



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 01

Michael Castro de Oliveira

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de
Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de
David Ausubel

Brasília-DF

2025

Michael Castro de Oliveira

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de
Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de
David Ausubel

Dissertação apresentada ao Polo 01 do
Programa de Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física da
Universidade de Brasília - UnB como
requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física. Área de
concentração: Física e Astronomia na
Educação Básica

Orientador:

Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro

Brasília - DF

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Cc Castro de Oliveira, MICHAEL
O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de David Ausubel / MICHAEL Castro de Oliveira; orientador Fábio Ferreira Monteiro. Brasília, 2025.
169 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Universidade de Brasília, 2025.

1. Astronomia e Física - Ensino. 2. Aprendizagem significativa de Ausubel. 3. Sequências didáticas - Produto Educacional. 4. Educação Básica - ensino fundamental. 5. Cosmologia - Ensino de Física. I. Ferreira Monteiro, Fábio , orient. II. Título.

Michael Castro de Oliveira

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de
Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de
David Ausubel

Dissertação apresentada ao Polo 01 do Programa de Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física da Universidade de Brasília - UNB como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física e
Astronomia na Educação Básica

Aprovada em 03 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: Fábio Ferreira Monteiro – Presidente – Membro Interno - Titular
Universidade de Brasília

Alessandra Ferreira Albernaz – Membro Interno - Titular
Universidade de Brasília

Ronni Amorim - Membro Interno - Suplente
Universidade de Brasília

Rendisley Aristóteles dos Santos Paiva – Membro externo - Titular
SEDF

Ronei Miotto – Membro Externo - Suplente
Universidade do ABC

DEDICATÓRIA

Este trabalho é uma amostra pequena da dedicação de uma família que
vive sob a graça de Deus.

Dedico-o a Cristo, o Eterno, por Sua maravilhosa graça transformadora
em nossas vidas.

À minha esposa, Caliandra, pelo suporte, apoio, compreensão em todas
as horas e por cuidar do nosso lar.

Aos meus filhos, Sarah e Benjamin, pelo amor e compreensão em me ter
tantas horas distante para a realização de um sonho.

Aos meu pai, Josimar (*in memorian*).

À minha mãe, Vera Lúcia, pelos ensinamentos, educação e incansável
amor pelos filhos e netos.

Aos meus irmãos Emerson e Verônica por estarem alertas em caso de
alguma necessidade.

À minha tia Diovanna pelas palavras de incentivo.

Ao meu sogro Edmundo, pelas palavras de incentivo.

À minha avó de coração, Ana Cardoso (*in memorian*) pelas sábias
palavras de encorajamento e o legado deixado à minha família.

À amada irmã, Marionita (Marion), pelos conselhos.

À amada comunidade da fé, pela compreensão e apoio.

A todos os pais dedicados à educação de seus filhos e em especial, às
famílias educadoras, pela perseverança, coragem e obediência a Deus.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Eterno, Alfa e Ômega, por criar tantas coisas maravilhosas para que eu pudesse contemplá-las e me guiar por toda esta jornada. Por Sua bondade e misericórdia sempre presentes, guiando meus passos em todos os momentos, a fim de conhecer um pouco mais da Sua insondável grandeza.

À minha amada esposa e aos meus filhos, pelo amoroso suporte.

À minha querida mãe, Vera, pelas palavras de incentivo e entusiasmo.

Aos meus irmãos Emerson e Verônica, pelo companheirismo.

Ao meu orientador, Fábio Ferreira Monteiro, pela paciência e apoio. Sou grato pelo respeito e dedicação, que foram pilares essenciais para a conclusão deste estudo.

Aos meus alunos, por tornarem esse trabalho possível.

Ao mestre, Gustavo, pelas palavras sábias de encorajamento e conselhos.

Aos amigos, Artur, Paulo, Clemilton, Eliomar, Luiz Antônio, Fernanda, Nancy, Glenda, Anselmo, Jooziel, Sued, Daniela, Fernando, Marlon, Robério e Jeferson, por tornarem esta jornada mais leve.

Aos irmãos de fé e caminhada pelas muitas conversas, por me ouvirem e por rogarem em meu favor.

Aos colegas, Casanova e Daniel, pela força mútua para que chegássemos ao fim.

Aos colegas de turma, pela caminhada.

Ao professor Cristiano (Cris), pela notável dedicação à educação e pelo apoio.

À professora Maria de Fátima da Silva Verdeaux, pelo incentivo.

Aos professores do IF/UNB, Vanessa, Alessandra, André, Pedrosa e Ronni, pela dedicação.

Aos professores, Caliandra, Suzanne, Kamilla, Raquel e Silvana, pelo amor ao ensino e à educação.

À coordenadora Luciana, pelo apoio na aplicação da pesquisa.

Aos pais dos alunos, pelo apoio na aplicação da pesquisa.

À comunidade do Lago Norte, pela caminhada.

Por fim, registro meu agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

“Qualquer que seja a concepção de educação, ela deveria fazer de você um indivíduo único, não um conformista; deveria fornecer-lhe um espírito original, para enfrentar grandes desafios; deveria permitir-lhe encontrar valores que lhe servirão de guia por toda sua vida; deveria torná-lo espiritualmente rico, uma pessoa que ama o que quer que faça, onde quer que esteja, com quem quer que esteja; deveria ensinar-lhe o que importa: como viver e como morrer.” (GATTO, 2019, p. 97).

RESUMO

Este trabalho investiga o processo de ensino-aprendizagem de conceitos abstratos de Física e Astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. A pesquisa, realizada com uma turma de 9º ano, delimitou-se ao estudo do Ciclo de Vida das Estrelas, explorando grandezas físicas como massa, temperatura e distâncias astronômicas. Como Produto Educacional (PE), desenvolveu-se o jogo de cartas intitulado “Aventura Cósmica: uma viagem astronômica”, concebido como recurso lúdico para mediar a compreensão de fenômenos complexos. A proposta pedagógica foi estruturada em uma Sequência Didática (SD) que integrou o jogo a recursos audiovisuais e diálogos mediados, fomentando a interação em sala de aula. A metodologia adotou uma abordagem quali-quantitativa. No âmbito quantitativo, o desempenho dos discentes foi mensurado via pré-teste, pós-teste e testes de retenção, com tratamento estatístico realizado por meio do teste de Wilcoxon e do coeficiente r de Kerby. A análise qualitativa sustentou-se na Análise de Conteúdo de Bardin, com suporte da escala Likert e das taxonomias de Bloom e Lipman para avaliar dimensões cognitivas e perceptivas. Os resultados apontam evidências robustas de aprendizagem, com evolução significativa no desempenho conceitual e elevado engajamento discente. Observou-se que o jogo, como material potencialmente significativo, facilitou a ancoragem dos novos conhecimentos aos subsunçores identificados na estrutura cognitiva dos estudantes. Conclui-se que o Produto Educacional é eficaz e replicável, apresentando-se como uma estratégia viável para qualificar o ensino de Física e promover a aprendizagem significativa no Ensino Fundamental.

Palavras-chave: ensino de física; intervenção pedagógica; aprendizagem significativa

ABSTRACT

This study investigates the teaching-learning process of abstract concepts in Physics and Astronomy within the final years of Middle School, grounded in David Ausubel's Meaningful Learning Theory (MLT). The research, conducted with 9th-grade students, focused on the Life Cycle of Stars, exploring physical magnitudes such as mass, temperature, and astronomical distances. As an Educational Product (EP), a card game titled "Cosmic Adventure: An Astronomical Journey" was developed as a ludic resource to mediate the understanding of complex phenomena. The pedagogical proposal was structured into a Didactic Sequence (DS) that integrated the game with audiovisual resources and mediated dialogues, fostering classroom interaction. The methodology adopted a mixed-methods approach (qualitative-quantitative). Quantitatively, student performance was measured through pre-tests, post-tests, and retention tests, with statistical treatment using the Wilcoxon signed-rank test and the Kerby r coefficient. The qualitative analysis was based on Bardin's Content Analysis, supported by the Likert scale and Bloom's and Lipman's taxonomies to assess cognitive and perceptive dimensions. The results indicate robust evidence of learning, with significant evolution in conceptual performance and high student engagement. It was observed that the game, acting as a potentially meaningful material, facilitated the anchoring of new knowledge to the subsumers identified in the students' cognitive structures. In conclusion, the Educational Product proved effective and replicable, serving as a viable strategy to enhance Physics teaching and promote meaningful learning in Middle School.

Keywords: Meaningful Learning; Astronomy; Educational Game; Physics Teaching.

RESUMEN

Este trabajo investiga el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos abstractos de Física y Astronomía en los años finales de la Educación Primaria, fundamentado en la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de David Ausubel. La investigación, realizada con un grupo de 9º año, se delimitó al estudio del Ciclo de Vida de las Estrellas, explorando magnitudes físicas como masa, temperatura y distancias astronómicas. Como Producto Educacional (PE), se desarrolló el juego de cartas titulado “Aventura Cósmica: un viaje astronómico”, concebido como un recurso lúdico para mediar la comprensión de fenómenos complejos. La propuesta pedagógica se estructuró en una Secuencia Didáctica (SD) que integró el juego con recursos audiovisuales y diálogos mediados, fomentando la interacción en el aula. La metodología adoptó un enfoque cualicuantitativo. En el ámbito cuantitativo, el desempeño de los estudiantes se midió mediante pretest, postest y pruebas de retención, con un tratamiento estadístico realizado a través de la prueba de Wilcoxon y el coeficiente r de Kerby. El análisis cualitativo se basó en el Análisis de Contenido de Bardin, con el apoyo de la escala Likert y las taxonomías de Bloom y Lipman para evaluar dimensiones cognitivas y perceptivas. Los resultados indican evidencias robustas de aprendizaje, con una evolución significativa en el desempeño conceptual y un alto compromiso de los estudiantes. Se observó que el juego, como material potencialmente significativo, facilitó el anclaje de los nuevos conocimientos en los subsensores identificados en la estructura cognitiva de los alumnos. Se concluye que el Producto Educacional es eficaz y replicable, presentándose como una estrategia viable para calificar la enseñanza de la Física y promover el aprendizaje significativo en la Educación Primaria.

Palabras clave: Aprendizaje Significativo; Astronomía; Juego Didáctico; Enseñanza de la Física; Educación Primaria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de Formação das estrelas

Figura 2 Durante o jogo 'Aventura Cósmica'

Figura 3 Durante o jogo 'Aventura Cósmica'

Figura 4 Momento do teste

Figura 5 Vídeo 1 – Singularizando (APÊNDICE F)

Figura 6 Vídeo 2 – Mitrostudios (APÊNDICE F)

Figura 7 Vídeo 3 – Ciência Mais (APÊNDICE F)

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Roteiro de atividades por aula
- Tabela 2 Desempenho geral
- Tabela 3 Comparação do Pré e Pós-testes
- Tabela 4 Informação dos testes aplicados
- Tabela 5: Questões e seus percentuais
- Tabela 6 Avaliação de temas reagrupados
- Tabela 7 Comparação percentual de acertos entre os testes
- Tabela 8 Comportamento por categoria
- Tabela 9 Comparação por grau de dificuldades dos testes
- Tabela 10 Comparação entre testes
- Tabela 11 Efeito r Kerby
- Tabela 12 Bardin referente à primeira pergunta
- Tabela 13 Bardin referente à segunda pergunta
- Tabela 14 Quadro Comparativo entre Bardin, Bloom e Lipman
- Tabela 15 Respostas do questionário Likert
- Tabela 16 Análise Likert
- Tabela 17 Comparação entre os testes (APÊNDICE G)
- Tabela 18 Comparação entre Wilcoxon e Kerby (APÊNDICE G)

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Escala Likert Avaliação de Qualidade

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SD	Sequência Didática
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
IP	Intervenção Pedagógica
OPs	Organizadores Prévios
AS	Aprendizagem Significativa
AM	Aprendizagem Mecânica
PE	Produto Educacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 HIPÓTESES DE PESQUISA	23
2.1.1 Objetivo Principal	24
2.1.2 Objetivos Secundários	25
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
3.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	25
3.1.1 Pontos sobre Aprendizagem Mecânica x Aprendizagem Significativa	27
3.1.2 Os Subsunoçores na Aprendizagem Significativa.....	28
3.1.3 Cenário Ideal para a Ocorrência da Aprendizagem Significativa	29
3.1.4 Aprendizagem Significativa – Princípios e Soluções.....	30
3.2 USO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS E JOGOS NO ENSINO DO CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS À LUZ DA TAS	35
3.2.1 Recursos Audiovisuais.....	35
3.2.2 Jogos Educativos como Ferramentas para a Aprendizagem Significativa em Astronomia	36
3.2.3 Recursos Audiovisuais e Jogos	37
4 CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS: DA NEBULOSA AO COLAPSO FINAL	38
4.1 O CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS À LUZ DA TEORIA DE AUSUBEL.....	49
5 METODOLOGIA.....	51
5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	52
5.2 CONTEXTO DA PESQUISA.....	53
5.2.1 Análise do Contexto de Aplicação: Pontos Fortes e Fracos	54
5.2.2 Pontos Fracos e Dificuldades	54
5.2.3 Considerações sobre o Engajamento Familiar	55
5.2.4 Aspectos Éticos.....	56
5.3 PASSOS DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	56
5.3.1 Descrição do Material Pedagógico Utilizado no Produto Educacional	57
5.4 ROTEIRO DE EXECUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	58
5.5 GESTÃO DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO E MONITORAMENTO	60
5.6 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO CONCEITUAL.....	60
5.7 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS TESTES	61
5.7.1 Instrumentos de Avaliação Quantitativos: Pré-teste, Pós-teste e Testes de Retenção	62
5.7.2 Instrumentos Qualitativos de Avaliação do Produto	63
6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	66
6.1 PROCEDIMENTOS GERAIS DE ANÁLISE	66
6.2 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	67
6.3 ANÁLISE QUALITATIVA.....	69
6.4 CRITÉRIOS DE QUALIDADE E VALIDAÇÃO	69

6.5 CONSIDERAÇÕES INTERPRETATIVAS E DISCUSSÕES	70
6.5.1 Performance dos Organizadores Prévios	70
6.6 AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM ATIVA	73
6.7 INTERPRETAÇÃO PEDAGÓGICA E IMPLICAÇÕES TEÓRICAS	76
6.8 ANÁLISE DOS TESTES DE RETENÇÃO	77
6.9 DESEMPENHO GERAL - MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO	79
6.9.1 Síntese dos Resultados – Integração Teórico-Prática	80
6.9.2 Breve Conclusão Interpretativa Acerca dos Testes de Retenção	83
7 ANÁLISE COM TESTES: WILCOXON E EFEITO R DE KERBY	84
7.1 ANÁLISE DE WILCOXON	85
7.1.1 Tamanho do Efeito: r de Kerby	85
7.2 RETENÇÃO DO CONHECIMENTO	87
7.3 RESULTADOS PÓS-INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	87
7.4 ANÁLISE QUALITATIVA DE LAURENCE BARDIN	90
7.4.1 Análise e Discussão dos Resultados	93
7.5 IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS – LIPMAN E BLOOM	96
7.6.1 Ampliação da Análise: Taxonomia de Bloom e a Teoria de Lipman	99
7.7 ANÁLISE DOS ITENS PELA ESCALA LIKERT	101
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	120
APÊNDICE B – TESTES DE AVALIAÇÃO	138
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA AULA	145
APÊNDICE D – CARTAS DO JOGO AVENTURA CÓSMICA	148
APÊNDICE E – FICHA DE REGRAS DO AVENTURA CÓSMICA	155
APÊNDICE F – LINK DOS VÍDEOS ESCOLHIDOS	158
APÊNDICE G – ANÁLISE ESTATÍSTICA	161

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a Astronomia estabeleceu-se como uma das vertentes primordiais do saber, visto que a observação sistemática do cosmos foi determinante para a estruturação das primeiras civilizações. O monitoramento do firmamento revelou uma ordenação precisa dos corpos celestes, permitindo que sociedades ancestrais decifrassem padrões sazonais e otimizassem ciclos vitais, como o plantio e a colheita, a partir da previsibilidade intrínseca ao sistema cósmico (NORTH, 2021). Essa compreensão da arquitetura e dos movimentos cíclicos do universo não apenas fundamentou calendários sofisticados, mas também evidenciou a complexidade das leis físicas que regem a astrofísica moderna.

Dentro deste panorama, o estudo do Ciclo de Vida das Estrelas emerge como um tema central, pois permite investigar a origem e a dinâmica de formação dos elementos químicos fundamentais. O estudo dessas etapas de desenvolvimento estelar revela um ajuste fino nas grandezas físicas, mantendo-se como um tópico de singular capacidade inspiradora sobre a organização do universo no ambiente acadêmico. A compreensão dos princípios que regem a arquitetura cósmica constitui um desafio significativo no âmbito educacional, particularmente ao abordar fenômenos de natureza abstrata e escalas de complexidade irredutível, como o Ciclo de Vida das Estrelas. A transição entre o funcionamento microscópico da fusão nuclear e a magnitude macroscópica da estabilidade estelar exige do estudante uma capacidade de articulação que muitas vezes excede o ensino tradicional. "A literatura pedagógica ressalta que a compreensão dos conceitos científicos é amplamente favorecida quando o universo é apresentado como um sistema dotado de uma ordem intrínseca e coerente. Quando o ensino falha em evidenciar essa arquitetura estruturada e o equilíbrio das leis físicas, o estudante encontra obstáculos para consolidar o letramento científico, resultando em uma visão fragmentada da realidade. Segundo Santos e Langhi (2021), a percepção de que o cosmos opera sob uma organização precisa é fundamental para que o aluno estabeleça conexões significativas entre as leis da Física e a sua própria existência."

