento mais pesado e liberando energia.
A2	Fusão nuclear: Dois átomos de núcleos se juntam e formam o núcleo maior. Fissão é a quebra de dois núcleos dividindo e formando um núcleo menor.
A3	A fusão libera muito mais energia que a fissão, apesar de que na fusão dois elementos se juntam e formam outro, porém parte da massa é convertida em energia. Agora fissão é a quebra de um átomo em dois onde este libera energia.
A4	A produção de energia pela fusão nuclear é produzida quando dois átomos de núcleos de massas menores se unem para a formação de um núcleo maior, já a fissão quebra o átomo transformando em dois núcleos menores pelo bombardeio de partículas, sendo um bom exemplo o nêutron.
A5	Na fusão é usado quando dois núcleos de materiais leves para formar um pesado. Na fissão um núcleo de material pesado é quebrado e gerado outro mais leve.
A6	Pela fusão de dois átomos para formar um mais pesado, já na fissão você tem a quebra do átomo o que libera energia, mas não tanto quanto a fusão.
A7	No processo de fusão nuclear elementos mais simples se fundem em elementos mais pesados e parte de sua massa é convertida em energia. Já na fissão se quebra elementos pesados liberando energia.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Percebe-se que os alunos fizeram uso de mais argumentos para fundamentar as respostas, sendo que encontramos um leque maior de conceitos relacionados aos temas discutidos na SD, como podemos perceber na resposta de A1, A4 e A7. Termos como elementos pesados/leves, conversão de energia e átomos, por exemplo, foram agora utilizados pelos estudantes. Os alunos que apresentaram respostas confusas agora conseguiram distinguir que a fusão nuclear está relacionada à união de dos núcleos atômicos leves, enquanto a fissão nuclear está relacionada a quebra de núcleos pesados. Com a análise desse questionário percebeu-se que os alunos incorporaram argumentos bastante coerentes e cientificamente embasados para responder à questão.

QUESTÃO 04: De que maneira você associaria o processo de fusão nuclear ao ciclo de vida de uma estrela?

Novamente, após a aplicação da SD, todos os alunos conseguiram responder à questão e foi possível perceber que as respostas apresentadas pelos estudantes foram mais elaboradas e conceitualmente mais corretas (Tabela 4.11).

Tabela 4. 11: Respostas dos alunos à 4ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	O ciclo de vida de uma Estrela depende do quanto ela conseguirá fundir elementos no seu núcleo. Quanto mais massiva, mais rápido ela realizará fusão nuclear, já que ela depende do quão quente é a Estrela.
A2	Quando ela já está na metade de sua vida, ou seja, isso ela já está queimando bastante Hidrogênio e perdendo sua energia.
A3	O processo de fusão nuclear é a forma de explicar o processo de combustão de uma Estrela onde são fundidos os elementos e onde se tem liberação de energia.
A4	No momento em que a Estrela já está na metade da vida, quando ela já está queimando bastante Hidrogênio e desgastando sua vida.
A5	Sabendo até que átomo a Estrela fundiu no processo de fusão nuclear, você consegue saber o tamanho da Estrela, sua temperatura máxima e seu suposto fim de vida.
A6	A fusão inicia se com o Hidrogênio em Hélio depois Hélio em um elemento mais pesado sucessivamente até chegar ao ferro que acaba roubando energia e condenando a Estrela.
A7	A Estrela nasce quando começa o processo de fusão e passa a maior parte de sua vida queimando elementos até seu combustível acabar, quando se inicia o processo de morte dessa Estrela.

Fonte: Dados da Pesquisa

Contudo, esperava-se que após a aplicação da sequência didática os alunos conseguissem elaborar uma resposta mais estruturada para esta questão:

“Todas as estrelas passam por diferentes fases, que dependem de vários fatores. Isto é chamado de evolução estelar, que corresponde ao nascimento, a vida e a morte das estrelas. Cada uma dessas fases é caracterizada pelo processo de fusão que ocorre em seu interior. No início toda estrela inicia sua “vida” com a fusão do Hidrogênio em Hélio, depois do Hélio em Carbono e assim sucessivamente, até que reste apenas um núcleo de Ferro no interior da estrela, e o processo de fusão cesse. Para estrelas isoladas, esta evolução é regida pela massa da estrela, isso é, estrelas de massas diferentes vivem e morrem de formas diferentes”.

Porém, nas respostas apresentadas percebe-se que a maioria os estudantes não conseguem associar o processo de fusão nuclear ao ciclo de vida de uma estrela, se atendo a explicar o que é o processo em si, e não como essa influência no processo de evolução estelar.

Já os alunos A5, A6 e A7 apresentam respostas coerentes com o que foi solicitado na questão, contudo faltam ainda elementos conceituais nas respostas.

Durante a aplicação da SD, foi possível perceber que os alunos tiveram muitas dificuldades com os conceitos envolvidos no estudo da evolução estelar, o que pode justificar as respostas obtidas. No entanto, apesar das respostas não se aproximarem do esperado, percebe-se que após a aplicação da SD os argumentos apresentados pelos estudantes foram mais bem elaborados.

QUESTÃO 05: Comente brevemente o que você aprendeu sobre o ciclo de vida das estrelas.

Esta questão foi respondida por todos os alunos (Tabela 4.12), contudo alguns alunos (A2 e A4) aparentam não ter interpretado corretamente a questão trazendo respostas aquém do esperado.