Frequentemente, os conteúdos são ministrados de forma desvinculada da realidade, ignorando a sintonia fina presente nos processos naturais, o que resulta em uma aprendizagem mecânica. Segundo Santos e Langhi (2021), a necessidade de estratégias pedagógicas inovadoras no ensino de Astronomia é premente para que o

aluno perceba a conexão entre as leis da Física e a sua própria existência. Nesse cenário, a Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS de David Ausubel (2003) oferece o suporte necessário para que os novos conceitos sobre massa, temperatura e distâncias astronômicas sejam ancorados em subsunçores que reconheçam a ordem e a finalidade dos processos físicos. Para potencializar essa percepção, estratégias lúdicas e multimodais tornam-se essenciais. Conforme Silva *et al.* (2023), o uso de vídeos e jogos didáticos permite a visualização de estruturas complexas que, de outra forma, seriam invisíveis, facilitando a apreensão de que o universo opera sob regras precisas e interconectadas. Pesquisas contemporâneas reforçam que a gamificação reduz a ansiedade cognitiva e promove o engajamento necessário para que o estudante compreenda a intencionalidade das leis físicas, conforme (LIMA; SILVA, 2021; FERREIRA; PINHEIRO, 2024).

Entretanto, a compreensão dos princípios astronômicos fundamentais constitui um desafio significativo no âmbito educacional, particularmente quando aborda fenômenos de escala cósmica e natureza abstrata, como os processos que regem o Ciclo de Vida das Estrelas. Os fenômenos observáveis são de grande escala, exigindo para isso instrumentos de observação bastante específicos e cálculos matemáticos muito distantes da realidade de sala de aula. Essa dificuldade é evidenciada no dia-a-dia na escola, no relacionamento professor-aluno e pelos resultados de avaliações educacionais nacionais. Vale ressaltar que os dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica – SAEB/INEP (2021/2023) revelam que uma proporção considerável de discentes concluem o Ensino Fundamental sem alcançar níveis satisfatórios de proficiência em Ciências, demonstrando limitações na capacidade de articular conhecimentos para explicar fenômenos simples até os mais elaborados. No caso desta pesquisa, a proposta foi trabalhar numa linguagem simples e acessível aos alunos, sem, entretanto, deixar o rigor científico, numa tentativa de levá-los a uma reflexão saudável, ajustando o conhecimento do senso comum ao letramento científico.

A pesquisa teve como parâmetro a Base Nacional Comum Curricular – BNCC, na referência (EF09CI17), Terra e Universo, o ciclo evolutivo do Sol: nascimento, vida e morte; baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas, ou seja, o tema é introduzido nesta etapa dos estudos, já que os alunos nos anos anteriores não viram este assunto específico. Neste caso, tem-se uma janela para se abordar o assunto sobre o Ciclo de Vida das Estrelas, mesmo que de forma introdutória, porém,

sem prejuízos conceituais que evoluem o tema. Todavia, como adverte Gatto (2019), o uso de uma linguagem meramente técnica pode criar obstáculos; é necessário que o docente atue como mediador dessa percepção, evidenciando a lógica intrínseca aos fenômenos astronômicos. É possível que uma abordagem pedagógica demasiadamente conteudista e simplesmente técnica, coloque barreiras intransponíveis aos discentes desta etapa da escolarização. A linguagem pode ser adaptada sem perder o rigor científico, sem que haja prejuízos semânticos às definições. Uma vez que a prática docente negligência esse fato, pode-se criar resistências cognitivas para o aprendizado, (GATTO, 2019). O trabalho se ateve ao 9º ano do ensino fundamental, com 9 (nove) alunos na faixa etária entre 13 e 14 anos, com pouca experiência anterior em ciência ou de uma matemática mais elaborada.

A ideia neste contexto é oportunizar uma maneira de se ensinar temas da Física e astronomia, numa perspectiva mais acessível, segundo Moreira (2022). Essa deficiência na aplicação de conceitos científicos complexos a contextos práticos ressalta a necessidade premente de estratégias pedagógicas mais eficientes. Frequentemente, os conteúdos são ministrados de forma desvinculada da realidade discente, baseando-se em metodologias que pouco dialogam com suas experiências, resultando em uma aprendizagem mecânica, superficial e distante do aluno. Optamos por minimizar as barreiras que poderiam impedir dos alunos assimilarem o assunto, preferimos deixar o ambiente amigável, dialogado e mais intimista para possibilitar uma maior interação entre os alunos e o docente pesquisador, (Sayers, 2023).

Nesse cenário, torna-se imperativa a adoção de abordagens didáticas que conectem os saberes científicos ao cotidiano dos educandos, fomentando uma aprendizagem mais significativa. Segundo (AUSUBEL, 2003, p. 67) fundamenta essa perspectiva ao afirmar que “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Contudo, um obstáculo frequente no ensino de astronomia é a ausência de subsunçores adequados na estrutura cognitiva dos estudantes, ou seja, a carência de conceitos anteriores ‘âncoras’ que permitam ancorar novos conhecimentos sobre evolução estelar, massas astronômicas, temperaturas das estrelas e distâncias interestelares.

O ensino de astronomia, em especial, insere-se em um contexto educacional brasileiro marcado por desafios. De um lado, há uma demanda social crescente por alfabetização científica, compreendida como a habilidade do indivíduo de interpretar e empregar saberes científicos em seu cotidiano, essencial para o exercício da

cidadania em uma sociedade tecnologicamente orientada (KRASILCHIK; MARANDINO, 2018, p. 42). De outro, o ensino de Física e Astronomia enfrenta barreiras como o desinteresse histórico de discentes do Ensino Fundamental, muitas vezes percebidas como disciplinas excessivamente teóricas, difíceis e distantes de sua realidade (MOREIRA; OSTERMANN, 2013; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). Além disso, a maioria dos docentes do ensino fundamental 2 são de outras áreas que não a Licenciatura em Física. Essa desconexão pode gerar desmotivação e baixo engajamento, impactando negativamente o desempenho e potencialmente afastando jovens de trajetórias científico-tecnológicas (OLIVEIRA; JUSTI, 2015). Diante deste panorama, investigar abordagens pedagógicas inovadoras que revitalizem o ensino astronômico e desperte o interesse e reduzam a ansiedade cognitiva, torna-se crucial, segundo Oliveira e Basso (2015). Estratégias que incorporam elementos lúdicos, como jogos didáticos, surgem como alternativas promissoras. Conforme registrado, “a inserção de jogos educativos no ambiente escolar favorece não apenas o desenvolvimento cognitivo, mas também aspectos afetivos e sociais, promovendo interação e construção significativa de conhecimentos” (KISHIMOTO, 2022, p. 87).

A ludicidade assume, assim, um papel central no ensino de Ciências, pois facilita o envolvimento emocional e intelectual dos discentes. (OLIVEIRA e BASSO, 2015, p.118) acrescentam que jogos no ensino de Física e Astronomia permitem “a ressignificação de conceitos por meio da experimentação e do desafio intelectual”. Ademais, o uso de recursos audiovisuais complementares, como vídeos curtos, auxilia na visualização de fenômenos invisíveis ou de difícil apreensão, facilitando a formação de imagens mentais necessárias para a compreensão conceitual (MORAN, 2000). Utilizar o lúdico como ferramenta de ensino e aprendizagem têm se demonstrado extremamente útil, em todos os níveis da educação. Jogos e brincadeiras facilitam a maneira de enxergar conteúdos que seriam vistos como extremamente complexos pelos alunos. Jogos e brincadeiras auxiliam a entender regras pré-estabelecidas, a aprender a esperar a sua vez e também a ganhar e perder. E com isso, estimula a autoavaliação permitindo ver por si mesmo o progresso de que é capaz, reforçando assim sua autoestima.

A presente pesquisa centra-se, portanto, em investigar o potencial de uma proposta didática que combina vídeos dirigidos, um jogo de cartas - Aventura Cósmica: uma viagem Astronômica e uma breve intervenção dialogada como mediadores da aprendizagem do Ciclo de Vida das Estrelas e das grandezas

astronômicas correlatas, massa, temperatura, distância. A opção por essa abordagem justifica-se por múltiplos fatores. Como já mencionado, experiências recentes indicam que a integração de jogos no contexto educacional estimula a interação entre discentes e promove a construção ativa do conhecimento, conforme Araújo e Monteiro (2023). Quando articulados com recursos multimodais, os jogos podem compor sequências didáticas mais ricas e eficazes. No âmbito deste mestrado, aprendemos o valor das estratégias didáticas e a construir animações e jogos para facilitação da aprendizagem, como se segue numa pesquisa bibliográfica sobre os recursos utilizados nesta pesquisa.

Araújo e Monteiro (2023) ao explorar a interconexão entre teorias da aprendizagem, utilizando recursos multimodais e ludicidade. O artigo relata uma experiência de ensino de Óptica Geométrica no Ensino Médio mediada por um material paradidático, com forte uso da ludicidade, evidenciada pelo apelo visual, linguagem acessível, atividades em grupo, experimentos e discussões investigativas. A proposta articula essas estratégias à Teoria da Aprendizagem Significativa -TAS de Ausubel, organizando as aulas por meio de organizadores prévios, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. As atividades lúdicas favoreceram o engajamento, a curiosidade e a participação ativa dos estudantes. A mobilização de conhecimentos prévios (subsunoeres) e a construção coletiva de significados indicaram aprendizagem significativa. Os resultados do pré-teste e pós-teste reforçam evidências de avanço conceitual associado à TAS.

Cardinot e McCauley (2024) investigam o potencial de jogos educacionais não digitais como ferramenta para promover mudanças conceituais no ensino de Astronomia. O estudo analisa a aplicação de jogos de tabuleiro em contextos formais de ensino, evidenciando impactos positivos tanto no domínio cognitivo quanto no afetivo dos estudantes. Os resultados indicam que a interação lúdica favorece o engajamento, a motivação e a revisão contínua de conceitos astronômicos, contribuindo para a superação de concepções alternativas. Os autores destacam que os jogos, quando mediados adequadamente pelo professor, funcionam como organizadores prévios, alinhando-se aos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa. A pesquisa apresenta evidências empíricas robustas de que estratégias lúdicas não digitais podem ampliar a compreensão conceitual em Astronomia e enriquecer práticas pedagógicas no ensino de Ciências.

Sensoy e Varzikioglu (2025) apresentam um estudo experimental que investiga os efeitos da incorporação de atividades e jogos educativos no ensino de Astronomia para estudantes do Ensino Fundamental. O estudo investiga o efeito do ensino enriquecido com atividades de Astronomia e jogos educacionais no desempenho de alunos do 6º ano, em um desenho quase-experimental com pré-teste e pós-teste. A pesquisa compara grupos submetidos a metodologias tradicionais e a intervenções lúdicas estruturadas, analisando o desempenho conceitual dos alunos. Os resultados evidenciam ganhos estatisticamente significativos na compreensão de conteúdos astronômicos, como Sistema Solar e fenômenos celestes, entre os estudantes expostos às atividades lúdicas. Os autores destacam que a integração de jogos favorece maior engajamento, participação ativa e retenção do conhecimento. O estudo reforça a eficácia de abordagens pedagógicas baseadas em ludicidade como estratégias relevantes para qualificar o ensino de Astronomia e ampliar o desempenho acadêmico dos estudantes.

Por fim, temos mais um artigo “Jogos didáticos para o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental ou no título original: “Educational games for Astronomy teaching in Elementary Education”, de J. C. Miranda*; G. R. Gonzaga; R. C. Costa; C. C. C. Freitas; K. C. Côrtes. O artigo descreve a elaboração e aplicação de três jogos didáticos físicos desenvolvidos no contexto do PIBID para apoiar a aprendizagem de Astronomia em uma escola pública. Os jogos foram construídos com materiais de baixo custo e usadas como ferramentas pedagógicas para preparar alunos do Ensino Fundamental para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), estimulando interesse e participação dos estudantes no processo didático. A estratégia central é claramente lúdica, baseada no uso presencial de jogos; não há referência ao uso de vídeos como recurso metodológico nem a uma intervenção dialogada estruturada como parte da proposta. A avaliação incluiu um questionário sobre usabilidade e compreensão das regras, com resultados que indicam que os jogos contribuíram para tornar o ensino mais agradável, didático e eficaz, favorecendo um ambiente de construção de conhecimento científico crítico.

Após esta pesquisa bibliográfica, constatamos que este trabalho se fundamenta numa sequência de atividades inovadora não encontrada em outros trabalhos pesquisados, por reunir recurso audiovisual, gamificação, diálogo professor aluno e testes quantitativos e qualitativos. Para esta investigação, foram usados vídeos pesquisados na plataforma *Youtube* sobre o ciclo estelar, um jogo de cartas - Aventura

Cósmica (autoria própria), com dados de estrelas reais e instrumentos avaliativos, como pré-teste, pós-teste e testes de retenção. Também aplicamos duas avaliações de qualidade do PE. Acredita-se que a utilização combinada desses recursos pode potencializar a aprendizagem significativa, promovendo mediação simbólica, construção coletiva e emprego de múltiplas linguagens. A escolha pelo tema Ciclo de Vida das Estrelas justifica-se ainda por sua relevância e por ser um tópico propício ao desenvolvimento de concepções alternativas entre os estudantes, como a ideia de que todas as estrelas possuem tempo de vida semelhante ou que seu brilho depende apenas de seu tamanho aparente. A persistência dessas concepções, mesmo após a instrução formal, evidencia as limitações de abordagens tradicionais e reforça a necessidade de estratégias que partam do conhecimento prévio do aluno e favoreçam uma reestruturação conceitual efetiva.

Reconhecem-se, contudo, os limites deste estudo. A originalidade da proposta não reside na criação isolada de um jogo ou uso de vídeos, mas na integração desses elementos em uma sequência didática coesa, fundamentada em referenciais teóricos e adaptada ao contexto educacional investigado. Ademais, considera-se a complexidade inerente à produção de um material pedagógico que seja simultaneamente aplicável em múltiplos ambientes educacionais. Este trabalho também se dirige aos docentes sem formação acadêmica em Física ou astronomia e aos demais colegas docentes, que desejem aplicar o produto desenvolvido nesta pesquisa, a fim de facilitar o diálogo em sala acerca de um tema atual e de grande interesse pelo público jovem. Acreditamos que essa proposta entrega um conhecimento sólido e conciso para se compreender o assunto.

Inicialmente pensávamos em aplicar o produto em um número maior de aulas, entretanto, encontramos algumas barreiras para tanto. A escola encarou como uma rica oportunidade, mas o tempo e conteúdo programático do currículo poderia ser comprometido caso a intervenção pedagógica deste pesquisador fosse realizada em mais aulas. Assim sendo, o PE foi aplicado em 1 (uma) aula dupla, com dois tempos de 50 minutos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A escolha da Teoria da Aprendizagem Significativa como alicerce central desta pesquisa justifica-se por seu potencial explicativo sobre como os estudantes

constroem conhecimentos científicos que podem ser aplicados em diversos contextos, superando a memorização mecânica de conceitos astronômicos. O objetivo cerne deste trabalho, como supracitado, é valer-se desta teoria para promover a aprendizagem significativa dos conceitos físicos envolvidos no Ciclo de Vida das Estrelas entre os participantes da pesquisa, por meio da intervenção pedagógica com o jogo "Aventura Cósmica".

Um ponto fundamental para a educação em ciências reside na distinção entre Aprendizagem Significativa -AS e Aprendizagem Mecânica AM, particularmente no ensino de astronomia e física. Enquanto a AM levaria à simples memorização de estágios evolutivos estelares, a AS, almejada com a aplicação do jogo didático, permite que os alunos relacionem conceitos como massa, temperatura e distância com seus conhecimentos prévios, compreendendo efetivamente como essas grandezas físicas determinam o destino das estrelas. Adiante, vamos desenvolver o assunto à luz desta teoria.

2.1 HIPÓTESES DE PESQUISA

A ideia central desta pesquisa é centrada na condição de que este trabalho, devido ao contexto escolar, pedagógico e o tema que foi proposto, apoia-se em testar a hipótese pedagógica de que é viável ensinar astronomia de forma acadêmica e científica, inclusive valendo-se de um rigor matemático para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental que ainda não possuem pré-requisitos matemáticos e teóricos, além de maturidade acadêmica. Propomos uma ferramenta que, quando aplicada, pode minimizar as limitações que, aparentemente, são barreiras para o ensino e aprendizagem de física e astronomia. Para tanto, vamos analisar os resultados da aplicação do produto educacional – que está no final deste trabalho – e oferecer uma abordagem pedagógica de ensino possível de aplicação para esta fase escolar.

2.1.1 Objetivo Principal

Elaborar, através da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, uma sucessão de atividades pedagógicas baseada em metodologias ativas que propicie aprendizagem de conhecimentos relativos ao Ciclo de Vida das Estrelas aos alunos

do 9º ano do Ensino Fundamental, assim como suas aplicações em situações do dia a dia.