Tabela 4. 12: Respostas dos alunos à 5ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	As estrelas nascem de uma nebulosa se tornam uma Estrela quando se reúne matéria suficiente para realizar fusão nuclear e morrem quando não há mais calor suficiente para realizar a fusão ou quando o seu núcleo se torna ferroso.
A2	Como elas são formadas, começo da sua vida, como elas podem ter massa maior que o Sol, como ela produz energia, o processo de fusão e depois que ela morre, ou vira uma super Estrela.
A3	Estrelas nascem e morrem, do nascimento conturbado de uma nuvem de gás elas crescem e tomam caminhos diferentes.
A4	Aprendi mais sobre o processo de nascimento, morte, de como elas produzem energia, dá queima e da formação no ciclo de vida.
A5	Aprendi que o que mais importa é seu tamanho, pois ele que irá definir a temperatura e com isso até que átomo essa Estrela será capaz de fundir.
A6	O nascimento desde a nuvem de gás, depois inicia-se o ciclo principal com a fusão de Hidrogênio, depois a fusão de hélio até dependendo da massa da Estrela ela se tornar uma nebulosa planetária, uma supernova, uma anã branca ou um buraco negro.
A7	Estrelas nascem quando começam o processo de fusão nuclear e vivem a maior parte do tempo assim, elas podem morrer de algumas formas a depender de sua massa, porém basicamente ela começa a morrer quando não há mais combustível para

Fonte: Dados da Pesquisa

Nas respostas do questionário pré-SD grande parte dos alunos não apresentava conhecimentos bem estruturados acerca do ciclo de vida de uma estrela e um não havia respondido à questão. Agora, nas respostas do pós-teste, todos os alunos responderam, utilizando argumentos diferentes e coerentes com as discussões realizadas no decorrer das atividades.

QUESTÃO 06: O diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Comente brevemente o que você aprendeu sobre esse diagrama.

No questionário pré-SD percebeu-se que dos 7 alunos, 5 não haviam tido nenhum contato com o Diagrama HR em seu ensino básico. Agora, nas respostas no pós-teste (Tabela 4.13), é possível perceber que todos os alunos conseguiram elaborar uma resposta condizente com o que estava sendo solicitado na questão, utilizando argumentos diferentes em suas respostas, bem estruturados e mais embasados.

Tabela 4. 13: Respostas dos alunos à 6ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	O diagrama HR é um meio que relaciona a luminosidade com a temperatura da Estrela, assim conseguimos saber em qual estágio da vida da Estrela ela está.
A2	As cores que representam os tamanhos e a temperatura que mostra qual localização do diagrama ela está, após fazer uma reta na Estrela amarela e laranja.
A3	Que além de separar os grupos com as fases de vida é possível observar uma certa linearidade no centro, que é a sequência principal .
A4	O diagrama nos ajuda a ver mais claramente as devidas posições e outras informações das estrelas.
A5	Ele separa as estrelas em grupos de acordo com sua temperatura e luminosidade.
A6	Foi possível ver como anãs brancas têm alta temperatura e baixa luminosidade, ver estrelas da sequência principal e ver gigantes azuis com grande luminosidade e gigantes vermelhos com luminosidade alta mais baixa temperatura.
A7	O diagrama HR relaciona a temperatura e a luminosidade de uma Estrela, através dele é possível entender os diferentes estágios da vida de uma Estrela.

Fonte: Dados da Pesquisa

Entre as respostas apresentadas pelos alunos é possível verificar que esses conseguiram de alguma forma compreender que o Diagrama HR é um gráfico que relaciona, por exemplo, a luminosidade e a temperatura efetiva de uma estrela, possibilitando agrupá-las. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam posições bem distintas devido às diferentes fases evolutivas na qual se encontram. Além disso, os alunos conseguiram identificar elementos estruturais essenciais ao diagrama, como Sequência Principal, Anãs Brancas, Gigantes Vermelhas e Gigantes Azuis. Através das repostas obtidas é possível perceber que houve uma aprendizagem por parte dos alunos após a discussão do tema na SD.

QUESTÃO 07: Como você relaciona o Diagrama HR ao ciclo de vida das estrelas? E ao processo de fusão nuclear?

Essa questão não estava presente no questionário pré-SD, contudo foi elaborada com o intuito de verificar se os alunos após a aplicação da SD conseguiram de alguma forma associar o Diagrama HR ao ciclo de vida de uma estrela e ao processo de Fusão Nuclear. Com as respostas obtidas (Tabela 4.14) percebe-se que os alunos conseguiram fazer tal associação.

Tabela 4. 14: Respostas dos alunos à 7ª questão do questionário pós-sequência didática.

Aluno	Resposta
A1	De acordo com o local que as estrelas estão no diagrama HR, podemos saber se elas são supergigantes, por exemplo, estabelecendo então em qual estágio do seu ciclo de vida ela está e conseqüentemente se ela está fundindo Hidrogênio, Hélio ou Carbono, por exemplo, ou até se ela já parou o processo de fusão nuclear que é o caso das anãs brancas.
A2	No diagrama é mostrado sua massa, categoria que ela se encontra (cor), sua luminosidade (energia) e temperatura (processo de fusão).
A3	Como uma forma de identificar e analisar em qual etapa da sua vida uma Estrela se encontra através dos dados que se têm, analisando os parâmetros é possível identificar além das etapas da fase de vida elemento que está queimando ou sendo sintetizado.
A4	No diagrama HR é mostrado sua massa, categoria, luminosidade, temperatura, cor, e entre outras informações dando também informações das fusões nas estrelas.
A5	Com o diagrama você identifica até que núcleo essa Estrela foi capaz de fundir e qual será o seu fim.
A6	De acordo com a cor da Estrela consegue-se observar o tamanho, massa, luminosidade é o elemento que está sendo fundido.
A7	É possível através do diagrama localizar aglomerados de estrelas que estão na mesma etapa evolutiva, por exemplo, as estrelas que estão queimando Hidrogênio estão na sequência principal, protoestrelas que não tinham temperatura para fusão estão em baixo, entre outros grupos.

Fonte: Dados da Pesquisa

As repostas de A1, A3 e A7, são as mais bem estruturadas e embasadas e respondem aos dois questionamentos propostos na questão. Já as respostas de A2, A4, A5 e A6 trazem argumentos condizentes com o que foi abordado durante a aplicação da SD, mas, sem, no entanto, articular o Diagrama HR ao ciclo de vida de uma estrela e ao processo de Fusão Nuclear. Entretanto, foi possível observar que nelas ainda estão presentes algumas confusões.

Conforme pode ser observado, comparando as respostas das perguntas que foram utilizadas no pré-teste e pós-teste, é possível observar que a aplicação da SD teve um papel importante na aprendizagem dos conteúdos que nela foram trabalhados. Os textos e as atividades trabalhadas no decorrer das aulas ajudaram os alunos a apresentarem respostas com mais argumentos no pós-teste do que no pré-teste.