2.1.2 Objetivos Secundários

Desenvolver nos alunos a capacidade de avaliar, analisar, criticar e aplicar o que foi visto, senso crítico, mas ao mesmo tempo receptivos ao novo e inovador, que foi o caso desta proposta para a turma. Além disso, possibilitar um tempo de relacionamento entre os pares para a construção coletiva do conhecimento (jogo trunfo) e oferta-los uma possibilidade de aprender se divertindo, num espaço de diálogo, respeito e convivência saudável, levando-os a nota que o caráter social se relaciona com o saber científico. Estimular a autonomia, a busca por soluções e o fazer perguntas, foram objetivos. Possibilitar um espaço para encorajamento mútuo e a busca de soluções em conjunto perpassou essa proposta pedagógica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Desenvolvida por David Ausubel, a teoria da Aprendizagem Significativa, corrente da psicologia educacional, é uma vertente cognitivista, pois considera que o processo de aprendizagem é o resultado da interação entre o novo conhecimento e a estrutura de conhecimento do indivíduo (MOREIRA, 2022).

É interessante registrar que, Ausubel como médico psiquiatra, dedicou a sua carreira acadêmica à psicologia educacional sem deixar, contudo, a psiquiatria. Ao morrer em 2008, Joseph D. Novak, professor da Universidade de Cornell, refina e divulga a TAS. Interessa-nos saber, que Ausubel faz distinção de “três tipos gerais de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora”, segundo Moreira (2022, p.139), entretanto, seu foco principal está no campo da cognitiva.

A escolha desta teoria como alicerce central se justifica por seu potencial explicativo sobre como as pessoas aprendem conteúdos escolares para utilizá-los em diversos contextos e situações, superando a simples prática da memorização mecânica, ou popularmente conhecido como “decoreba”. O Objetivo cerne deste trabalho, como já supracitado é valer-se desta teoria a fim de aferir se ocorre a

aprendizagem significativa dos conceitos envolventes no Ciclo de Vida das Estrelas aos alunos que participaram desta pesquisa. Um ponto interessante a se pensar em educação é sobre uma diferença, pelo menos, inicialmente básica, entre Aprendizagem Significativa - AS e Aprendizagem Mecânica - AM. Inicialmente, pois esse assunto pode ir além do objetivo desta pesquisa, ou seja, ensejar outros desdobramentos que não serão objetos desta investigação. Vamos preferir ficar na conceituação básica destes pontos, mesmo porque, essa temática envolve uma complexidade que exigiria um aprofundamento minucioso da literatura, inclusive clássica, envolvendo o *Trivium* e *Quadrivium*, que são ferramentas clássicas da educação bastante utilizadas nos séculos anteriores e ainda muito presentes em alguns países, especialmente nos Estados Unidos, segundo (SAYERS, 2023) e Bauer (2021).

Sobre AM, falaremos sobre este assunto mais adiante, por ora, vamos aprofundar mais na AS e os benefícios desta abordagem para o ensino de astronomia a estudantes jovens, que ainda não avançaram em assuntos mais complexos durante a vida acadêmica. Segundo Ausubel, “a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação é ancorada em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz” (MOREIRA, 2022, p.140-141). Para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento se ancora em um conhecimento prévio, existente na estrutura cognitiva daquele que está aprendendo; com isso, ambos os conhecimentos — os novos e os existentes — sofrem uma modificação em seus significados, surgindo assim, um conhecimento mais estável e enriquecido. Ainda neste mesmo sentido, dizemos que o conhecimento prévio é chamado de subsunçor. Neste sentido, temos que:

[...] o conceito fundamental da abordagem ausubeliana é aquele de estrutura cognitiva (que faz dele um adepto do Cognitivismo em Psicologia), entendida como uma estrutura hierarquicamente organizada de conceitos que se organizam como árvores relacionais. Outro conceito fundamental nessa abordagem é aquele de subsunçor, concebido como os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A aprendizagem, portanto, nos remete metaforicamente a um processo de ancoragem, via subsunçores, dos novos conhecimentos em uma estrutura cognitiva (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018, p. 107.).

Ainda segundo o professor Marco A. Moreira (2022), o conhecimento prévio serve de ancoragem para o conhecimento que emerge; assim, é importante destacar que o subsunçor deve ser conceitualmente relevante para o conhecimento que está ancorando, uma vez que é a partir da interação entre os dois que a aprendizagem

significativa irá acontecer. Desta maneira, entendemos que a informação já existente na estrutura cognitiva da criança se liga de forma hierárquica conceitual e não de maneira arbitrária à informação assimilada, em linhas gerais é quando um conhecimento mais específico se conecta com aquele mais amplo. É essa característica que distingue a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica, segundo (FERREIRA *et al.*, 2020, 2021a). Enquanto na aprendizagem mecânica o aluno apenas memoriza ou decora com o propósito de aprovação em alguma avaliação, na aprendizagem significativa, o conhecimento prévio serve de amparo para o novo saber. Neste sentido, vamos falar um pouco destas aprendizagens a seguir.

3.1.1 Pontos sobre Aprendizagem Mecânica x Aprendizagem Significativa

Um problema da AM apontado pelos críticos é a volatilidade da informação que não fica consolidada, ou seja, logo cai no esquecimento e o aluno não se lembrará mais do conteúdo memorizado além de não conseguir mais fazer conexões com o aprendido mais recentemente. Isso é um problema sério, pois o aluno deixa de aprender assuntos novos por falta de subsunçores não aprendidos em outras etapas da educação. (Existe uma solução prática para isso, mas não adentraremos a este fato que perpassa a história. Na educação clássica há metodologias para acolher a memorização, mas com método e disciplina).

Um outro ponto interessante para o aprendizado é a disposição de quem aprende em realizar uma correlação entre o subsunçor e o novo material potencialmente significativo. A figura do professor como mediador, torna-se fundamental, conforme (SILVA FILHO *et al.*, 2021). O professor ou tutor, são figuras importantíssimas no processo ensino-aprendizagem, funcionam como facilitadores. Para fins de esclarecimento desta pesquisa a AS ocorre em três níveis: cognitiva, afetiva e psicomotora. No nível cognitivo, dizemos que é um armazenamento organizado de informações e registros na mente do ser que aprende, Moreira (2022). No nível afetivo, podemos pensar na estratégia lúdica desta pesquisa, resulta de sinais internos ao indivíduo e identificado como experiências de prazer, satisfação, alegria, descontentamento e até mesmo dor. Já a psicomotora, exige algum conhecimento em nível cognitivo, já que envolve respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática, Moreira (2022, p.139).

Outro ponto interessante a se pensar é sobre a diferença entre AM e AS. Aquela caracteriza-se pela internalização de novas informações com escassa ou nula articulação com conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do aprendiz, resultando em uma aquisição de caráter arbitrário e literal. Em contrapartida, a AS ocorre quando a nova informação é ancorada em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz” (MOREIRA, 2011, pp. 140-141). O autor segue dizendo que, “o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais, mais inclusivos” (p.141).

Olhando por este prisma teórico, a AS favorece uma maior retenção do que a AM, pois ela amplia a capacidade de transferência do conhecimento para a resolução de problemas inéditos e propicia uma compreensão mais aprofundada dos conceitos. Entretanto, não se pode negar as vantagens da AM em alguns cenários, por exemplo: para dados que precisam ser lembrados literalmente, tabuada, vocabulário de línguas, símbolos diversos. Também serve como base, segundo Thorndike (1977), para aprendizagens mais complexas. O saber a tabuada de cor, p.ex.: facilita resolver problemas matemáticos mais elaborados. O treino da memória exercita a capacidade de retenção, algo valorizado na educação clássica. Segundo a educadora americana Susan Wise e Jessie Wise (2021), uma mente bem treinada é capaz de alcançar níveis além do imaginável, alcançando níveis excelentes de assimilação e crítica. Moreira (2022, p.142) segue dizendo que:

[...] a AM é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele, isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

3.1.2 Os Subsunçores na Aprendizagem Significativa

Precisamos destacar a importância do elemento fundamental para a ocorrência da AS, reside nos subsunçores¹ – conceitos, ideias ou proposições específicas e relevantes, já consolidados na estrutura cognitiva do indivíduo, que

¹ Subsunçor é uma palavra inexistente na língua portuguesa, trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “subsumir”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador. (MOREIRA, 2022, p. 140).

funcionam como pontos de ancoragem para a nova informação. A aprendizagem significativa depende, de modo crucial, tanto da existência de subsunçores adequados quanto de sua devida ativação durante o processo instrucional. Nesse sentido, Ausubel (2003) sustenta que o conhecimento prévio do aprendiz constitui o fator mais influente para aquisições subsequentes, preconizando que o ensino deve, necessariamente, partir dessa base cognitiva. Conforme (MOREIRA, 2022), podemos fazer algumas perguntas e levantar algumas questões relevantes acerca da AS, vejamos:

“Supondo que a aprendizagem significativa deva ser preferida em relação à mecânica e que ela pressupõe a existência prévia de conceitos subsunçores, o que fazer quando eles não existem? Como pode a aprendizagem ser significativa nesse caso? De onde vêm os subsunçores? Como se formam?”

A resposta já foi tratada anteriormente, quando mencionamos acerca da AM, que nestes casos onde o indivíduo adquire conhecimento numa área do conhecimento nova. Por isso, para se ancorar novas informações, pressupõe a existências das primeiras que podem ser adquiridas pela memorização de conceitos, segundo Wise (2021). Outra maneira factível é que, “em crianças pequenas, conceitos são adquiridos por meio de um processo conhecido como formação de conceitos, que envolve abstrações e generalizações de instâncias específicas.” (MOREIRA, 2022, p. 142). Assim sendo, quando a criança chega na idade escolar, ela já possui, em sua maioria, um conjunto de conceitos que permite a ocorrência da AS.

3.1.3 Cenário Ideal para a Ocorrência da Aprendizagem Significativa

Para que a Aprendizagem Significativa se efetive, Ausubel postula três condições essenciais:

Significatividades Lógicas do Material: o material didático, seja conteúdo, vídeo, texto ou jogo, deve ser potencialmente relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz de forma não arbitrária e não literal, possuindo uma organização interna clara e uma apresentação coerente dos conceitos (AUSUBEL, 1968). Neste sentido, o desenvolvimento desta investigação atentou-se para estabelecer um ambiente adequado, com a escolha dos vídeos, da exposição, das regras do jogo Aventura Cósmica, o bate-papo, tudo para possibilitar uma sequência lógica e estruturada para que ocorresse a AS.

Presença de Subsunoçores Relevantes: é imperativo que o aprendiz disponha, em sua estrutura cognitiva, dos conhecimentos prévios necessários para ancorar o novo material (AUSUBEL, 1968). A identificação desses subsunoçores relativos ao Ciclo de Vida das Estrelas, por meio das ferramentas de avaliação, como pré-teste e as discussões iniciais, amolda-se como etapa fundamental na aplicação deste Produto Educacional – PE. Ainda neste sentido, Ausubel fala da importância de se ter alunos com a disposição para aprender significativamente; ou seja, o aluno deve demonstrar uma predisposição ativa para relacionar a novidade de maneira substantiva, única e singular e não aleatória ou arbitrária aos seus conhecimentos já adquiridos, condição que envolve dimensões motivacionais, afetivas e psicomotoras (AUSUBEL, 1978, p. 41).

[...] a essência do processo de AS é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.

Assim sendo, Moreira (2022), destaca que o material seja potencialmente significativo, ou seja, não arbitrário e não literal. Entende-se que a utilização de recursos audiovisuais, o uso de vídeos, segundo (MORAN *et al*, 2007) e estratégias lúdicas para as aulas, (KISHIMOTO, 2022), como o jogo Aventura Cósmica, pode provocar o desejo e a predisposição para aprender com engajamento, levando o aluno a uma experiência contextualizada, alcançando a esfera afetiva num ambiente acolhedor. Do contrário, mesmo que o novo material seja potencialmente significativo, se “a intenção do aprendiz for simplesmente a de memoriza-lo arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como o produto serão mecânicos ou automáticos” (MOREIRA, 2022, p. 143).

3.1.4 Aprendizagem Significativa – Princípios e Soluções

A Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS de Ausubel, além de indicar as condições que favorecem esse tipo de aprendizagem, oferece princípios norteadores que orientam tanto a prática pedagógica quanto a elaboração de materiais didáticos. Entre esses princípios destacam-se os Organizadores Prévios - OPs, a Diferenciação

Progressiva - DP e a Reconciliação Integrativa - RI, todos considerados na estruturação da sequência didática proposta nesta pesquisa.

Segundo Ausubel (1968), os OPs são recursos introdutórios apresentados antes do conteúdo central, concebidos para facilitar a aprendizagem significativa. Sua função é servir como pontes cognitivas, estabelecendo conexões entre os conhecimentos já existentes no repertório do aluno e as novas informações. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1978), tais organizadores são formulados em nível mais amplo, abstrato e inclusivo que o material subsequente, atuando tanto na ativação de subsunçores relevantes quanto na oferta de uma estrutura conceitual inicial que guie a assimilação de novos conteúdos.

Nesta investigação, os vídeos introdutórios sobre o Ciclo de Vida das Estrelas foram escolhidos para desempenhar o papel de OPs, apresentando uma visão geral dos conceitos e utilizando analogias visuais bem elaboradas. Com isso, busca-se simultaneamente ativar conhecimentos prévios e fornecer uma base conceitual que favoreça a assimilação posterior das regras e desafios trabalhados no jogo Aventura Cósmica.

No caso da DP, princípio essencial da TAS, diz respeito à hierarquização e sequenciamento dos conteúdos. Ausubel (1968) e Moreira (2022) defendem que a aprendizagem é mais eficaz quando os conceitos gerais e inclusivos são apresentados primeiro, para depois serem desdobrados em aspectos específicos e detalhados. Esse princípio reflete a organização hierárquica do conhecimento na estrutura cognitiva, permitindo que conceitos mais amplos sirvam como “âncoras conceituais” que facilitam a incorporação significativa de conteúdos mais específicos.

Na sequência didática, esse princípio aparece em dois planos. A seguir, vamos detalhar um pouco mais, vejamos:

Considerando que, segundo Ausubel (1968), a DP consiste em apresentar os conceitos mais gerais e inclusivos primeiro, para depois desdobrá-los em ideias mais específicas e detalhadas. Essa lógica respeita a forma como o conhecimento se organiza cognitivamente: de estruturas amplas - subsunçores gerais - para conceitos mais refinados.

Dentro dessa perspectiva, podemos distinguir:

1. Elemento Macroestrutural: diz respeito ao nível global da organização do conteúdo. Envolve a introdução de ideias centrais e abrangentes, que funcionam como referência para toda a sequência didática. Exemplo no Ciclo de Vida das

Estrelas; apresentar inicialmente que as estrelas passam por etapas de evolução determinadas por sua massa, estabelecendo a visão geral de que há diferentes trajetórias, baixa massa versus alta massa. Aqui, o aluno compreende a estrutura geral do processo evolutivo das estrelas antes de entrar nos detalhes. Já sobre o segundo elemento, temos:

2. Elemento Microestrutural: refere-se ao nível local, interno ao conteúdo. Corresponde à graduação de complexidade dentro de um mesmo tema, detalhando progressivamente cada conceito. Exemplo no Ciclo de Vida das Estrelas, após apresentar a ideia geral de que a massa define o destino estelar, detalhar cada fase específica, por exemplo; estrela de baixa massa → sequência principal → gigante vermelha → nebulosa planetária → anã branca. Estrela de alta massa → sequência principal → supergigante → supernova → estrela de nêutrons ou buraco negro. Aqui, o aluno percebe diferenças internas dentro de cada trajetória estelar, segundo (KARTTUNEN, H. *et al*, 2017) compreendendo o processo em camadas. Vejamos como isso se dá na prática em sala de aula no ensino de astronomia:

Macroestrutural: visão panorâmica do ciclo de vida, destacando a ideia-chave de que "a massa da estrela determina seu destino".

Microestrutural: estudo progressivo das etapas específicas, com recursos como linhas do tempo, esquemas evolutivos e comparações entre diferentes massas estelares. Essa abordagem evita que os estudantes fiquem apenas decorando nomes de fases isoladas; eles constroem uma visão hierárquica e integrada, para isso usamos o jogo feito para esta pesquisa, o Aventura Cósmica da Astronomia. No jogo tem-se informações simples até as mais complexas, de tal forma que os estudantes conseguem assimilar e refinar o conteúdo.

Essa estratégia, apoiada em Ausubel (1968) e na interpretação pedagógica de Moreira (2011), busca criar condições favoráveis à construção de uma compreensão integrada e não fragmentada dos fenômenos astronômicos.

Já a Reconciliação Integradora - RI atua como complemento à Diferenciação Progressiva, pois enquanto esta prioriza o detalhamento, aquela enfatiza a síntese e a clarificação das relações entre ideias. Ausubel, Novak e Hanesian (1978) ressaltam que esse princípio implica explorar semelhanças e diferenças entre conceitos, resolver inconsistências aparentes e enfrentar conflitos cognitivos, de modo a manter a estrutura cognitiva clara, coerente e unificada.