As respostas apresentadas à algumas perguntas da SD no pré-teste mostram que os alunos tiveram pouco contato (ou nenhum) com alguns temas trabalhados nesta proposta. Mesmo nesses casos, foi possível verificar que eles conseguiram assimilar esses assuntos após a aplicação da SD e tiveram uma aprendizagem efetiva dos temas abordados na SD. Contudo, mesmo tendo notado que as respostas foram mais adequadas, foi possível observar que nelas ainda estão presentes algumas confusões, como, por exemplo, em relação ao ciclo de vida de uma estrela e ao processo de fusão nuclear, o que pode estar relacionado à complexidade dos temas estudados.

Para finalizar, foi perguntado aos estudantes qual era a opinião deles sobre o trabalho desenvolvido.

Tabela 4. 15: Resposta dos alunos à questão de considerações acerca da pesquisa.

Aluno	Resposta
A1	Eu achei muito interessante, pois consegui ver o tema com outros olhos.
A2	Gostaria que mais aulas fossem elaboradas dessa forma.
A3	As aulas foram muito interessantes e aprendi muito com elas. Gostaria que tivesse mais tempo para falar sobre a Evolução Estelar.
A4	Eu gostei muito das aulas! Achei que a professora explicou muito bem o conteúdo e consegui entender tudo o que foi ensinado. Além disso, achei a aula muito interessante e aprendi coisas novas que não sabia antes.
A5	Achei que a professora conseguiu passar o conteúdo de forma clara e objetiva, o que facilitou muito o meu entendimento.
A6	Gostei muito da metodologia, as aulas foram bastante diversificadas e interessantes.
A7	Fiquei muito feliz em ter participado dessa pesquisa. A maneira como foram ilustrados os exemplos e explicados facilitaram meu entendimento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As respostas mostram que os alunos gostaram muito da proposta do trabalho desenvolvido nesta sequência didática. O uso de temas de astronomia/Astrofísica, como já salientado, sempre despertam a curiosidade e motivam bastante os estudantes, em especial os temas trabalhados aqui, a fusão nuclear e a evolução estelar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar os resultados da aplicação de uma SD para o ensino da fusão nuclear utilizando como tema gerador a evolução estelar numa turma do primeiro semestre do curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública. A construção desta SD foi baseada em Dolz (2004). A SD foi aplicada na disciplina Conceitos de Astronomia do curso de Licenciatura em Física da UNIFEI no ano de 2022, desenvolvida ao longo de 16 aulas, cada uma de 50 minutos. Foram aplicados um Pré-teste e um Pós-teste com perguntas mistas, sendo que o primeiro nos permitiu verificar o perfil do aluno que está cursando FLI na UNIFEI, bem como as concepções destes sobre os pontos que foram discutidos na SD e o segundo foi utilizado para verificar o conhecimento adquirido pelos participantes após a aplicação da SD. Os dados analisados neste trabalho foram os resultados dos questionários Pré e Pós- teste.

Dentre os temas abordados na SD estão: nascimento, vida e morte das estrelas, fusão nuclear, evolução estelar e Diagrama HR. Além de utilizar atividades durante as aulas, de modo a realizar sempre os três momentos pedagógicos de Delizoicov – Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

Com relação as adversidades encontradas na implementação dessa SD, podem ser citadas a ausência de parte dos alunos durante as aulas, somente 7 alunos participaram de todas as atividades. Ao longo da aplicação da SD foi possível observar que os principais entraves encontrados pelos alunos estão associados às dificuldades em: interpretar/formular respostas aos questionamentos feitos durante a realização das atividades; realizar operações matemáticas básicas (como por exemplo, a utilizada para o cálculo da conversão massa em energia) e na pouca familiaridade com a realização de atividades experimentais.

Por outro lado, alguns pontos favoreceram o desenvolvimento do trabalho. Entre eles podem ser citados: as aulas foram desenvolvidas dentro da universidade, este foi um ambiente muito favorável para que não houvesse problemas com horários, dificuldades em acesso à internet e acesso à computadores; a aplicação da SD foi planejada desde o começo da disciplina o que possibilitou a utilização de 16 aulas; todo os passos utilizados na SD foram planejados com bastante antecedência, o que permitiu refletir bastante sobre os objetivos dela; e a utilização de aulas diversificadas embasadas nos Três Momentos Pedagógico, deixaram as aulas mais interessantes para os alunos.

Com relação aos questionários, foi possível observar que a aplicação da SD foi essencial para a aprendizagem dos conteúdos trabalhados. Os textos e as atividades desenvolvidas no decorrer das aulas ajudaram os alunos a construir argumentos mais sólidos para suas respostas às perguntas realizadas. Também foi possível perceber que poucos alunos tiveram contato em sala de aula com os temas fusão nuclear e evolução estelar, estudados na SD. O que mostra que a Astronomia, mesmo tendo seus conteúdos enfatizados nos documentos oficiais da educação no Brasil, ainda está distante dos bancos escolares com relação a alguns conteúdos, como os citados acima.

Em relação aos resultados, a primeira meta foi identificar o perfil dos alunos que entraram no curso de Licenciatura em Física em 2022. Estes são em sua maioria estudantes que ao saírem do Ensino Médio optaram pelo curso por possuir afinidade com a disciplina de Física; alguns, porém possuem objetivos e opiniões bem definidas acerca do curso. Outro ponto verificado é que os assuntos abordados no ensino básico relacionados à Astronomia, segundo os alunos, foram o Sistema Solar e Universo; dentre os quais se destacam tópicos relacionados à origem do universo (Big Bang), planetas e eclipses; sendo abordados basicamente nas disciplinas de Física ou Geografia. Pode-se perceber também que, devido ao interesse no assunto, esses alunos buscam atividades fora do ambiente escolar para se aprofundar na temática.