Na presente proposta, esse princípio foi incorporado ao jogo Aventura Cósmica, que exige dos alunos a identificação das grandezas e medidas envolvidas. A atividade estimula a comparação sistemática entre nascimento, evolução e morte de uma estrela, enquanto as discussões mediadas pelo professor e os diálogos em sala funcionam como oportunidades para corrigir equívocos, explicitar distinções e promover a integração coerente dos conceitos. Dessa forma, busca-se superar compreensões fragmentadas ou contraditórias, comuns no ensino de Física e Astronomia.

Na sequência didática - SD desenvolvida, a utilização de cartas do jogo Aventura Cósmica com informações relativas ao Ciclo de Vida das Estrelas buscou justamente favorecer a visualização e integração das relações entre os conceitos de relativos ao tema. Segundo Novak e Gowin (1984), essa estratégia contribui para uma compreensão mais articulada e sistêmica dos fenômenos. Assim, a aplicação dos princípios de Ausubel no planejamento e na prática pedagógica aumenta as chances de promover uma aprendizagem significativa em Física, especialmente em conteúdos de maior complexidade, como os aplicados ao Ciclo de Vida das Estrelas.

O jogo Aventura Cósmica, por sua vez, é concebido como um lugar de aprendizagem que demanda a ativação e aplicação de subsunçores na resolução de situações-problema (KISHIMOTO, 2022, p. 134); um espaço social que promove a interação e a negociação de significados, facilitando a reconciliação integrativa; um mecanismo para estimular a disposição afetiva para aprender por meio do engajamento lúdico e social entre os alunos e alunos-professor. Por fim, a utilização das cartas com informações sobre o assunto e a dinâmica do jogo (NOVAK; GOWIN, 1984), alinha-se diretamente à TAS, funcionando como uma estratégia para externalizar e tornar explícita a estrutura cognitiva do aprendiz como única e excepcional; promover a organização hierárquica do conhecimento e facilitar o estabelecimento de conexões conceituais substantivas (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 61).

É por isso, que ao se criar uma única forma de proporcionar o aprendizado, Tunes e Bartholo (2014) destacam que, ao instituir a ideia de aluno como um ser em preparação para a vida, criar o currículo padronizado seriado baseado em pré-requisito e linearmente organizada forja e oficializa uma estrutura padrão do desenvolvimento intelectual. Esses métodos foram projetados para detectar um único caminho de aprendizagem. Desta maneira, de acordo com os autores, o sistema

educacional tem se mostrado insensível a outros caminhos que contemplem a diversidade que existe no ambiente escolar, segundo (CAMPOS, 2023).

Conforme aponta a Teoria da Aprendizagem Significativa, o processo de aprendizagem não segue um padrão único. Cada pessoa percorre um percurso particular, formando trajetórias e sequências distintas dentro de um mesmo processo, chamados caminhos de confluência. Pesquisas que utilizam diferentes condições para analisar o desenvolvimento em um mesmo domínio evidenciam que, em cada dimensão desse desenvolvimento, os indivíduos se distribuem dentro de uma faixa de variação, e não em um ponto fixo (FISCHER; KNIGHT; PARYS, 1993). Por isso resolvemos aplicar essa estratégia lúdica e dialogada num tema desafiador para a série escolhida, ou seja, 9º ano.

Dentre os princípios da TAS mostram-se relevantes para esta investigação. Os Organizadores Prévios, definidos como materiais introdutórios apresentados antecipadamente ao conteúdo principal, visam “servir de ponte” entre o que o aluno já sabe, subsunçores, e o que ele precisa aprender (AUSUBEL, 1968, p. 148). Conforme destacado por Moreira (2022, p. 45), sua eficácia é potencializada quando: (a) empregam linguagem acessível, (b) articulam de forma explícita conceitos conhecidos e novos, e (c) são utilizados previamente a atividades complexas. Nesta proposta, os vídeos conceituais podem atuar como organizadores prévios, oferecendo uma visão panorâmica e ativando conhecimentos relevantes antes da exploração mais detalhada no jogo ou em outras atividades. Ademais, a Teoria da Aprendizagem Significativa enfatiza os processos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora.

A primeira refere-se à organização hierárquica do conteúdo, partindo de conceitos mais gerais e inclusivos para os mais específicos e diferenciados, refinando progressivamente as ideias (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 171).

A segunda consiste na exploração sistemática de relações entre conceitos, comparando e contrastando ideias para eliminar contradições aparentes e promover sínteses cognitivas (MOREIRA, 2011, p. 89). A sequência didática aqui proposta, que se inicia com os vídeos e avança para o jogo – o qual exige a aplicação e distinção dos conceitos envolventes no Ciclo de Vida das Estrelas –, foi delineada para ancorar/fomentar ambos os processos. As discussões mediadas pelo docente durante e após a atividade lúdica são consideradas essenciais para a reconciliação integrativa. Nesse contexto teórico, os recursos didáticos empregados – vídeos e o jogo Aventura Cósmica – não são concebidos como meros elementos motivacionais, mas como

ferramentas cognitivas (AUSUBEL, 2000, p. 112) e mediadores intencionalmente projetados para facilitar a AS. Os vídeos objetivam apresentar informações claras e de forma simples e acessível, significatividade lógica, utilizando recursos visuais para concretizar conceitos abstratos e atuando, potencialmente, como organizadores prévios (AUSUBEL, 2000, p. 118).

3.2 USO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS E JOGOS NO ENSINO DO CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS À LUZ DA TAS

A presente seção dedica-se a uma revisão crítica da literatura especializada que aborda a aplicação de estratégias pedagógicas inovadoras no ensino de conteúdos astronômicos, particularmente no estudo do Ciclo de Vida das Estrelas. São analisados, em especial, dois recursos didáticos contemporâneos: (i) vídeos e animações educativas; e (ii) jogos pedagógicos. A investigação discute comparativamente o potencial de cada modalidade, considerando seus méritos, limitações e possibilidades de integração, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1968) e de referenciais da psicologia cognitiva e da didática das ciências.

3.2.1 Recursos Audiovisuais

O uso de vídeos e recursos audiovisuais, simulações digitais e animações em 3D, vêm ganhando centralidade no ensino de astronomia, sendo reconhecidos como ferramentas potentes para a visualização de fenômenos que transcendem a experiência sensorial imediata (MAYER, 2009; SCHWAN; RINN, 2014). No caso específico da evolução estelar, a utilização de animações possibilita representar de modo dinâmico processos de longa escala temporal, como a transformação de uma nebulosa em protoestrela ou a explosão de uma supernova.

No entanto, a eficácia desses materiais depende da qualidade de seu design instrucional. A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia -TCAM, formulada por Mayer (2009), oferece um referencial robusto, fundamentado em três pressupostos centrais: 1. o processamento dual de informações, com canais distintos para estímulos visuais e auditivos; 2. a limitação da capacidade cognitiva de cada canal; e 3. a

natureza ativa da aprendizagem, concebida como seleção, organização e integração de informações.

Com base nesses princípios, Mayer (2009) sistematizou diretrizes para o design multimídia, destacando o princípio da multimídia, integração de palavras e imagens, o princípio da contiguidade espacial e temporal, apresentação sincronizada e próxima de elementos relacionados, e o princípio da coerência, remoção de informações irrelevantes que sobrecarreguem a cognição. Quando aplicados ao ensino do ciclo de vida estelar, tais princípios auxiliam na construção de representações mentais coerentes e significativas, atuando como organizadores prévios conforme preconizado por Ausubel (1968) e aprofundado por Moreira (2011).

Estudos recentes corroboram esse potencial. Por exemplo, Oliveira, Justi e Mendonça (2020) evidenciam que simulações astronômicas digitais favorecem a superação de concepções alternativas sobre a formação estelar, permitindo que estudantes construam explicações mais próximas do modelo científico. Tais recursos, ao apresentar os conceitos-chave de forma hierarquizada e acessível, preparam a estrutura cognitiva para aquisições conceituais subsequentes (MOREIRA, 2022).

3.2.2 Jogos Educativos como Ferramentas para a Aprendizagem Significativa em Astronomia

Além dos recursos visuais, os jogos educativos têm se consolidado como práticas eficazes na promoção da aprendizagem ativa. No ensino do ciclo de vida estelar, jogos como cartas, tabuleiros ou RPGs científicos funcionam como ambientes de experimentação e resolução de problemas, nos quais os alunos mobilizam conhecimentos prévios para compreender as regras e solucionar desafios. Savi e Ulbricht (2008) argumentam que a contextualização lúdica atua como ativador de subsunçores, transformando a aprendizagem em um processo menos arbitrário e mais conectado às experiências concretas dos estudantes. A dimensão motivacional, discutida amplamente por Prensky (2001) e Kishimoto (2016), mostra-se central para despertar a disposição para aprender, condição essencial para a aprendizagem significativa segundo Ausubel (1968).

No campo da astronomia, pesquisas brasileiras têm mostrado resultados promissores. Bortoloto e Pimentel (2014) utilizaram jogos de cartas para ensinar astronomia básica; já Ribeiro e Dutra (2012) desenvolveram jogos sobre formação

estelar e evolução cósmica. Estudos mais recentes com jogos digitais (KIPPER; LOPES; VILLAR, 2019) demonstram que a interatividade amplia a compreensão conceitual, estimulando a superação de concepções alternativas sobre buracos negros e supernovas. Neste sentido, sobre o uso de tecnologias, Bruzzi, (2016, p. 481), baseando na experiência de grandes nomes da educação, como o de Frank Laubach, diz:

Pois quando oportunizamos aos nossos alunos um novo formato de conteúdo (sem este necessariamente estar atrelado à forma tradicional), abrimos espaço ao novo, ao diferente. Retomamos o processo de criação e motivação deste aluno. Processo este, já muito visto e debatido desde os escritos de Comenius, que foram replicados e aperfeiçoado por tantos outros grandes mestres como Juan Pozo, Frank Laubach, [...].

Sob a ótica da TAS, a eficácia dos jogos pode ser compreendida por três mecanismos: 1. o feedback imediato, que confronta hipóteses incorretas e favorece a reconciliação integradora (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978); 2. a aplicação diversificada de conceitos, que promove diferenciação progressiva (MOREIRA, 2011); e 3. a interação social, que, segundo Vygotsky (2007), amplia a aprendizagem por meio da zona de desenvolvimento proximal.

3.2.3 Recursos Audiovisuais e Jogos

Embora eficazes isoladamente, a literatura aponta que a integração de recursos audiovisuais e jogos pedagógicos potencializa a aprendizagem significativa. Mayer (2009) destaca que vídeos instrucionais funcionam como organizadores prévios, mas que seu impacto é limitado sem atividades subsequentes de aplicação. É nesse ponto que os jogos assumem papel complementar, ao transformar o aprendiz em agente ativo do processo (KISHIMOTO, 2016). Estudos de Bacich; Neto e Trevisani (2015) sobre ensino híbrido confirmam que a combinação de mídias expositivas com práticas interativas amplia a retenção e favorece a transferência de conhecimento. No caso da astronomia, essa sinergia mostra-se particularmente relevante, pois conteúdos como o ciclo de vida das estrelas demandam múltiplas representações, visuais, verbais e lúdicas, para que sua abstração seja cognitivamente assimilada (MOREIRA; GRECA, 2003). Essa dinâmica em sala de aula abre janelas de possibilidades para se abordar o tema e ampliar as possibilidades de engajamento dos alunos.

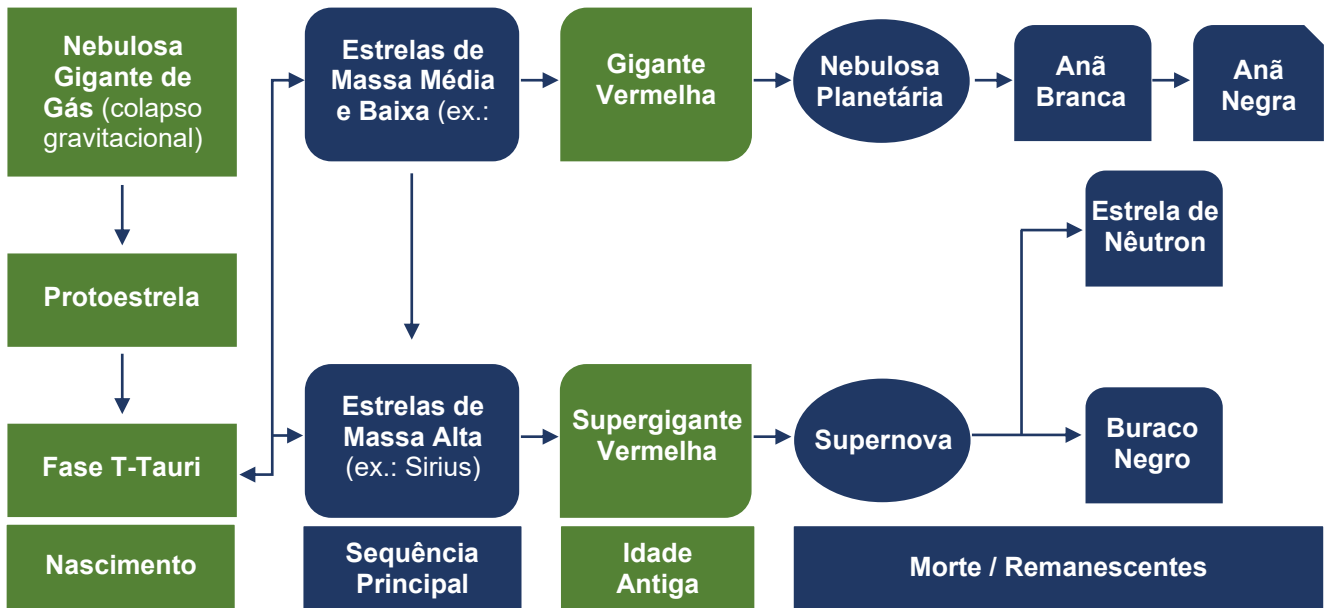
Nesta investigação, a proposta pedagógica integra vídeos introdutórios sobre evolução estelar, concebidos segundo os princípios da TCAM (MAYER, 2009), com o jogo Aventura Cósmica, criado para explorar comparativamente propriedades das estrelas em diferentes fases de vida e o diálogo aluno professor, onde o aluno expressa a sua visão acerca do tema e o professor pesquisador segue balizando o conteúdo à luz da ciência. Essa combinação gera um ciclo de retroalimentação cognitiva no qual os vídeos fornecem subsunçores para a atividade lúdica, que, por sua vez, consolida e expande os conhecimentos adquiridos.

4 O CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS: DA NEBULOSA AO COLAPSO FINAL

O presente tópico tem como objetivo estabelecer os fundamentos teóricos necessários para a compreensão do ciclo de vida das estrelas, articulando conceitos de gravitação, relatividade geral, fusão nuclear e cosmologia. A discussão parte da formulação clássica da gravitação newtoniana e avança até os princípios da relatividade de Einstein, abordando as implicações desses modelos na estrutura e evolução estelar. Em seguida, são explorados os processos físicos que regem a produção de energia nas estrelas, as equações que descrevem seu equilíbrio e luminosidade, e a relação entre esses fenômenos e a formação de elementos químicos no Universo.

A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, os principais estágios da evolução estelar, desde o colapso gravitacional de uma nebulosa de gás até os possíveis destinos finais das estrelas. O diagrama evidencia que a trajetória evolutiva depende fundamentalmente da massa inicial da estrela, distinguindo caminhos para estrelas de baixa e média massa, que evoluem para gigantes vermelhas e formam nebulosas planetárias, resultando em anãs brancas, e para estrelas de alta massa, que passam pela fase de supergigante vermelha e podem terminar como estrelas de nêutrons ou buracos negros após uma supernova. Essa representação sintetiza os processos físicos envolvidos no nascimento, evolução e morte das estrelas, facilitando a compreensão das diferentes escalas e fenômenos associados à astrofísica estelar, conforme figura 1.

Figura 1: Ciclo de Formação das Estrelas



Fonte – autoria própria (2025)

a) Nebulosas: o berço das estrelas

As estrelas têm origem em nebulosas, vastas nuvens interestelares compostas predominantemente por hidrogênio molecular (H_2), hélio e pequenas frações de elementos mais pesados — poeira cósmica, silicatos e compostos de carbono. Essas regiões apresentam densidades médias extremamente baixas, variando entre 10^2 e 10^6 partículas por centímetro cúbico, mas podem estender-se por dezenas ou centenas de anos-luz (CARROLL; OSTLIE, 2017). Segundo (MACIEL, 2002, p. 245) as “nebulosas planetárias são regiões de gás ionizado que circundam estrelas geralmente isoladas, que alcançam estágios avançados de evolução”. Sob condições adequadas, pequenas flutuações de densidade, originadas por ondas de choque de supernovas próximas ou perturbações gravitacionais, provocam o colapso gravitacional local da nuvem. A pressão térmica do gás, inicialmente em equilíbrio com a gravidade, torna-se insuficiente para conter a contração quando a energia potencial gravitacional supera a energia térmica interna. Esse limiar é descrito pelo critério de Jeans, cuja massa crítica é dada por:

$$M_J = \left(\frac{5kT}{G\mu m_H} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{3}{4\pi\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

onde T é a temperatura da nuvem, ρ_0 sua densidade média, μ o peso molecular médio e m_H a massa do átomo de hidrogênio (JEANS, 1902). Quando $M > M_J$, a nuvem torna-se instável e inicia-se o colapso gravitacional. Durante essa contração, a energia gravitacional é convertida em energia térmica por meio do aquecimento adiabático do gás. À medida que a temperatura central aumenta, forma-se um núcleo denso e quente conhecido como protoestrela. Essa protoestrela, envolta por um disco de acreção, continua a acumular massa do meio circundante. O processo é acompanhado pela emissão de intensa radiação infravermelha, uma vez que a poeira e o gás absorvem luz visível e re-irradiam energia em comprimentos de onda maiores (KIPPENHAHN; WEIGERT, 1990).