As respostas apresentadas à algumas perguntas da SD no pré-teste mostram que os alunos tiveram pouco contato (ou nenhum) com alguns temas trabalhados nesta proposta. Mesmo nesses casos, foi possível verificar que eles conseguiram assimilar esses assuntos após a aplicação da SD e tiveram uma aprendizagem efetiva dos temas abordados na SD. Contudo, mesmo tendo notado que as respostas foram mais adequadas, foi possível observar que nelas ainda estão presentes algumas confusões, como, por exemplo, em relação ao ciclo de vida de uma estrela e ao processo de fusão nuclear, o que pode estar relacionado à complexidade dos temas estudados.

Apesar do pequeno número de participantes, apenas 7 dos 11 alunos aceitaram ter suas respostas analisadas neste trabalho, foi possível ver que eles receberam muito bem a proposta da SD. Os dois temas propostos aqui, a fusão nuclear e a evolução estelar, despertam muita atenção dos estudantes. Foi possível perceber assim uma participação bastante ativa dos alunos nas aulas, com questionamentos acerca das atividades realizadas. A introdução do diagrama HR, apesar de ser algo novo para todos eles, também despertou muito interesse, principalmente pelo fato deles terem construídos, como uma atividade proposta, o seu próprio

diagrama HR. Conhecer as regiões e as características delas ajudou bastante os alunos a entenderem o significado deste diagrama.

Em suma, quanto a avaliação da SD foi possível perceber ao longo deste processo o aumento do interesse dos alunos pelas aulas de Astronomia, o que pode ser confirmado com o aumento do índice de argumentos e da qualidade das respostas dos alunos ao longo dos questionários, o que é muito interessante no processo de ensino, onde os alunos passam de uma situação passiva dentro de sala de aula para uma posição ativa, participando da aula, fazendo perguntas, demonstrando interesse pelos conteúdos ministrados.

A utilização da SD foi um instrumento facilitador do ensino devido à sua praticidade e capacidade de interação com os educandos. Foi possível constatar que, com a utilização desta metodologia, os estudantes conseguiram entender melhor a linguagem científica relacionada à temática Evolução Estelar. Por meio da SD desenvolvida, foi possível orientar os alunos quanto às relações entre a fusão nuclear e o ciclo de vida das estrelas. A proposta auxiliou os alunos no desenvolvimento do pensamento crítico, pois fomentou a aprendizagem significativa, tornando os alunos mais aptos para tratar e solucionar problemas relacionados à temática.

Quanto as investigações futuras, tendo em vista a resposta dos alunos à questão 4 do questionário pré SD seria interessante um estudo dos motivos pelos quais mesmo estando presentes nos documentos orientadores os processos radioativos não estarem sendo abordados no Ensino Médio, bem como formas de articular tais conteúdos à metodologia do professor atuante no Ensino Médio. Desenvolvimento de pesquisas nessa área são muito bem-vindas no campo educacional, pois este campo está em crescente valorização e destaque.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S E FERREIRA, G. K. **Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 2, p. 461-482, ago. 2015.
- ANGOTTI, J.A. (1981) **Rapport sur le projet de formation des professeurs de sciences naturelles en Guiné Bissau: Bilan 1979-1981.** Paris: IRFED, 1981.
- AULER, D. **Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências.** Contexto e Educação, ano 22, n. 77, p. 167-188, jan./jun. 2007.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências.** Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciências, v. 05, n2, p. 337-355, 2006.
- AYDOS, M. C. P.; ZUNINO, A. V. **Prática de Ensino de Química - Uma Experiência Educacional Dialógica.** Química Nova, v. 17, n. 2, p.172-174, 1994.
- BAILEY, J. M. **Development of a concept inventory to assess students' understanding and reasoning difficulties about the properties and formation of stars.** The Astronomy Education Review, v, 6, n. 2, p. 133-139, 2008.
- BATISTA, A. R.; SILVA, A. P.; SOUZA, P. **Análise do perfil dos pesquisadores que publicam trabalhos do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) sobre o Ensino de Astronomia.** In: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0266-1.pdf>>, 2017, São Carlos. XXII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio.** Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Parte I, II e III. Brasília: 1999.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio — Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias,** Brasília: MEC/SEMT, 2000.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais — Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias,** Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**: nº 9394/96. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 16 Mai. 2022.

CARDOSO, O.; PENIN, S.T.S. **A sala de aula como campo de pesquisa**: aproximações e a utilização de equipamentos digitais. Educação e Pesquisa, vol. 35, n. 1, São Paulo, jan./abr. de 2009.

CENTA, F. G. **“Arroio Cadena: cartão postal de Santa Maria?”**: possibilidades e desafios em uma reorientação curricular na perspectiva da abordagem temática. 2015. 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

COELHO, J. C. **Processos formativos na direção da educação transformadora**: temas-dobradiça como contribuição para abordagem temática. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

COSTA, J.M; PINHEIRO, N.A.M. **O ensino por meio de temas-geradores**: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. Imagens da Educação, v. 3, n. 2, p. 37-44, 2013.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

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

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora para o ensino de Ciências na educação formal**. 227f. 1982. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento: tensões e transições**. 289f. 1991. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

DELIZOICOV, D. **Ensino de Física e a concepção freiriana da educação**. Revista de Ensino de Física, São Paulo. v. 5, n. 2, p.85-98, 1983.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DIAS, C.A.; RITA, J. R.S. **Inserção da Astronomia como disciplina curricular do ensino médio**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, Limeira, n. 6, p. 55-65, 2008.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. (2004). **Sequências Didáticas para o oral e a escrita**: apresentação de um procedimento. In: Schneuwly, B; Dolz, J. et.al. Gêneros orais e escritos na escola, trad. Roxane Rojo; Glaís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras.

FILHO, K.S.O; SARAIVA, M.F.O. **Astronomia e Astrofísica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1987.

GEHLEN, S. T. **A função do problema no processo ensino-aprendizagem de ciências; contribuições de Freire e Vygotsky.** 254f. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GEHLEN, S. T; MALDANER, O. A; DELIZOICOV, D. **Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências.** *Ciência & Educação*, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

GERHARDT, T.E. SILVEIRA, D.T; **Métodos de pesquisa.** UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIACOMINI, A. **Intervenções curriculares na perspectiva da abordagem temática: avanços alcançados por professores de uma escola pública estadual do RS.** 2014. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. **Os Três Momentos Pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 2, p. 339-355, 2015.

GOBARA, S. T.; AYDOS, M. C. R.; SANTOS, J.; PRADO, C. P. A. **O Ensino de Ciências sob o enfoque da Educação Ambiental.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis - SC, v. 9, n. 2, p. 171-182, 1992.

GOBARA, S. T.; GARCIA, J. R. B. **As licenciaturas em Física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 519-525, 2007.

GOMES, A. R. C. G. & MALACARNE, V. **“Os Alunos do Ensino Médio e os Desafios das Escolhas para a Formação Profissional”**, 2009. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2419-8.pdf>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física.** 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.4.

HETEM, J.G; PEREIRA, V.J; OLIVEIRA, C.M. **Apostila AGA215: estágios finais da evolução estelar.** Departamento de Astronomia. Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap12.pdf> >. Acesso em: 30 Mai. 2016.

INPE. (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Introdução à astronomia e astrofísica.** São José dos Campos, 2019. (Apostila).

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Metodologia do Trabalho Científico.** São Paulo: Atlas, 1992.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Formação de professores e seus saberes disciplinares em astronomia essencial nos anos iniciais do ensino fundamental.** *Revista Ensaio* v.12, n.02, p 205-224, maio-ago, 2010.

LIMA, M.; LUCAS, L.B; COSTA, P.C. F; PASSOS, M.M. **A abordagem temática e os três momentos pedagógicos na sistematização de uma sequência didática para o ensino de ciências na EJA.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 533-547, 2021.

MARANDINO, M. et al. **A abordagem qualitativa nas pesquisas em educação em museus.** 2009. Disponível em: <
https://www.academia.edu/882332/a_abordagem_qualitativa_nas_pesquisas_em_educa%C3%87%C3%83o_em_museus_qualitative_approach_in_research_on_education_in_museums>.
 Acesso em: 10 de jun de 2022.

Medeiros, A. E. C., F., Roseira, I. B. R., Pontes, J. A. F., Jr. (2020). Perfil socioeconômico e desempenho de estudantes de licenciatura em educação física no ENADE/BRASIL. *Tendências Pedagógicas*, 35, 2020, pp. 90-101. doi: 10.15366/tp2020.35.008

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. **CBC: Conteúdo básico comum de física para o ensino médio.** Educação básica. Belo Horizonte, 2005.

MOURA, F. **A utilização do Diário de Bordo na formação de professores.** Proceedings of the 6th Psicanálise, Educação e Transmissão. 2006.

MUENCHEN, C. **Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na EJA.** 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NASCIMENTO, T. G.; VON LINSINGEN, I. **Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências.** *Convergência*, v.13, p. 95-116, nov. 2006.

NETO, J.G.P.; OLIVEIRA, A.N.; SIQUEIRA, M.C.A. **Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos?** *ScientiaTec*, v. 6, n. 1, p. 65-89, 2019.

OLIVEIRA, D.S. **Apropriações do Tema Gerador no Ensino de Ciências.** 2016. 91f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2016.

ORTIZ, R. **Evolução Estelar I** – Notas de Aula de Aperfeiçoamento em Astronomia para Docência. 2014. Disponível em: <
http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/Leitura_s21_Evolucao_Estelar1.pdf>. Acesso em: 09 Mai. 2022.

PERNAMBUCO, M.M. **Projeto ensino de ciências a partir de problemas da comunidade: uma experiência no Rio Grande do Norte.** Brasília: CAPES/MEC/SPEC, 1983.

QUEIROZ, V. **A Astronomia presente nas séries iniciais do ensino fundamental das escolas municipais de Londrina.** 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RENEKER, M.H. **A qualitative study of information seeking among member of an academic Community: methodological issues and problems.** Library Quarterly. v.3, nº4. P. 487-507.1993.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** São Paulo, Editora Atlas, 1985. Capítulo 9. Questionário. Funções e características. p. 142-150.

RODRIGUES, R. S. R. **Formação e evolução estelar como uma proposta de contextualização para o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio.** 2016. 127 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016.

ROSALIND, M.C. **Os Caminhos da Didática.** 2004. Disponível em: ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/383_39.pdf. Acesso em: 28 Jul de 2022.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Porto Alegre, Artmed, 1998.

SANTOS, M.N.B.; ARROIO, A. Trajetória de estudantes de licenciatura em física e perfil socioeconômico: uma reflexão sociológica de Bourdieu para um estudo de caso. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2019, Florianópolis. **Anais Eletrônicos.** Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA1_ID10541_15082019145917.pdf >. Acesso em 31 jan. 2023.

SANTOS, W. L. P. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios.** Revista Brasileira de Educação, v. 12, n. 36, set./dez. 2007.

SANTOS, W.L.P. **Educação científica humanista em uma perspectiva freireana: resgatando a Função do ensino de CTS.** Alexandria, v.1, n.1, p. 109-131, mar. 2008.

SARAIVA, M.F.O.; FILHO, K.S.O.; MÜLLER, A.M. **Aula 19: Fonte de Energia e Tempo de Vida das Estrelas.** 2010. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula19-132.pdf> >. Acesso em: 11 mai. 2022.

SILVA, S. A. O. da. **A educação dialógica-problematizadora no Ensino de Ciências como elemento para a valorização da heterogeneidade etária-cultural de educandos da EJA.** 2018. 125f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

TORRES, J.R.; MAESTRELLI, S.R.P. **A concepção educacional Freireana e o contexto escolar: subsídios à efetivação das dimensões “pesquisa e ação” em educação ambiental na escola.** Ribeirão Preto, 2011. VI Encontro “Pesquisa em Educação Ambiental” - A Pesquisa em Educação Ambiental e a Pós-Graduação no Brasil. p. 1 - 16.

Apêndice A - GUIA DIDÁTICO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Módulos 1 e 2 (Aula 2)

O Nascimento das Estrelas

Conteúdo:

- Nascimento de estrelas;
- Estágios iniciais da formação de uma estrela;
- Protoestrelas.