A contração prossegue até que a temperatura no núcleo atinja aproximadamente 10^7K . Nesse ponto, iniciam-se as primeiras reações de fusão nuclear do hidrogênio, marcando o fim da fase de formação e o início da sequência principal. A estrela recém-formada entra em equilíbrio hidrostático, no qual a pressão da radiação e o fluxo térmico que emergem do núcleo contrabalançam exatamente a força gravitacional que tende a colapsá-la. Do ponto de vista cosmológico e didático, as nebulosas representam a conexão entre a matéria interestelar difusa e a gênese estelar, permitindo que o educador ilustre a ideia de que “nascemos das estrelas”: os mesmos átomos presentes nos seres vivos foram, em grande parte, sintetizados em gerações anteriores de estrelas e reprocessados nesses berçários cósmicos (LONGAIR, 2011).

b) Protoestrela: o nascimento da estrela

À medida que a nuvem colapsa, o material converge para o centro, onde se forma uma protoestrela — um objeto ainda sem fusão nuclear, mas aquecido pela energia gravitacional liberada durante o colapso.

A protoestrela é envolvida por um disco protoplanetário de gás e poeira, onde podem formar-se planetas. O núcleo atinge temperaturas da ordem de 10^6K , enquanto a luminosidade L provém da contração gravitacional, segundo o mecanismo de Kelvin–Helmholtz:

$$L \approx \frac{GM^2}{R\tau_{KH}} \quad (2)$$

onde τ_{KH} é o tempo de Kelvin-Helmholtz (≈ 30 milhões de anos para o Sol), G é a constante gravitacional, M é a massa da protoestrela e R é o raio da protoestrela. A opacidade elevada nas camadas externas impede a radiação de escapar livremente, resultando em ventos estelares intensos e variáveis.

c) Fase T - Tauri: transição para a estrela estável

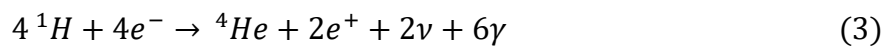
A Fase T - Tauri representa o estágio imediatamente anterior à sequência principal, comum a estrelas de baixa e média massa ($M \lesssim 2M_{\odot}$), onde M_{\odot} é a massa do Sol. Nessa fase, o objeto apresenta:

- Forte atividade magnética e ventos estelares que dissipam o disco remanescente;
- Variações luminosas e ejeções de matéria observáveis em linhas de emissão;
- Rotação rápida e presença de manchas estelares gigantes.

A temperatura central cresce até atingir cerca de 10^7 K — ponto em que inicia-se a fusão nuclear do hidrogênio. Com isso, a estrela alcança o equilíbrio hidrostático entre a gravidade e a pressão da radiação, estabilizando-se na Sequência Principal.

d) Estrelas de baixa e média massa: o caso solar

Estrelas com massas entre $0,1$ e $8 M_{\odot}$ (como o Sol) passam a maior parte de suas vidas na Sequência Principal, fundindo hidrogênio em hélio pelo ciclo próton–próton (PP). A equação fundamental da fusão é:



$$Q = -\Delta m\ c^2 = 26,7\ \text{MeV} \quad (4)$$

Durante bilhões de anos, o equilíbrio entre a gravidade e a pressão de radiação mantém a estrela estável. Para o Sol, essa fase dura aproximadamente 10 bilhões de anos. Com o esgotamento do hidrogênio no núcleo, o equilíbrio é rompido: o núcleo colapsa e a temperatura central aumenta, enquanto as camadas externas se expandem. A estrela então evolui para a próxima fase: Gigante Vermelha.

e) Gigante Vermelha e Nebulosa Planetária

Quando o núcleo se contrai, a fusão passa a ocorrer em uma camada esférica ao redor do núcleo de hélio. A energia liberada faz as camadas externas expandirem e resfriarem — a cor torna-se avermelhada. O raio R da estrela pode atingir centenas de vezes o raio solar ($R \sim 100R_{\odot}$), onde R_{\odot} é o raio do sol. No núcleo, quando a temperatura atinge 10^8K , inicia-se o processo triplo-alfa, no qual três núcleos de hélio se fundem para formar carbono:



$$\text{Por reação} \rightarrow Q = -\Delta m c^2 = 7,27\text{MeV} \quad (6)$$

Após o consumo do hélio, as camadas externas tornam-se instáveis e são expulsas, formando uma nebulosa planetária — um invólucro brilhante de gás ionizado, iluminado pela radiação ultravioleta do núcleo remanescente.

f) Anã Branca e Anã Negra

O núcleo remanescente da nebulosa planetária é uma anã branca, um objeto extremamente denso composto de carbono e oxigênio, sustentado pela pressão de degenerescência eletrônica (segundo o princípio de exclusão de Pauli). Seu raio é comparável ao da Terra, mas contém cerca de metade da massa solar ($\sim 0,6M_{\odot}$). A relação massa-raio é inversa: quanto maior a massa, menor o raio. O limite máximo para a estabilidade é o Limite de Chandrasekhar, $M_{ch} \approx 1,44M_{\odot}$. Acima desse valor, a pressão de degenerescência não pode mais sustentar o colapso gravitacional. Com o passar dos bilhões de anos, a anã branca esfria e se apaga, tornando-se uma anã negra — um objeto teórico, pois o Universo ainda não teve tempo suficiente para que uma anã branca esfrie totalmente.

g) Estrelas muito massivas: Sirius, Betelgeuse e além

Estrelas com massas iniciais acima de $8M_{\odot}$ seguem uma evolução muito mais rápida e violenta. Um exemplo intermediário é Sirius A ($M \approx 2M_{\odot}$), que, no futuro, evoluirá para uma gigante e depois uma anã branca. Já Betelgeuse ($\sim 20M_{\odot}$) encontra-se no estágio de supergigante vermelha, queimando elementos cada vez mais pesados no núcleo. Nessas estrelas massivas, as temperaturas atingem valores

extremos ($T_c > 10^9$ K), permitindo fusões sucessivas: $C \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow Si \rightarrow Fe$. A formação do ferro marca o fim da fusão nuclear, pois sua fusão é endotérmica (não libera energia). O colapso gravitacional torna-se inevitável.

h) Supernova: a morte explosiva das estrelas massivas

Quando o núcleo de ferro ultrapassa o limite de Chandrasekhar, a pressão de degenerescência dos elétrons não é mais suficiente. Os elétrons se combinam com os prótons, formando nêutrons e liberando neutrinos:



Esse colapso abrupto (em menos de um segundo) libera energia colossal, provocando a explosão de supernova (tipo II). A luminosidade L pode superar temporariamente a de toda uma galáxia ($L \sim 10^9 L_\odot$). Os elementos pesados, até o urânio, são formados por processos de captura rápida de nêutrons 'processo r ', ejetados no espaço interestelar, enriquecendo o meio com novos elementos.

i) Estrela de Nêutrons e Buraco Negro

Após a supernova, o destino do núcleo remanescente depende da massa residual, vejamos:

- Se $1,4M_\odot < M < 3M_\odot$: o colapso resulta em uma estrela de nêutrons, sustentada pela pressão de degenerescência dos nêutrons. Essas estrelas têm raio de apenas ~ 10 km e densidade comparável à de um núcleo atômico ($\rho \sim 10^{17}$ kg/m³). Algumas são observadas como pulsares, emitindo feixes periódicos de radiação.
- Se $M > 3M_\odot$: o colapso é total, formando um buraco negro. O raio do horizonte de eventos é dado pelo raio de Schwarzschild:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2} \quad (8)$$

Se o núcleo colapsado tiver entre 1,4 e 3 massas solares (limite de Chandrasekhar e Tolman–Oppenheimer–Volkoff), forma-se uma estrela de nêutrons,

sustentada pela pressão de degenerescência dos nêutrons. Esses objetos têm diâmetro de cerca de 20 km, densidade de 10^{17} , kg/m³ e giram a centenas de rotações por segundo, emitindo radiação periódica observada como pulsar (CARROLL; OSTLIE, 2017). Se a massa do núcleo exceder esse limite, a gravidade supera todas as forças de sustentação, originando um buraco negro. A métrica de Schwarzschild descreve o espaço-tempo ao redor de um buraco negro não rotativo:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 + \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2 \quad (9)$$

Onde mais uma vez:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2} \quad (10)$$

é o raio de Schwarzschild (CARROLL, 2017).

Dentro desse raio, nenhuma informação, nem mesmo a luz, pode escapar. O espaço-tempo é curvado de tal forma que todas as trajetórias apontam para o interior. Esses objetos extremos representam o estágio final da evolução estelar e são laboratórios naturais para testar as previsões da Relatividade Geral.

j) Considerações Cosmológicas e Filosóficas

O ciclo de vida estelar é também um ciclo de renovação cósmica. A morte de uma estrela é o ponto de partida para o nascimento de outras: as supernovas espalham elementos pesados pelo espaço, enriquecendo o meio interestelar e possibilitando a formação de novos sistemas planetários e, em última instância, da vida.

k) Considerações sobre Fusão Nuclear

A fusão nuclear constitui o processo fundamental de geração de energia nas estrelas. Ela ocorre quando os núcleos atômicos, submetidos a pressões e temperaturas extremas, superam a barreira coulombiana — isto é, a repulsão elétrica

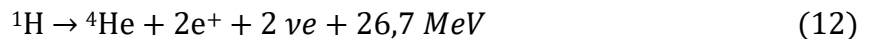
entre partículas de carga positiva — e se unem formando núcleos mais pesados (CARROLL; OSTLIE, 2017).

O núcleo de uma estrela típica da sequência principal apresenta temperaturas da ordem de 10^7K e densidades de cerca de $10^5, \text{ kg/m}^3$. A energia cinética média das partículas, dada pela estatística de Maxwell–Boltzmann, é suficiente para permitir que uma fração delas atravesse a barreira de potencial por tunelamento quântico — fenômeno descrito pela mecânica quântica e essencial para a fusão nuclear ocorrer em temperaturas menores do que as previstas classicamente (KIPPENHAHN; WEIGERT, 1990). A taxa de reação nuclear pode ser expressa genericamente como:

$$r = n_1 n_2 \langle \sigma v \rangle \quad (11)$$

onde n_1 e n_2 são as densidades das partículas reagentes, σ é a seção de choque efetiva da reação e v a velocidade relativa média. O termo $\langle \sigma v \rangle$ representa a média sobre a distribuição das velocidades das partículas.

Nas estrelas de baixa massa, como o Sol, a principal via de fusão é o ciclo próton-próton, descrito esquematicamente por:



Esse processo ocorre em várias etapas intermediárias, envolvendo a formação do deutério 2H , do hélio-3 3He e, finalmente, do hélio-4 (4He). A energia liberada é da ordem de $26,7\ \text{MeV}$ por reação completa, distribuída entre partículas carregadas, fótons e neutrinos. A eficiência energética pode ser comparada à conversão de massa em energia segundo a relação de Einstein:

$$E = \Delta m c^2 \quad (13)$$

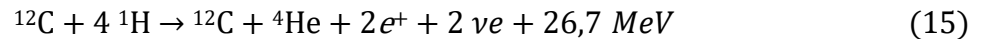
onde Δm é a diferença entre a massa inicial dos quatro prótons e a massa final do núcleo de hélio. A perda de massa ($\Delta m \approx 0,7$) é convertida integralmente em energia radiante, responsável pela luminosidade estelar. O equilíbrio entre a energia produzida por fusão e a irradiada pela superfície é descrito pela equação diferencial da luminosidade:

$$\frac{dL(r)}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r) \varepsilon(r) \quad (14)$$

em que $\varepsilon(r)$ é a taxa local de geração de energia (em W kg^{-1}) e $\rho(r)$ a densidade no raio r , conforme (MACIEL, 2002).

I) O ciclo CNO (Carbono–Nitrogênio–Oxigênio)

Em estrelas mais massivas (superiores a $1,5 M_{\odot}$), a fusão ocorre predominantemente pelo ciclo CNO, onde o carbono atua como catalisador da conversão do hidrogênio em hélio:



Apesar do mesmo balanço energético final, o ciclo CNO é extremamente sensível à temperatura, apresentando dependência aproximadamente proporcional a T^{17} (KIPPENHAHN; WEIGERT, 1990). Isso implica que pequenas variações de temperatura no núcleo causam grandes alterações na taxa de geração de energia, o que afeta a estabilidade e o tempo de vida das estrelas massivas.

m) Equilíbrio Hidrostático e Transporte de Energia

O equilíbrio de uma estrela em fusão depende do balanço entre a pressão interna e a gravidade, descrito pela equação de equilíbrio hidrostático. Matematicamente, esse equilíbrio é descrito pela equação diferencial de equilíbrio hidrostático:

$$\frac{dP}{dr} = - \frac{GM(r)\rho(r)}{r^2} \quad (16)$$

onde, P é a pressão a uma distância r do centro, ρ é a densidade da estrela, M é a massa da estrela e G é a constante de gravitação universal.

A energia produzida é transportada até a superfície por radiação, em estrelas de alta massa ou convecção em estrelas de baixa massa. O gradiente de temperatura necessário ao transporte radiativo é dado por:

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{3\kappa\rho L(r)}{16\pi acT^3 r^2} \quad (17)$$

em que κ é a opacidade, a a constante de radiação, T a temperatura e c a velocidade da luz e L é a luminosidade. Essas equações, em conjunto, compõem o sistema de equações de estrutura estelar (CARROLL; OSTLIE, 2017). Matematicamente, esse equilíbrio é descrito pela equação diferencial de equilíbrio hidrostático:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM(r)\rho(r)}{r^2} \quad (18)$$

onde P é a pressão, ρ a densidade e M a massa interna até o raio r (MACIEL, 2002). A estrutura completa de uma estrela é descrita por um sistema de equações complementares:

$$\frac{dM}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r) \quad (19)$$

Logo,

$$\frac{dL}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r) \varepsilon(r) \quad (20)$$

Onde $\varepsilon(r)$ é a taxa local de geração de energia. Essas relações permitem modelar a evolução estelar e prever o destino de estrelas de diferentes massas (KIPPENHAHN; WEIGERT, 1990).

n) Eficiência e Longevidade Estelar

A fusão é um processo altamente eficiente: cada reação converte cerca de 0,007 da massa em energia. Para o Sol, isso resulta numa potência média de:

$$L_{\odot} = 3,828 \times 10^{26} \text{ W} \quad (21)$$

Mantendo essa taxa, o Sol pode sustentar sua luminosidade por aproximadamente 10 bilhões de anos — valor obtido ao dividir a energia total

disponível pela potência radiada. Essa longevidade é crucial para a estabilidade dos sistemas planetários e para o desenvolvimento da vida.

o) Consequências da Fusão Nuclear para a Evolução Estelar

A continuidade ou interrupção da fusão nuclear define o destino das estrelas. Enquanto houver hidrogênio a ser fundido, a pressão térmica gerada impede o colapso gravitacional. Quando o combustível se esgota, o núcleo se contrai, a temperatura aumenta, e novas fusões se iniciam com elementos mais pesados (He, C, O, Ne, Si).

Em estágios avançados, essas reações culminam na produção de ferro, que marca o fim da geração energética por fusão — levando ao colapso gravitacional e às fases terminais como supernovas, estrelas de nêutrons ou buracos negros (LONGAIR, 2011).

p) Tempo de Vida das Estrelas – Cor, Temperatura e Luminosidade

A cor de uma estrela reflete sua temperatura superficial, uma relação estabelecida pela física da radiação de corpo negro e pela Lei de Wien. Essa lei demonstra que a emissão de energia ocorre de forma ordenada: estrelas de alta temperatura (acima de 20.000 K) concentram seu pico de emissão na região azul do espectro, enquanto estrelas com temperaturas mais baixas (inferiores a 3.500 K) emitem predominantemente na região do vermelho. O Sol, com aproximadamente 5.800 K, apresenta uma coloração amarelada, ocupando uma posição de equilíbrio térmico no espectro visível. Essa configuração térmica está intrinsecamente ligada à massa e ao ritmo de atividade de cada astro. Estrelas azuladas possuem massas elevadas e núcleos de alta pressão, o que resulta em um consumo acelerado de seus recursos nucleares. Em contrapartida, estrelas menores, de tonalidade avermelhada, operam em um regime de atividade moderada, processando sua energia de forma significativamente mais lenta. Assim, a cor observada não é um mero detalhe estético, mas um indicador preciso da massa, da luminosidade e do estágio de atividade em que a estrela foi estabelecida dentro do ciclo de vida estelar.