Objetivos Específicos:

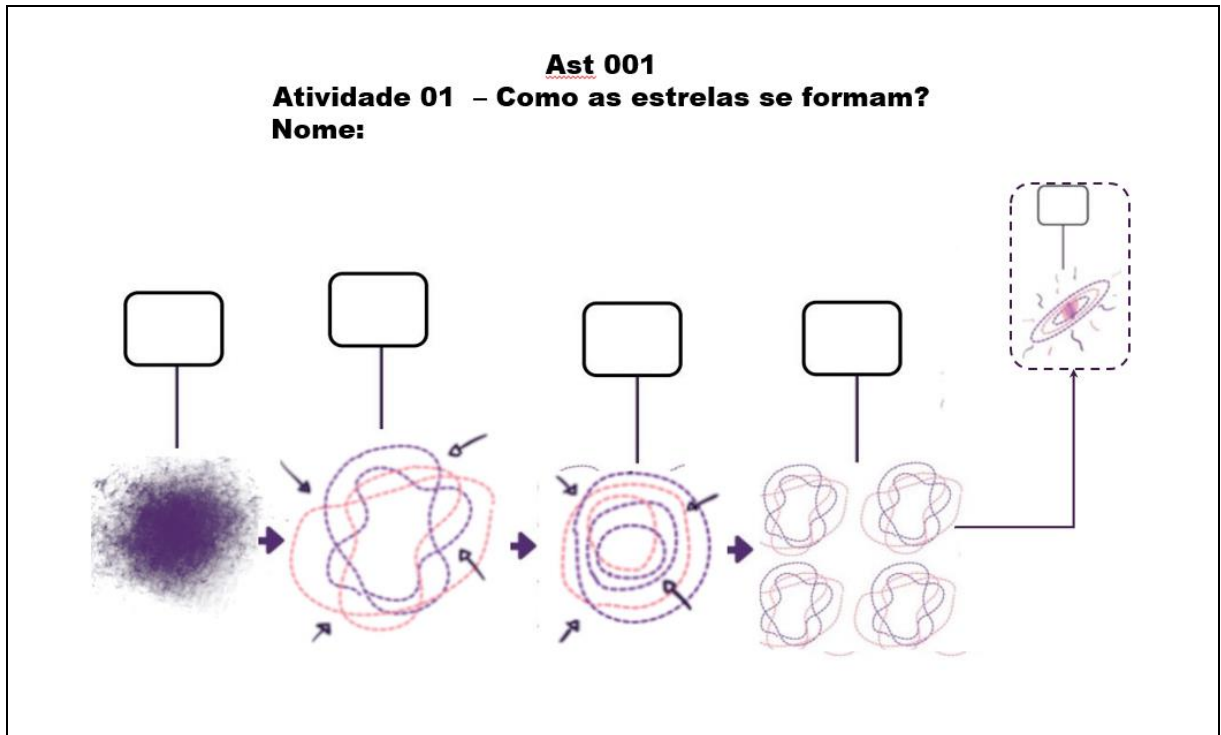
- Apresentar o conceito de estrelas;
- Explicar o processo de formação de uma estrela;
- Explicar o que é uma protoestrela;
- Questionar sobre o que diferencia a protoestrela de uma estrela.

Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides
- Atividade escrita.

Dinâmica da Aula: Aula expositiva e discussões.

Descrição: Para esta aula foi desenvolvido uma atividade na qual os estágios de formação de uma estrela estavam presentes sem identificação e os alunos precisariam completá-la. Esta atividade foi utilizada em três momentos da aula: no momento inicial, no qual os alunos deveriam preenchê-la com uma caneta azul, de acordo com o que conheciam e entendiam acerca dos estágios de formação de uma estrela; após deveriam discutir entre si sobre o que haviam escrito e com uma caneta vermelha fazer as alterações que julgassem necessárias. Após este momento o professor faria uma apresentação onde os estágios de formação de uma estrela seriam descritos com certo rigor teórico e após essa apresentação, os alunos deveriam retomar a atividade com uma caneta preta e verificar se o que haviam feito estava de acordo com o que foi apresentado na aula. A aula se encerrava no estágio de protoestrela com a questão: O que diferencia então a protoestrela de uma estrela?

Atividade Desenvolvida:

Atividade para próxima aula: Ao final da aula, solicitou-se que os alunos lessem o texto disponibilizado no ambiente virtual e realizassem as atividades relativas ao texto.

Módulos 3 e 4 (Aula 3)

Fusão Nuclear

Conteúdo:

- Fusão Nuclear;
- Processos de Fusão que ocorrem no núcleo de uma estrela.

Objetivos Específicos:

- Apresentar o processo de Fusão Nuclear;
- Explicar o processo de Fusão Nuclear;
- Calcular a energia produzida pelo processo de Fusão Nuclear;
- Questionar quais processos de Fusão Nuclear ocorrem no interior de uma estrela.

Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides

Dinâmica da Aula: Aula expositiva e discussões.

Descrição: Iniciou-se a aula retomando a questão deixada na aula anterior, de modo a criar um *link* entre o conceito de Fusão Nuclear e o tema Evolução Estelar; neste momento deixou-se que os alunos falassem sobre o que tinham pesquisado e antes de responder à questão em si, se fez uma contextualização sobre a Física Nuclear e Modelos Atômicos. Quando foi abordado o núcleo atômico buscou-se semear uma dúvida e relação a como a massa do núcleo atômico é aferida e como ela deveria ser calculada, de modo que estes percebessem uma diferença de massa. Assim apresentou-se a equação de Einstein e foi explicado o conceito de energia de ligação e como esse se associa a produção de energia via Fusão Nuclear; ao final dessa explicação solicitou-se que os alunos calculassem a energia de ligação de alguns elementos químicos, de modo que eles compreendessem melhor os cálculos envolvidos em tal processo. Após apresentou-se o conceito de fusão nuclear, respondendo à questão fomentadora da aula; e ao fim desta aula solicitou-se aos alunos pesquisassem os processos de Fusão que ocorrem no interior de uma estrela e preparassem uma apresentação para próxima aula.

Atividade para a próxima aula: Preparar uma apresentação sobre os processos de Fusão Nuclear que ocorrem no interior de uma estrela.

Módulos 5 e 6 (Aula 4)

Fusão Nuclear Continuação

Conteúdo:

- Processos de Fusão Nuclear ocorrem no interior de uma estrela.

Objetivos Específicos:

- Apresentação dos alunos sobre os processos de Fusão Nuclear ocorrem no interior de uma estrela;
- Intervenção do professor após as apresentações complementando o que foi dito pelos alunos.

Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides
- Apresentação elaborada pelos alunos.

Dinâmica da Aula: Aula expositiva e discussões.

Descrição: Essa aula foi dedicada exclusivamente para a apresentação dos alunos dos processos de Fusão Nuclear que ocorrem no interior de uma estrela: Ciclo Próton-Próton, Ciclo CNO e Processo Triplo Alfa. Tendo em vista que esse é um conteúdo bem complexo, solicitou-se que os alunos apresentassem basicamente uma definição dos ciclos e em que tipo de estrelas esses ciclos ocorriam, de modo que estes comesçassem a perceber os estágios evolutivos de uma estrela. Durante as apresentações o professor fez as intervenções necessárias, corrigindo alguns erros conceituais que apareceram nas apresentações e complementando informações faltantes.

Atividade para a próxima aula: Ao final da aula, solicitou-se que os alunos lessem o texto disponibilizado no ambiente virtual e realizassem as atividades relativas ao texto.

Módulo 7 e 8 (Aula 5)

Evolução Estelar

Conteúdo:

- Evolução Estelar;
- Vida das Estrelas;
- Morte das Estrelas.

Objetivos Específicos:

- Explicar o conceito de evolução estelar;
- Explicar a vida das estrelas;
- Apresentar os possíveis estágios finais de uma estrela.

Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides

Dinâmica da Aula: Aula expositiva e discussões.

Descrição: Nesse momento entendia-se que os alunos compreendiam que a diferença entre uma protoestrela e uma estrela está no processo de Fusão Nuclear e que na maior parte da vida da estrela há a queima Hidrogênio em Hélio; desse modo iniciou-se a aula apresentando corpos celestes que tem início de vida semelhante ao de uma estrela, mas que por falta de massa não iniciaram o processo de Fusão Nuclear. Após questionou-se sobre o que acontecesse quando a reserva de Hidrogênio em uma estrela se esgota; após uma breve discussão na qual os alunos apresentaram suas concepções sobre o assunto, foi feita uma apresentação sobre os estágios evolutivos de estrelas de diferentes massas e os prováveis finais de vida das mesmas. Para finalizar a aula solicitou-se que os alunos propusessem uma forma de organizar todo o conteúdo visto.

Atividade para a próxima aula: Ao final da aula, solicitou-se que os alunos lessem o texto disponibilizado no ambiente virtual e realizassem as atividades relativas ao texto.

Módulo 9 e 10 (Aula 6 e 7)

Evolução Estelar - Diagrama HR

Conteúdo:

- Diagrama HR

Objetivos Específicos:

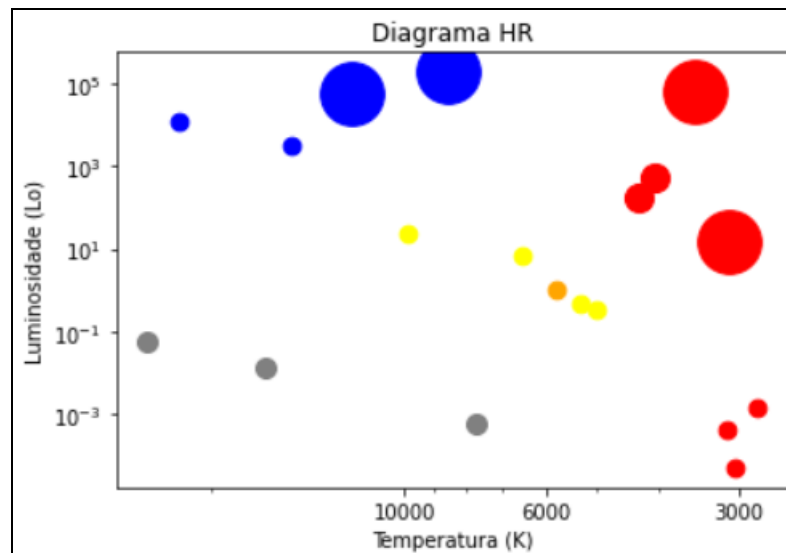
- Apresentar o Diagrama HR;
- Elaborar com os alunos um Diagrama HR.

Recursos Instrucionais:

- Pincel
- Lousa
- Slides
- *Software* desenvolvido para esta atividade

(https://colab.research.google.com/drive/1vs2Wafu6g7NMtfVd4T_-aEFMSNv5PDZO?usp=sharing)

Diagrama HR elaborado pelo software



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dinâmica da Aula: Aula expositiva e discussões.

Descrição: Esta aula foi dividida em dois momentos o primeiro em que era feita uma apresentação acerca das duas ferramentas mais utilizadas para a classificação estelar: a Classificação Espectral de Harvard e o Diagrama HR. Após essa introdução a questão deixada

na aula anterior foi retomada e optou-se pela confecção de um Diagrama HR. O Diagrama HR foi construído em um *software* elaborado para essa aula e os alunos individualmente produziram seu próprio diagrama com base nos dados fornecidos pelo professor. Após a confecção do gráfico cada região de classificação foi explicada.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O questionário abaixo faz referência a uma Pesquisa de Mestrado que está sendo desenvolvida na Universidade Federal de Itajubá por uma Mestranda em Educação em Ciências. O objetivo desta pesquisa é explicar o conceito de Fusão Nuclear aos alunos participantes da pesquisa por meio de uma Sequência Didática de modo a contextualizar a temática por intermédio da Evolução Estelar e do Diagrama HR. Suas respostas contribuirão de forma significativa para o desenvolvimento desta pesquisa.

➤ Seção A - Identificação do participante da pesquisa:

Nome:	
Ano de Conclusão do Ensino Médio:	
Concluiu o Ensino Médio em:	<input type="checkbox"/> Escola Pública <input type="checkbox"/> Escola Privada <input type="checkbox"/> Escola privada com bolsa
O que te levou a optar pelo curso de FLI?	