4.1 O CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS À LUZ DA TEORIA DE AUSUBEL

O estudo do ciclo de vida das estrelas constitui um dos pilares da compreensão da dinâmica do universo, englobando processos de formação, evolução e morte estelar. As estrelas, enquanto corpos celestes compostos majoritariamente por hidrogênio e hélio, apresentam trajetórias evolutivas distintas em função de sua massa inicial. Assim, compreender as etapas desse ciclo é essencial para a apreensão dos fenômenos astrofísicos mais amplos, como a formação de elementos químicos pesados e a evolução das galáxias (KARTTUNEN *et al.*, 2007).

Segundo Lang (2003), a vida de uma estrela inicia-se a partir da contração gravitacional de nuvens moleculares interestelares, conhecidas como nebulosas. Sob determinadas condições de densidade e temperatura, ocorre o colapso da nuvem, que dá origem a uma protoestrela. Esse processo ilustra a ação da gravidade como força motriz fundamental na organização da matéria cósmica. No entanto, como destacado por Moore e Wilson (2014), a evolução posterior dependerá primordialmente da massa estelar, estrelas de baixa massa, como o Sol, caminham para a fase de gigante vermelha e posteriormente para anãs brancas; já estrelas massivas podem encerrar seu ciclo em explosivas supernovas, originando estrelas de nêutrons ou buracos negros. No âmbito pedagógico, a explicação desses fenômenos encontra obstáculos relacionados à abstração das grandezas físicas envolvidas. Grandezas como massa solar - M_{\odot} , temperatura superficial em kelvin - K e distâncias expressas em anos-luz ly não fazem parte do repertório cotidiano dos discentes. Tal dificuldade pode ser interpretada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (2000), segundo a qual a construção do conhecimento ocorre de maneira mais efetiva quando novos conceitos são relacionados a estruturas cognitivas já existentes. Em sala de aula, portanto, a transposição didática deve buscar âncoras cognitivas que permitam estabelecer analogias entre escalas astronômicas e experiências concretas dos estudantes, como já abordado acima.

Dessa forma, ao invés de introduzir diretamente medidas astronômicas complexas, pode-se utilizar comparações graduais, como, a distância Terra–Lua em relação a anos-luz ou a temperatura do fogo em relação às temperaturas estelares. Essas mediações favorecem a compreensão, pois, como afirma Moreira (2011), a aprendizagem significativa pressupõe que o novo conhecimento se torne

potencialmente significativo ao ser incorporado a conceitos prévios já compreendidos pelo aprendiz.

É, portanto, nesse processo dialógico entre ciência e educação que o ciclo de vida estelar deve ser abordado. As estrelas não são apenas corpos celestes distantes, mas verdadeiros laboratórios cósmicos que permitem a compreensão da origem da matéria e, em última instância, da própria vida no planeta. Compreender suas fases, nebulosa, protoestrela, sequência principal, gigante vermelha ou supergigante, supernova, anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro, significa também reconhecer a natureza dinâmica e efêmera do cosmos, em contraposição à noção de imutabilidade frequentemente atribuída aos astros na cultura popular.

A aprendizagem de conceitos científicos, especialmente os relacionados à astronomia e à física, é marcada por um conjunto de barreiras epistemológicas e cognitivas que exigem atenção pedagógica específica. Tais obstáculos não se restringem à dificuldade de compreensão de termos técnicos ou grandezas abstratas, mas se configuram em múltiplos níveis de complexidade. Primeiramente, o desafio emerge da necessidade de articular descrições macroscópicas, visíveis e cotidianas, com explicações microscópicas ou subjacentes, que não possuem uma correspondência direta na experiência sensorial imediata (DRIVER; ASOKO, 1996). Em segundo lugar, concepções alternativas, enraizadas cultural e linguisticamente, como as confusões recorrentes entre peso e massa ou a ideia de gravidade como uma "força que puxa para baixo", competem com os referenciais científicos aceitos (DUIT, 2009). Por fim, a invisibilidade intrínseca de muitos processos astrofísicos, como a fusão nuclear no interior das estrelas ou a formação de buracos negros, impõe a necessidade de modelização mental altamente abstrata, frequentemente além do alcance inicial dos estudantes (POSNER et al., 1982).

Esses fatores combinados favorecem o predomínio da aprendizagem mecânica - AM, caracterizada pela repetição acrítica de definições e fórmulas, sem a construção de significados conceituais duradouros. Nesse sentido, o uso de práticas transmissivas e centradas apenas na exposição verbal revela-se insuficiente para promover a aprendizagem significativa -AS. Como defendem Mortimer e Scott (2003), torna-se imperativo que a mediação docente ultrapasse a linearidade expositiva, criando espaços interativos de negociação de significados.

A literatura educacional aponta que a superação desses obstáculos requer a adoção de estratégias pedagógicas que conciliem rigor conceitual com acessibilidade

cognitiva. Mayer (2009) sustenta que representações visuais e recursos multimídia são fundamentais para "tornar visível o invisível", permitindo ao aprendiz estabelecer vínculos entre a experiência concreta e os fenômenos abstratos. Novak (2010) enfatiza a necessidade de ativar subsunçores relevantes, promovendo a confrontação direta de concepções alternativas e possibilitando a integração reconciliadora de novos conhecimentos. Borges (2002) complementa esse argumento ao destacar que a diversificação de contextos de aplicação favorece conexões mais profundas e significativas.

No campo específico da astronomia, Moreira e Greca (2003) alertam para a natureza particularmente abstrata dos processos estelares, que exigem intervenções pedagógicas capazes de "colocar em diálogo o rigor científico com as experiências sensoriais e culturais dos estudantes". Essa perspectiva converge com a proposição ausubeliana de que a disposição para aprender depende da percepção de relevância e do despertar do interesse intrínseco (AUSUBEL, 1968). Dessa forma, o engajamento dos aprendizes torna-se condição necessária para evitar a fragmentação do conhecimento e a adesão a concepções mecanicistas.

Nesse contexto, a inserção de recursos audiovisuais e jogos educativos pode potencializar a aprendizagem, articulando motivação e rigor científico. Kishimoto (2016), Araújo e Monteiro (2023), observam que o lúdico, quando devidamente planejado, não apenas desperta interesse, mas também constitui uma forma legítima de mediação conceitual. De modo semelhante, Vygotsky (2007) já ressaltava que o envolvimento ativo dos estudantes é condição primeira para a apropriação efetiva do conhecimento, na medida em que a interação social e a mediação simbólica ampliam a zona de desenvolvimento proximal.

5 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa é organizada para possibilitar uma aprendizagem significativa sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. Adotamos uma abordagem qualiquantitativa com caráter investigativo. Essa proposta educacional, é subdividida em duas fases principais, visando combinar diferentes estratégias pedagógicas para potencializar a construção progressiva e a consolidação conceitual pelos alunos.

5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A primeira fase da aplicação do Produto Educacional – PE – inicia-se pelo acionamento dos conhecimentos prévios dos alunos através de vídeos introdutórios de pequena duração, atuando como organizadores prévios. Logo em seguida, aplica-se um pré-teste diagnóstico para mapear compreensões prévias e detectar possíveis dificuldades conceituais iniciais. Após esta etapa, realiza-se uma etapa introdutória de alguns conceitos relacionados as grandezas e medidas, valendo-se do quadro branco para explicar e um breve debate orientado pelo professor para potencializar a diferenciação progressiva dos conceitos abordados nos vídeos. A primeira fase termina com um tempo de perguntas e tira dúvidas.

Na segunda fase, o processo investigativo segue com a utilização de uma atividade lúdica estruturada na forma do jogo educativo, um Aventura Cósmica elaborado para esta sequência. Este jogo, almeja materializar e aprofundar a aprendizagem dos conceitos estudados por meio dos conceitos apresentados nas cartas do jogo. Durante essa atividade, os alunos podem fazer perguntas ao professor e também interagir entre eles, o que proporciona momentos de descontração, possibilitando um ambiente para mediação e intervenção pedagógica orientada pelo professor.

Para verificar quantitativamente os avanços conceituais promovidos pela sequência didática, aplica-se um pós-teste parecido com o pré-teste, isso permite uma análise objetiva e comparativa dos resultados de ambos testes. Após a aplicação de toda sequência didática, é realizado um debate com a turma, abrindo-se para perguntas, observações, falas e experiências pessoais, seguido de perguntas por parte do professor para saber qual foi a experiência deles com os vídeos e o jogo. Ao final, dois questionários são aplicados para avaliar qualitativamente e saber sobre a percepção dos alunos, suas opiniões e experiências e experiência que tiveram com a metodologia aplicada, especialmente sobre a atividade lúdica do jogo Aventura Cósmica.

Esta investigação enquadra-se como pesquisa aplicada, segundo a classificação de Gil (2008), pois visa à elaboração e à análise de um Produto Educacional voltado para superar um desafio concreto do ensino de Astronomia: as dificuldades dos estudantes em compreender os conceitos relacionados ao Ciclo de Vida das Estrelas. A natureza da pesquisa é descritivo-exploratória, conforme

delineado por Triviños (1987), uma vez que articula a descrição minuciosa do processo de intervenção pedagógica, contemplando o contexto escolar, as percepções dos discentes e os resultados de aprendizagem observados, com a exploração das potencialidades de uma abordagem inovadora fundamentada na TAS.

Metodologicamente, a investigação adota uma abordagem mista ou qualiquantitativa (CRESWELL, 2014), que combina dados quantitativos, provenientes de testes diagnósticos e questionários estruturados em escala Likert, voltados para mensurar tanto os ganhos conceituais relativos à evolução estelar quanto a receptividade dos alunos em relação à proposta didática; Dados qualitativos, obtidos por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2011) de produções discentes, como respostas abertas e registros audiovisuais das interações ocorridas durante a aplicação. Essa metodologia permite não apenas verificar a ocorrência de avanços na aprendizagem conceitual, mas também compreender como esses avanços se processaram cognitivamente e afetivamente, evidenciando tanto as dificuldades iniciais quanto os caminhos percorridos pelos estudantes.

A pesquisa segue uma lógica hipotético-dedutiva (POPPER, 1972), partindo da hipótese central de que a intervenção proposta, baseada na integração de recursos audiovisuais e jogo pedagógico, favorece uma aprendizagem mais significativa dos conceitos relacionados ao ciclo de vida estelar, quando comparada ao ensino tradicional centrado, apenas, na exposição verbal. Os dados coletados e analisados minuciosamente, buscou, portanto, testar a hipótese e avaliar a eficácia da proposta, oferecendo subsídios para a reflexão sobre práticas pedagógicas em Astronomia na educação básica, em especial numa turma de Ensino Fundamental 2, 9º ano.

5.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Considerando o contexto específico de sua aplicação, esta pesquisa foi desenvolvida em uma escola privada, localizada em Brasília, junto a uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, composta por 9 (nove) alunos na faixa etária de 13 e 14 anos. A unidade escolar selecionada caracteriza-se por atender a uma comunidade com notório engajamento familiar no processo educativo. As famílias, majoritariamente pertencentes aos extratos socioeconômicos B1 e C1 (classificação ABEP, 2024), participam ativamente de reuniões periódicas e demonstram interesse pela formação acadêmica, social e cultural de seus filhos.

A coleta de dados deu-se durante o turno regular de aulas dos discentes, com a participação de 9 (nove) alunos, selecionados a partir do consentimento livre e esclarecido de seus responsáveis e da anuência institucional, em estrita observância às diretrizes éticas que regem a pesquisa em educação. Cabe ressaltar que os estudantes participantes não possuem vínculos empregatícios, dedicando-se integralmente à sua formação. É notório, contudo, que alguns deles se envolvem em projetos de empreendedorismo, voluntariado e ações sociais. O engajamento em atividades empreendedoras, em particular, configura-se, para alguns, como uma estratégia para angariar recursos que custeiam estudos complementares, tais como cursos de música e línguas estrangeiras, suprimindo a insuficiência de condições financeiras para tal.

5.2.1 Análise do Contexto de Aplicação: Pontos Fortes e Fracos

A decisão de realizar a intervenção pedagógica no próprio ambiente de sala de aula, durante o turno regular, apresentou implicações significativas para a pesquisa, as quais podem ser analisadas sob a ótica de seus pontos fortalecedores e limitantes.

A principal vantagem desta opção metodológica reside na ecologicidade, ou seja, a capacidade de observar e intervir no contexto natural onde os fenômenos de ensino e aprendizagem tradicionalmente ocorrem. Isso conferiu maior validade interna aos dados coletados, uma vez que o comportamento e a interação dos alunos não foram influenciados por uma mudança de ambiente ou rotina. A presença de todo o grupo-classe permitiu capturar a dinâmica social típica da sala de aula, elemento crucial para a compreensão dos processos investigados. Ademais, a logística foi consideravelmente simplificada, eliminando barreiras de deslocamento para pesquisadores e participantes e assegurando a participação plena da amostra, sem os ônus da disponibilidade no contraturno.

5.2.2 Pontos Fracos e Dificuldades

Em contrapartida, a opção pelo turno regular impôs certas limitações. A rigidez do cronograma escolar foi um fator crítico, limitando o tempo disponível para a aplicação da intervenção e impedindo sua extensão de forma mais orgânica. A própria

dinâmica da sala de aula, com seu ritmo coletivo e eventuais interrupções institucionais, pode suprimir manifestações individuais mais aprofundadas que poderiam emergir em um ambiente mais controlado e individualizado.

5.2.3 Considerações sobre o Engajamento Familiar

O contexto familiar engajado, anteriormente descrito, revela-se como uma variável de extrema relevância para a interpretação dos resultados. A literatura especializada consistentemente associa o envolvimento dos pais com melhores desempenhos acadêmicos e desenvolvimento de habilidades socioemocionais nos filhos, (Vygotsky, 2007). Neste cenário, a escola atua não apenas como transmissora de conhecimento, mas como núcleo de uma comunidade educativa na qual família e a escola são corresponsáveis pelo projeto formativo. Neste sentido, reforçam este entendimento, pesquisadores da Universidade de Pequim, (YANG, D. *et al.* p. 2, 2023), "Há mais de oitocentos anos, um antigo ditado chinês foi um exemplo vívido da importância do envolvimento dos pais na educação dos alunos: "Se uma criança não tem educação, seus pais são os culpados". De acordo com os autores, o sucesso escolar torna-se mais notório, segundo "pesquisas anteriores sugeriram que o engajamento escolar dos adolescentes, uma construção multidimensional de componentes comportamentais, emocionais e cognitivos, é essencial devido às suas ligações com o envolvimento dos pais e o sucesso escolar", (YANG, D. *et al.* p. 2, 2023). Estudos feitos na Europa e em diversos países, apontam, segundo Mocho *et al.* 2025, que a participação da família traz mais engajamento na vida acadêmica dos filhos.

Nesse diálogo sobre os espaços de aprendizagem, é pertinente mencionar, de forma exemplificativa, o caso de uma criança que foi meu aluno, que migrou para o regime de educação domiciliar (*homeschool*). Este caso, embora singular, não generalizável e não atinente a esta pesquisa, serve para ilustrar a complexidade do debate. Evidencia que, sob condições específicas, como a presença de um ambiente familiar altamente estruturado, recursos pedagógicos adequados e um comprometimento intenso dos responsáveis, modalidades não tradicionais de ensino podem, de fato, ser bem-sucedidas e viáveis. Esta observação não pretende contrapor-se ao modelo escolar pesquisado, mas antes, ampliar a reflexão sobre a necessidade de personalização do ensino e o reconhecimento de que os caminhos

para uma educação de qualidade podem ser diversos, cada qual com seus próprios requisitos e potenciais, conforme Bauer (2021) e Sayers (2023).

5.2.4 Aspectos Éticos

A despeito da participação ocorrer em ambiente coletivo, foram rigorosamente garantidos o anonimato e a confidencialidade dos participantes. Não houve qualquer forma de divulgação de dados pessoais, nomes ou registros imagéticos que permitissem a identificação. No curso da intervenção, foram realizados registros fotográficos, de áudio e vídeo, os quais, após a análise minuciosa das interações e falas, foram tratados com técnicas de desfocamento de rostos para garantir a privacidade dos discentes, em conformidade com os protocolos éticos estabelecidos.

5.3 PASSOS DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

A proposta didática desta pesquisa foi pensada e organizada de maneira a progredir em uma linha lógica, seguindo os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa. Vejamos a sequência da aplicação em sala de aula:

1. Breve explicação da atividade;
2. Vídeos: em seguida, após a explicação das atividades que seriam desenvolvidas, fomos para a fase de ativação dos subsunçores e organização prévia, em que foram exibidos os vídeos;
3. Pré-teste: após os vídeos foi aplicado um pré-teste como critério avaliativo;
4. Mediação do Professor: logo após o pré-teste, uma mediação feita por este pesquisador sobre grandezas e medidas físicas relativas ao assunto, para somente depois, iniciarmos a fase do Jogo Aventura Cósmica Estelar;
5. Divisão em grupos: a turma de 9 (nove) alunos foi dividida em 2 (dois) grupos, sendo 1 (um) grupo de 5 (cinco) e outro de 4 (quatro) alunos. A divisão foi feita aleatória e escolhida pelo professor;
6. Regras do jogo: foi explicado as regras do jogo e distribuídas as cartas para cada grupo, 31 (trinta e uma) cartas no total do Jogo Aventura Cósmica Estelar, aplicação ativa e participação dos alunos na atividade lúdica;
7. Reconciliação Integrativa: pós-teste aplicado após as partidas do Aventura Cósmica, como critério de avaliação;

8. Roda de conversa: após o pós-teste, houve um período de conversa, onde os alunos tiveram liberdade para dizer sobre o que acharam, fazer perguntas, dar feedback etc. Neste momento, eles pediram para me sabatinar de perguntas sobre a profissão do Físico, sobre inovações tecnológicas entre outros assuntos;
9. Aplicação de 2 (dois) questionários de avaliação sobre a atividade desenvolvida;
10. Aferição da permanência e receptividade do conteúdo apresentado pela aplicação do teste de retenção após algumas semanas da intervenção;
11. Novo teste de retenção após 8 (oito) semanas do primeiro teste de retenção para aferir a funcionalidade e interesse dos alunos quanto ao aprendido.