➤ Seção B - Formação:

1. Quais assuntos de Astronomia foram abordados em seu Ensino Básico?
2. Você teve contato com temas de Astronomia em outros momentos de sua vida (Palestras, visita à observatórios, curiosidade própria, etc.)? Descreva sua experiência.
3. Os temas de Astronomia com os quais você teve contato foram abordados em quais disciplinas do seu Ensino Médio?

➤ Seção C - Sobre o tema a ser estudado:

1. Para você o que é uma estrela?
2. O Sol é a estrela que fornece energia para que a vida exista na Terra. Com base no que você conhece como ocorre o processo de produção de energia em uma estrela?

3. Buraco Negro, Supernova, Anãs Brancas e Gigantes Vermelhas são os possíveis estágios finais da evolução das estrelas. Descreva como ocorre o processo evolutivo de uma Estrela.
4. No seu Ensino Básico você já estudou conteúdos relacionados à produção de energia por meio dos processos de Fusão e Fissão Nuclear?

Sim Não

5. Diferencie o processo de produção de energia via Fusão Nuclear da produzida pela Fissão Nuclear.
6. De que maneira você associaria os processos de Fusão e Fissão Nuclear ao ciclo de vida de uma estrela?
7. O Diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que estrelas de diferentes massas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Você já teve contato com o Diagrama HR?

Sim Não

➤ **Expectativas:**

1. Escreva aqui suas expectativas para com esse trabalho.

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO PÓS-SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O questionário abaixo faz referência a uma Pesquisa de Mestrado que está sendo desenvolvida na Universidade Federal de Itajubá por uma Mestranda em Educação em Ciências. O objetivo desta pesquisa é explicar o conceito de Fusão Nuclear aos alunos participantes da pesquisa por meio de uma Sequência Didática de modo a contextualizar a temática por intermédio da Evolução Estelar e do Diagrama HR. Suas respostas contribuirão de forma significativa para o desenvolvimento desta pesquisa.

➤ **Identificação do participante da pesquisa:**

Nome:	
-------	--

➤ **Sobre o assunto estudado:**

1. O que é uma estrela? Como ela se forma?
2. Como as estrelas produzem energia? Explique.
3. Diferencie o processo de produção de energia via Fusão Nuclear da produzida pela Fissão Nuclear.
4. De que maneira você associaria o processo de Fusão Nuclear ao clico de vida de uma estrela?
5. Comente brevemente o que você aprendeu sobre o ciclo de vida das estrelas.
6. O Diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e temperatura de uma estrela. Desta forma, é possível mostrar que as estrelas ocupam diferentes posições no diagrama, devido às diferentes etapas de sua evolução estelar. Comente brevemente o que você aprendeu sobre este diagrama.
7. Como você relaciona o Diagrama HR ao ciclo de vida das estrelas? E ao processo de Fusão Nuclear?

➤ **Considerações:**

1. Escreva aqui suas considerações acerca deste trabalho.

APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa intitulada **“A aplicação de uma Sequência Didática de modo a otimizar a aprendizagem do conteúdo de Fusão Nuclear utilizando como tema gerador a Evolução Estelar”**. A pesquisa está sendo desenvolvida por Gabriela Corrêa dos Santos, regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), sob orientação do Prof. Dr. Agenor Pina da Silva. Nesse estudo pretende-se analisar a aplicação de uma sequência didática na perspectiva de potencializar o ensino de Astronomia.

A coleta de dados desta pesquisa será realizada na disciplina Conceitos de Astronomia – AST 001 (do curso de licenciatura em Física da UNIFEI) e serão utilizados como instrumentos de coleta de dados: diário de campo, gravação audiovisual, atividades realizadas pelos licenciandos durante a disciplina, e eventualmente, questionários diagnósticos. Os dados obtidos por meio destes instrumentos serão mantidos em arquivo digital (*Google Drive*) sob guarda e responsabilidade do pesquisador por um período mínimo de cinco anos após o término da pesquisa.

No processo de coleta e análise dos dados o(a) senhor(a) terá sua privacidade respeitada, com base na Lei Geral de Proteção de dados - LGPD (Lei 13.709, de 2018), de modo que lhe será informado os dados pessoais que serão coletados e será solicitada a sua aprovação ou não para tal coleta, determinando, assim, o limite da exposição de sua privacidade.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira e só precisará realizar as atividades propostas na disciplina (que consistem em apresentações de seminários, resolução de exercícios, preenchimento de questionários diagnósticos e discussões durante as aulas). Você poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que será atendido pelo pesquisador.

A participação na pesquisa envolve os riscos mínimos que são advindos de qualquer processo de pesquisa, como se sentir desconfortável com alguma atividade ou se sentir constrangido em função da presença do pesquisador em sala de aula. Contudo, serão adotadas todas as medidas necessárias para minimizá-los. Garantimos que, não serão emitidos juízos de valor sobre as respostas dadas, e sobre os documentos analisados, da mesma forma que não se pretende com essa pesquisa julgar ou fazer críticas aos seus conhecimentos.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando esta for finalizada. Seu nome ou material que indique sua participação não serão analisados ou utilizados de qualquer maneira sem a sua permissão. Além disso, você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pela pesquisadora responsável e a outra será fornecida a você.

Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos do estudo **“A aplicação de uma Sequência Didática de modo a**

otimizar a aprendizagem do conteúdo de Fusão Nuclear utilizando como tema gerador a Evolução Estelar” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas.

Declaro que li e entendi todas as informações presentes neste **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** e tive a oportunidade de esclarecer as minhas dúvidas. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada nos pelo pesquisador responsável do estudo.

Declaro ainda que concordo, com o uso e análise dos áudios, imagens e materiais narrativos por mim produzidos ao longo da pesquisa. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

_____, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do(a) estudante

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador responsável: **Gabriela Corrêa dos Santos**

Cargo/função: Mestranda do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências

Instituição: Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Endereço: Av. BPS, nº 1303, Pinheirinho, CEP: 37500 903, Itajubá/MG.

Telefone: (35) 9 9896-0337

e-mail: gabby.95@unifei.edu.br

Dados do Comitê de Ética:

Número do Parecer: 5.264.474

CAAE: 55991522.8.0000.5094