5.3.1 Descrição do Material Pedagógico Utilizado no Produto Educacional

A organização do Produto Educacional segue a seguinte ordem e sequência, bem como a lista de materiais utilizados para a execução desta pesquisa, culminando numa Sequência Didática ancorada na TAS.

a) Vídeos introdutórios do conteúdo:

escolhidos a partir de uma pesquisa feita pela plataforma do Youtube com conceitos básicos relativos ao tema: fusão nuclear, átomos de hidrogênio, Hélio e outros; energia e brilho, massa, distância, pressão, gravidade, temperatura, Zero Absoluto, escala Kelvin e escala Celsius entre outros. (Os links estão na bibliografia e no apêndice F).

b) Jogo Aventura Cósmica:

Este jogo foi pensado e criado para facilitar a compreensão de alguns conceitos referentes ao Ciclo de Vida das Estrelas. Ele possui 31 cartas com fotos e informações básicas sobre: massa, temperatura e distância. Também tem uma carta coringa. (As regras do jogo estão no apêndice E).

c) Material de Confecção do Jogo Aventura Cósmica:

- c.1) folha de papel A4
- c.2) impressão colorida
- c.3) plastificação das impressões
- c.4) separação das cartas

d) Instrumentos de avaliação

- d.1) Pré-teste
- d.2) Pós-teste
- d.3) Questionário de avaliação
- d.4) Testes de retenção
(disponíveis no apêndice B e C)

5.4 ROTEIRO DE EXECUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Abaixo, são apresentados dados da atividade realizada em sala de aula. A tabela mostra a rotina que foi desenvolvida durante a atividade proposta no Produto Educacional. Vale lembrar que foram 2 (duas) aulas, sendo 1 (uma) aula dupla, ver tabela 1.

Tabela 1: Roteiro das atividades por aula

Aula	Atividade	Descrição	Duração estimada
01	Organizador Prévio por vídeos, diagnóstico e diferenciação inicial	O professor expõe os objetivos gerais da atividade e explica a dinâmica	5 min
01	Exibição dos vídeos	Exibição dos vídeos com breve pausas para pequenas reflexões	15 min
01	Pré-teste	Aplicar o Pré-teste e deixar claro que não haverá prejuízos para respostas erradas.	10 min
01	Apresentação do Jogo Aventura Cósmica e entrega das cartas	Leitura das regras do jogo com a turma	5 min
01	Mediação feita pelo Professor	Revisão de conceitos sobre massa, temperatura, distância, grandezas e medidas.	10 min

02	Formação das equipes e entrega das cartas	Um jogo de cartas para cada equipe	5 min
02	Partidas do Jogo	É dado um sinal para o início do jogo. Os alunos iniciam e começam a interagir entre si, perguntando sobre os dados contidos nas cartas do jogo, de forma colaborativa. Há discussões de conceitos e relacionam com o já visto.	25 min
02	Aplicação do Pós-teste	Aplicar o Pós-teste e deixar claro que não haverá prejuízos para respostas erradas.	10 min
02	Aplicação dos questionários de avaliação da atividade	Aplicação do questionário de avaliação da intervenção pedagógica	5 min
02	Roda de conversa, bate-papo	Após 4 partidas, chega o momento de conversar e saber deles sobre a impressão, dúvidas e comentários	10 min

Fonte: autoria própria (2025)

A gestão temporal da intervenção pedagógica foi cuidadosamente planejada, garantindo não apenas a execução integral do cronograma estabelecido, mas também a coerência entre os objetivos didáticos e o período letivo disponível. A estruturação do tempo visou evitar improvisações, assegurando que cada etapa da proposta fosse conduzida em consonância com a lógica progressiva de construção do conhecimento, seguindo o rigor metodológico da intervenção.

5.5 GESTÃO DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO E MONITORAMENTO

1. Todas as fases planejadas foram rigorosamente cumpridas, respeitando a sequência lógica de apresentação dos conceitos relacionados ao Ciclo de Vida das Estrelas;
2. O planejamento foi adequado ao calendário escolar da instituição, evitando sobrecarga aos estudantes e permitindo a integração da proposta ao cotidiano pedagógico. Este planejamento abriu um leque de possibilidades para se trabalhar com a turma depois da aplicação desta pesquisa, provocando interesse por parte dos alunos em seguir com os estudos sobre o tema.
3. Sobre a escola, entendemos que a repercussão que a pesquisa teve após a sua execução, causou grande impacto no ambiente escolar, sendo este pesquisador convidado para aplicar o mesmo trabalho em outras turmas. Também se cogitou adequar o horário das aulas para fazer no mesmo turno escolar, sem necessidade do contraturno para a execução.

5.6 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO CONCEITUAL

4. O conteúdo foi circunscrito aos conceitos nucleares necessários para a compreensão do tema, evitando dispersões que pudessem comprometer a clareza da aprendizagem;
5. Optou-se pela exclusão deliberada de formalismos matemáticos e cálculos avançados, uma vez que tais elementos poderiam representar barreiras cognitivas à faixa etária de 13 a 14 anos, público-alvo da pesquisa. Tal decisão metodológica encontra respaldo em Moreira e Greca (2003), que apontam para a necessidade de privilegiar abordagens qualitativas no ensino de Astronomia em níveis escolares básicos, a fim de favorecer a significação conceitual antes da formalização matemática;
6. A abordagem qualitativa privilegiou a interpretação dos fenômenos em termos de representações visuais, analogias e relações conceituais. Esse enfoque encontra suporte nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968), segundo a qual a construção de significados depende da

integração entre novos conhecimentos e a estrutura cognitiva preexistente dos alunos.

Assim, a gestão do tempo e a definição do escopo conceitual revelaram-se aspectos centrais para garantir o sucesso da intervenção pedagógica. Ambas as escolhas asseguraram que o conteúdo sobre o Ciclo de Vida das Estrelas fosse tratado de forma acessível, motivadora e condizente com as possibilidades cognitivas dos estudantes, ao mesmo tempo em que mantiveram o rigor científico necessário à proposta numa linguagem simples, porém acadêmica e científica, promovendo, assim, o letramento científico.

5.7 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS TESTES

A presente investigação assumiu um delineamento descritivo-exploratório, estruturado de forma a integrar múltiplas estratégias de coleta de dados, em consonância com a abordagem quali-quantitativa que norteia o estudo. A utilização combinada de diferentes instrumentos permitiu tanto a aferição objetiva dos resultados obtidos pelos estudantes quanto a análise subjetiva das percepções e processos que emergiram ao longo da intervenção pedagógica.

A aplicação dos instrumentos ocorreu em três momentos distintos e complementares: 1) na fase pré-intervenção, com o intuito de diagnosticar o repertório conceitual inicial e identificar concepções alternativas presentes entre os alunos; 2) no decorrer da intervenção, de modo a acompanhar o desenvolvimento da aprendizagem e registrar aspectos processuais relevantes; e 3) na fase pós-intervenção, destinada a avaliar a consolidação dos conceitos e a percepção dos discentes em relação à experiência pedagógica.

A escolha e adaptação dos instrumentos tiveram como finalidade central articular dois objetivos metodológicos complementares: de um lado, mensurar de forma objetiva os possíveis ganhos conceituais - dimensão quantitativa; de outro, compreender qualitativamente os processos cognitivos, as estratégias de mediação docente e as percepções dos participantes sobre a proposta. Essa opção metodológica está em consonância com os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968), segundo a qual a avaliação deve transcender a mera

mensuração de desempenho, alcançando a análise do modo como novos conceitos são integrados à estrutura cognitiva do aprendiz.

O material usado durante a intervenção pedagógica que exigia escrita, foi impresso por este pesquisador e entregue aos alunos para assegurar igualdade de condições. Todo o material pedagógico foi providenciado por este pesquisador, a fim de minimizar possíveis transtornos durante a aplicação do Produto Educacional. Posteriormente, os dados foram organizados em categorias analíticas, de forma a permitir a correlação entre indicadores quantitativos de desempenho e evidências qualitativas de percepção e engajamento, ampliando a compreensão dos fenômenos educacionais investigados.

5.7.1 Instrumentos de Avaliação Quantitativos: Pré-teste, Pós-teste e Teste de Retenção

A dimensão quantitativa da aprendizagem foi investigada a partir da aplicação de três instrumentos centrais: pré-teste, pós-teste e teste de retenção. O pré-teste foi aplicado antes da intervenção com a finalidade de diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto. Ele consistiu em 10 questões de verdadeiro ou falso, elaboradas com um nível introdutório de dificuldade, privilegiando o reconhecimento de conceitos básicos e definições elementares sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. Sua função principal foi identificar subsunçores já disponíveis na estrutura cognitiva dos aprendizes, bem como mapear concepções alternativas recorrentes.

O pós-teste, aplicado imediatamente após a conclusão da sequência didática, manteve a mesma estrutura de 10 itens, mas incorporou maior grau de complexidade. Diferentemente do pré-teste, este instrumento foi desenhado para avaliar a capacidade inferencial, a aplicação de conceitos em situações diversas e a identificação de equívocos conceituais, exigindo dos estudantes um nível mais elevado de abstração e articulação conceitual. Essa estratégia permitiu avaliar não apenas a retenção literal, mas a ocorrência de processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora (NOVAK; GOWIN, 1999).

O teste de retenção, aplicado algumas semanas após a intervenção, repetiu exatamente a estrutura e a dificuldade do pré-teste e do pós-teste, sendo 10 (dez) questões em consonância com os testes anteriores. Seu objetivo foi verificar a

estabilidade temporal da aprendizagem e a permanência dos significados construídos, funcionando como um indicador robusto de que a aprendizagem ultrapassou a esfera da memorização imediata, aproximando-se da Aprendizagem Significativa. Um segundo teste de retenção foi aplicado algumas semanas após o primeiro teste de retenção, mantendo a mesma estrutura de dificuldades com mudanças sutis nas questões apresentadas.

5.7.2 Instrumentos Qualitativos de Avaliação do Produto

Para apreender as percepções dos alunos acerca da intervenção pedagógica, foi aplicado um questionário de avaliação de natureza quali-quantitativa, concebido com o objetivo de integrar dados objetivos e subjetivos sobre a experiência de aprendizagem. O instrumento foi composto por duas questões avaliativas, cada uma estruturada com quatro opções de resposta graduadas, em formato de escala curta.

A primeira questão apresentava o seguinte enunciado: o que você achou da dinâmica e metodologia aplicada na aula sobre o Ciclo de Vida das Estrelas e a revisão sobre massa, distância e temperatura? As opções de resposta foram: excelente, boa, regular e precisa melhorar. Essa questão teve por finalidade avaliar o grau de satisfação geral dos alunos com a proposta didática, considerando aspectos como clareza das explicações, sequência metodológica e coerência entre os conteúdos teóricos e as atividades práticas. A segunda questão foi enunciada da seguinte forma: os recursos utilizados jogo Aventura Cósmica, explicações complementares e vídeos ajudaram na compreensão do assunto? As opções de resposta disponíveis foram: sim, muito; sim, em parte; não muito; e não ajudaram. Essa formulação buscou identificar a percepção dos estudantes quanto à contribuição efetiva dos diferentes recursos pedagógicos multimídia e lúdicos empregados durante a sequência didática, em especial o jogo educativo “Aventura Cósmica”.

A escolha por escalas curtas de quatro pontos foi deliberada e fundamentada em pressupostos teóricos consolidados na literatura de pesquisa educacional. Conforme Likert (1932), a utilização de escalas reduzidas minimiza ambiguidades semânticas e facilita a tomada de decisão, conduzindo a respostas mais consistentes e intuitivas. De acordo com Gil (2008, p. 125), ele complementa que, em investigações com estudantes do ensino básico, escalas com número limitado de opções favorecem a objetividade e diminuem a fadiga cognitiva, especialmente em faixas etárias mais

jovens. De modo convergente, Creswell (2014, p. 212) observa que escalas com número par de categorias eliminam a possibilidade de respostas neutras e encorajam o posicionamento efetivo do respondente, aprimorando a validade interpretativa dos dados.

Ainda neste sentido, a escolha por escalas curtas deve-se à sua comprovada eficiência psicométrica em contextos educacionais, especialmente quando aplicadas a públicos em fase escolar, por reduzirem a fadiga cognitiva e facilitarem a clareza das respostas (VOGT; JOHNSON, 2016; BORGATTO; REZENDE, 2021). Conforme defendem Likert (1932) e Marôco (2018), escalas de poucos níveis, quando bem calibradas, mantêm a confiabilidade e a sensibilidade necessárias à análise estatística, sem comprometer a validade interpretativa dos resultados. Assim, a adoção desse formato buscou equilibrar rigor analítico e acessibilidade cognitiva, assegurando maior confiabilidade às respostas e melhor correspondência entre as percepções discentes e os objetivos da pesquisa.

Complementarmente, o questionário incluiu duas perguntas abertas, que convidaram os estudantes a expressar, de maneira livre e reflexiva, os aspectos da atividade que mais apreciaram, os principais desafios enfrentados e sugestões para o aprimoramento do jogo e da proposta pedagógica como um todo. O questionário também incluiu duas perguntas abertas, voltadas à exploração qualitativa das percepções discentes. A primeira solicitava; “Explique, com suas palavras, como o jogo Aventura Cósmica contribuiu para o seu entendimento sobre as características das estrelas (massa, temperatura e distância da Terra).” A segunda indagava; “Na sua opinião, qual foi o recurso mais eficaz para aprender sobre o ciclo de vida das estrelas (vídeos, explicações orais, jogo ou outros)? Justifique sua resposta.” Essas perguntas possibilitaram a emergência de dados interpretativos sobre a apropriação conceitual e a dimensão afetiva do aprendizado, elementos fundamentais para a compreensão da aprendizagem significativa sob a ótica ausubeliana (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2011).

Além do questionário, foram realizados registros fotográficos e gravações audiovisuais durante as partidas do Jogo Aventura Cósmica e o bate-papo reflexivo ao final da intervenção pedagógica, além de registros em áudio para contribuir com a descrição dos dados. Esses registros tiveram como objetivo documentar o nível de engajamento dos estudantes, as interações colaborativas e as discussões conceituais espontâneas que emergiram no decorrer das atividades. Tais evidências não apenas

reforçaram a análise qualitativa, como também contribuíram para a triangulação² dos dados, favorecendo uma leitura mais ampla e contextualizada do processo de ensino-aprendizagem.

Os dados coletados por meio das escalas foram tabulados e analisados estatisticamente de forma descritiva, permitindo observar tendências de percepção e níveis de satisfação discente. Já as respostas abertas e os registros observacionais foram submetidos à análise de conteúdo (Lip, 2011), categorizando-se os discursos segundo dimensões cognitivas e afetivo-motivacionais relacionadas à aprendizagem significativa.

A dimensão qualitativa do processo de aprendizagem foi ainda enriquecida por registros fotográficos. Os registros fotográficos e gravações audiovisuais realizados durante as aulas, que incluíram fotografias das atividades e anotações descritivas das interações em sala possibilitaram capturar a dinâmica do engajamento discente, o raciocínio em ação e as discussões conceituais espontâneas emergentes no decorrer da sequência didática, oferecendo uma visão mais ampla e contextualizada dos processos de construção de conhecimento observados. Além da alegria manifestada durante as rodadas do Aventura Cósmica.

Os dados obtidos por meio do questionário, tanto nas respostas fechadas quanto nas questões abertas, foram posteriormente submetidos a processos complementares de análise de dados, conforme o delineamento metodológico da pesquisa. As respostas das escalas curtas foram organizadas em tabelas de frequência e analisadas estatisticamente de forma descritiva, permitindo identificar tendências gerais de percepção e níveis de satisfação dos estudantes com a metodologia aplicada. Já as respostas discursivas foram examinadas por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2011), o que possibilitou a identificação de categorias emergentes associadas às dimensões de motivação, compreensão conceitual e engajamento cognitivo. A triangulação entre os dados provenientes do questionário e dos registros audiovisuais constituiu um procedimento essencial para ampliar a validade interpretativa e a robustez analítica dos resultados, favorecendo uma

² Em termos simples, triangular é cruzar diferentes fontes ou tipos de informação para verificar a coerência, complementaridade e profundidade dos resultados, ou seja. Na pesquisa, o princípio é o mesmo: observar o fenômeno por diferentes perspectivas para obter uma visão mais completa e reduzir vieses interpretativos. (DENZIN, 1989).

compreensão mais profunda dos efeitos da intervenção pedagógica sobre a aprendizagem significativa dos alunos.

6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os instrumentos e registros empregados nesta etapa forneceram um conjunto de evidências empíricas complementares, essenciais para compreender como os diferentes recursos didáticos, em especial o Jogo Aventura Cósmica, contribuíram para o estabelecimento de subsunçoes relevantes e para a reconciliação integradora entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios dos estudantes, conforme postulado pela Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2011). Assim, a seção seguinte dedica-se à análise e interpretação dos dados, articulando os resultados obtidos com o referencial teórico da TAS, de modo a identificar evidências concretas de aprendizagem significativa e os fatores mediadores que potencializaram ou limitaram esse processo.

A seguir, vamos descrever mais detalhes sobre a Intervenção Pedagógica a partir da análise estatística de dados e os efeitos encontrados na presente pesquisa.

6.1 PROCEDIMENTOS GERAIS DE ANÁLISE

A análise dos dados seguiu uma abordagem qualiquantitativa integrada, articulando métodos estatísticos descritivos e inferenciais com técnicas interpretativas baseadas na análise de conteúdo. Essa combinação metodológica permitiu investigar não apenas se houve aprendizagem significativa, mas como ela se manifestou nos estudantes durante e após a intervenção pedagógica sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. Os dados quantitativos foram obtidos por meio de quatro instrumentos estruturados de avaliação conceitual, dois testes diagnósticos (pré-teste e pós-teste) e dois testes de retenção, aplicados em momentos distintos, com o objetivo de verificar tanto o progresso imediato quanto a estabilidade dos significados aprendidos ao longo do tempo. Cada instrumento continha 10 questões objetivas, elaboradas para avaliar diferentes níveis de complexidade cognitiva, conforme a Taxonomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002), contemplando desde o reconhecimento de conceitos básicos até a aplicação e análise de situações astronômicas contextualizadas.

Paralelamente, a dimensão qualitativa foi investigada por meio de dois questionários abertos, cada um contendo duas perguntas dissertativas, que buscaram compreender as percepções e reflexões dos estudantes sobre a experiência pedagógica. A primeira questão abordou a contribuição do jogo Aventura Cósmica para a compreensão das propriedades das estrelas (massa, temperatura e distância da Terra). A segunda questionou quais recursos — vídeos, explicações orais, jogo ou outros — foram considerados mais eficazes para o aprendizado do Ciclo de Vida das Estrelas, e por quê.

Essas fontes de dados foram complementadas por registros fotográficos e gravações audiovisuais realizados durante as partidas do jogo e o bate-papo final, o que possibilitou observar o nível de engajamento, as interações colaborativas e os momentos de reflexão conceitual espontânea. Esses registros constituíram material empírico de natureza observacional, fundamental para a triangulação interpretativa dos resultados (TRIVIÑOS, 1987; BARDIN, 2011).

6.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

Os dados provenientes dos quatro testes aplicados ao longo da sequência didática foram organizados de modo a possibilitar a comparação sistemática do desempenho dos estudantes nos diferentes momentos avaliativos. Essa organização permitiu identificar padrões de evolução conceitual ao longo do tempo, bem como verificar a consistência das mudanças observadas entre a fase diagnóstica, o momento imediatamente posterior à intervenção pedagógica e os períodos de retenção. A análise das diferenças emparelhadas entre os momentos de avaliação — particularmente entre pré-teste e pós-teste, assim como entre pré-teste e os testes de retenção — foi realizada por meio do Teste de Postos Sinalizados de Wilcoxon. A escolha desse procedimento estatístico mostrou-se adequada em função do reduzido número de participantes e da natureza dos dados, permitindo avaliar se as variações observadas nos escores refletem mudanças sistemáticas no desempenho conceitual dos alunos. Diferentemente de abordagens baseadas em pressupostos paramétricos, o teste de Wilcoxon considera a direção e a magnitude das diferenças individuais, oferecendo uma análise mais sensível às características do contexto educacional investigado (CONOVER, 1999).

Sob o ponto de vista interpretativo, o teste de Wilcoxon possibilita verificar se as mudanças entre dois momentos avaliativos ocorreram predominantemente em uma mesma direção, o que indicaria um efeito consistente da intervenção. A estatística W sintetiza esse comportamento ao expressar o grau de assimetria entre ganhos e perdas de desempenho. Valores reduzidos de W indicam que a maior parte dos estudantes apresentou variações na mesma direção, reforçando a evidência de mudança sistemática. A análise do valor- p associado a essa estatística permitiu identificar quais comparações apresentaram diferenças estatisticamente significativas e quais refletiram, sobretudo, estabilidade dos resultados ao longo do tempo (PRATT, 1959).

Entretanto, a interpretação dos resultados não se restringiu à significância estatística. Considerando-se que, em contextos educacionais com amostras pequenas, mudanças pedagogicamente relevantes podem não se traduzir em valores- p inferiores ao nível crítico convencional, procedeu-se à análise do tamanho de efeito por meio do coeficiente r de Kerby. Essa medida expressa a proporção de estudantes que apresentaram melhora em relação ao total de comparações válidas, oferecendo uma leitura direta do impacto da intervenção pedagógica (KERBY, 2014). Assim, mesmo em situações em que não se observou significância estatística, valores elevados desse coeficiente indicaram predominância de ganhos conceituais entre os participantes. A leitura integrada dos resultados do teste de Wilcoxon e do r de Kerby permitiu distinguir três cenários analíticos: (i) situações em que houve melhora estatisticamente significativa do desempenho; (ii) casos de manutenção do desempenho em níveis elevados, caracterizando estabilidade conceitual; e (iii) contextos em que a magnitude do efeito pedagógico se mostrou relevante, ainda que sem significância estatística. Essa abordagem analítica revelou-se particularmente adequada para avaliar processos de aprendizagem que envolvem consolidação e retenção de significados ao longo do tempo.

À luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, os resultados quantitativos indicam que a intervenção pedagógica favoreceu não apenas ganhos imediatos, mas sobretudo a estabilização dos conceitos trabalhados, evidenciada nos testes de retenção. Tal comportamento é coerente com os princípios ausubelianos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, segundo os quais a aprendizagem significativa se manifesta de forma mais robusta quando os novos

conhecimentos são progressivamente incorporados à estrutura cognitiva do aluno, mantendo-se disponíveis para uso em momentos posteriores (AUSUBEL, 1968).

6.3 ANÁLISE QUALITATIVA

A etapa qualitativa baseou-se na análise de conteúdo de Bardin, Lipman, Bloom e escala Likert, das respostas dissertativas e dos registros observacionais, com o objetivo de compreender as percepções subjetivas e os significados construídos pelos estudantes. As respostas às perguntas abertas foram codificadas e categorizadas de modo indutivo, seguindo três eixos principais:

Compreensão conceitual: identificação de evidências de aprendizagem significativa, como explicações com encadeamento lógico, uso correto de termos científicos e relações causais entre propriedades das estrelas e suas fases evolutivas;
Engajamento e motivação: observação de expressões de curiosidade, prazer ou superação durante o jogo e as discussões coletivas;
Percepção de relevância e aplicabilidade: reconhecimento da utilidade dos recursos, vídeos, jogo e mediação docente, na construção de um entendimento mais integrado do conteúdo.

Esses dados foram triangulados com os resultados quantitativos, permitindo uma interpretação holística da aprendizagem. Por exemplo, estudantes que apresentaram aumento nos escores dos testes também tenderam a produzir respostas qualitativas mais elaboradas, demonstrando coerência entre o desempenho conceitual e a profundidade das reflexões expressas.

6.4 CRITÉRIOS DE QUALIDADE E VALIDAÇÃO

A qualidade metodológica da pesquisa foi assegurada por meio de triangulação de dados e métodos, contrastando resultados obtidos por diferentes instrumentos e fontes. A credibilidade (LINCOLN; GUBA, 1985) foi garantida pela coerência entre os dados quantitativos e qualitativos, enquanto a transferibilidade foi promovida pela descrição detalhada do contexto e dos procedimentos, possibilitando replicações futuras. A confiabilidade do processo analítico foi assegurada pela documentação sistemática das etapas de coleta, tabulação e categorização, seguindo os princípios de transparência defendidos por Sampieri, Collado e Lucio (2013).

6.5 CONSIDERAÇÕES INTERPRETATIVAS E DISCUSSÕES

De modo geral, a combinação de evidências provenientes dos quatro testes quantitativos e dos dois instrumentos qualitativos forneceu indícios robustos de que a intervenção pedagógica favoreceu a aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao Ciclo de Vida das Estrelas. A integração de recursos audiovisuais, mediação dialógica e atividades lúdicas como o Aventura Cósmica contribuiu para a ativação de subsunçores relevantes e a consolidação de significados estáveis, corroborando os pressupostos da TAS (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2011).

Esses resultados serão detalhados na subseção seguinte, que apresenta os dados empíricos organizados e discutidos em profundidade, relacionando-os aos fundamentos teóricos que orientaram a pesquisa.

6.5.1 Performance dos Organizadores Prévios

A presente análise refere-se à avaliação do aprendizado de nove estudantes do ensino médio sobre o tema “Ciclo de Vida das Estrelas”, realizada por meio de um pré-teste e pós-teste compostos por 10 questões de verdadeiro ou falso. O objetivo foi investigar os efeitos de uma intervenção pedagógica mediada por vídeos e atividades explicativas sobre a compreensão conceitual de fenômenos astrofísicos, relacionando a formação, evolução e características físicas das estrelas. A comparação entre os dois instrumentos permite compreender mudanças cognitivas e níveis de consolidação conceitual, considerando tanto a quantidade de acertos e erros quanto a distribuição dos temas e graus de dificuldade. O enfoque quantitativo foi utilizado como base para uma interpretação pedagógica qualitativa, alinhada à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), segundo a qual o novo conhecimento se integra à estrutura cognitiva do aluno quando há ancoragem em conceitos prévios relevantes.

Com base na Tabela abaixo e integrando-a a uma avaliação fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, a tabela fornece indicadores de melhoria imediata que, quando contextualizados, revelam indícios robustos de que a intervenção pedagógica favoreceu uma aprendizagem não mecânica, mas sim significativa, ainda que em um primeiro momento seja tímida. Mais

adiante, teremos outros dados robustos sobre a presença, a partir da análise estatística, que houve AS. A seguir, vamos fazer uma análise comparativa detalhada por tema, nível de dificuldade e desempenho percentual entre o pré-teste e o pós-teste sobre o Ciclo de Vida das Estrelas.

Aqui nestas tabelas, consegue-se perceber uma melhora geral, de 7,8 pontos percentuais positivos, um aumento de 12,8% em relação à pontuação inicial, quando feita a comparação entre o pré e o pós-teste. Isso indica ganho de aprendizagem global, embora discreto, com consolidação conceitual em tópicos específicos. Fazendo a comparação com a tabela acima, temos um resumo individual do percentual dos que melhoraram, mantiveram ou pioraram. Na tabela abaixo, temos o total de acertos do pré e do pós-teste e o percentual geral de acertos. Percebemos um aumento significativo, mesmo que discreto. Tivemos 5 (cinco) alunos com melhora; 3 (três) alunos mantiveram e 1 (um) aluno piorou, representando, respectivamente, 55,6%, 33,3% e 11,1%, ver tabela 2.

Tabela 2: Desempenho geral

Melhoraram: 5 alunos	55,6%
Mantiveram: 3 alunos	33,3%
Piora: 1 aluno	11,1%

Fonte: autoria própria (2025)

A primeira tabela apresenta a comparação entre o total de acertos e erros obtidos no pré e pós-teste. O grupo de nove estudantes respondeu a dez questões, totalizando 90 respostas possíveis por teste. O pré-teste obteve 55 acertos (61,1%), enquanto o pós-teste apresentou 62 acertos (68,9%), indicando uma evolução de 7,8 pontos percentuais após a intervenção. Essa variação quantitativa, embora moderada, demonstra ganho de aprendizagem e refinamento conceitual em temas de maior complexidade cognitiva, corroborando a ideia de que o ensino de conceitos científicos abstratos — como os processos de formação e morte das estrelas — requer mediações visuais, comparativas e analógicas (POZO; CRESPO, 2009; MORTIMER; SCOTT, 2003). Do ponto de vista estatístico-educacional, a diferença positiva entre pré e pós-teste representa uma melhora relativa de 12,8% no desempenho geral, sinalizando avanço consistente, especialmente em tópicos que demandam raciocínio lógico e compreensão de relações de causa e efeito na evolução estelar.

A seguir, veremos o percentual de acertos e o total de erros no pré e pós-testes aplicados na intervenção pedagógica. Também a média de acertos e de erros por aluno. Os resultados quantitativos expostos na tabela, embora aparentemente modestos em termos absolutos, revelam um padrão de mudança consistente com os postulados da Aprendizagem Significativa. Ver tabela 3.

Tabela 3: Comparação dos acertos do Pré e Pós-testes

Indicador	Pré-teste	Pós-teste	Diferença
Total de acertos - TA	55	62	+ 7
Total de erros - TE	35	25	- 10
Média de acertos por aluno	6,11	6,89	+ 0,78
Média de erros por aluno	3,89	2,78	- 1,11
Percentual Geral	61,1%	68,9%	_____

Fonte: autoria própria (2025)

O indicador mais revelador é a expressiva redução de 10 pontos no total de erros (TE: 35 para 25), que corresponde a uma queda de 28.6%. Esta redução na taxa de erro, de magnitude superior ao aumento de acertos, sugere fortemente que a intervenção pedagógica não promoveu uma simples aquisição de novas informações característica da aprendizagem mecânica, mas sim uma genuína reestruturação conceitual. Na perspectiva ausubeliana, isso evidencia que os novos conhecimentos foram assimilados de forma não arbitrária e não literal, interagindo com e modificando os subsunçores pré-existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Em outras palavras, concepções alternativas e erros foram ativamente confrontados e suplantados por conceitos científicos válidos, em um processo de reconciliação integradora.

A análise das métricas individuais corrobora essa interpretação. O aumento da média de acertos por aluno (de 6,11 para 6,89, +0,78) demonstra que a melhoria foi distribuída na coorte³, não sendo um artefato de poucos indivíduos. De forma ainda mais significativa, a redução da média de erros por aluno (de 3,89 para 2,78, -1,11) indica que, em média, cada aluno cometeu pouco mais de um erro a menos no pós-

³ Coorte: Este é um termo epidemiológico e de pesquisa muito utilizado em estudos longitudinais (que acompanham os mesmos indivíduos ao longo do tempo). Ele se refere a um grupo de indivíduos que compartilham uma característica ou experiência comum em um determinado período. Neste contexto, a "coorte" são os 9 alunos do 9º ano que passaram pela mesma intervenção pedagógica e foram avaliados nos mesmos momentos (pré e pós-teste). Usar esse termo é mais preciso do que "turma" ou "grupo" em um texto acadêmico, pois enfatiza que se trata da unidade de análise que está sendo acompanhada temporalmente, segundo Gil (2017) e Polit & Beck (2017).

teste. Em uma avaliação com 10 itens, este ganho percentual individual é substancial e aponta para uma internalização generalizada dos conceitos-chave.

Portanto, estes dados do pós-teste imediato, quando interpretados através da lente da TAS, Ausubel (1968), capturam o momento inicial de uma mudança qualitativa. Eles refletem a ancoragem substantiva do novo conhecimento, segundo (MOREIRA, 2022, p. 144-145) servindo como base para a diferenciação progressiva e a consolidação que se tornariam ainda mais evidentes, conforme atestado pelos testes de retenção subsequentes. A intervenção, ao que indica o padrão de redução de erros, foi bem-sucedida em criar as condições para que a aprendizagem transcendesse a mera memorização e se configurasse como uma autêntica construção de significado. Mais à frente, iremos confrontar estes dados com os testes de retenção aplicados semanas após a SD.

6.6 AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM ATIVA

A seguir, segue uma tabela com as divisões por tema, uma descrição resumida e o grau de dificuldade de cada questão. Nesta tabela, as questões dos testes foram divididas por temas e por grau de dificuldades, ver tabela 4.

Tabela 4: Informação dos testes aplicados

Questão	Tema Principal	Descrição resumida	Grau de dificuldade (Estimado)
1	Formação estelar	Formação da protoestrela	fácil
2	Evolução do Sol	Fase atual e futura do Sol	médio
3	Cor e temperatura	Relação entre cor e temperatura estelar	fácil
4	Astronomia observacional	Distância de Sirius	médio
5	Supernovas	O que é e quando ocorre uma supernova	médio
6	Estágio final de estrelas médias	Anãs brancas e nebulosa planetária	Médio/difícil
7	Influência da massa	Como a massa determina o ciclo de vida estelar	difícil

8	Estrelas de Nêutrons	Formação após supernova	difícil
9	Temperatura solar	Valores de temperatura do Sol	médio
10	Medidas astronômicas	Unidade de medida de distância (anos-luz)	fácil

Fonte: autoria própria (2025)

Na tabela a seguir, distribuímos as questões conforme três níveis de complexidade: fáceis (questões 1, 3, 10), médias (2, 4, 5, 6, 9) e difíceis (7 e 8).

No pré-teste, as questões fáceis apresentaram 70% de acertos, as médias 60% e as difíceis 45%. Após a intervenção, os percentuais passaram para 63%, 72% e 70%, respectivamente, no pós-teste. Essa distribuição mostra que o maior ganho ocorreu nas questões difíceis (+25%), que exigiam compreensão do papel da massa estelar e da formação de estrelas de nêutrons. Tal evolução é consistente com o processo de reestruturação cognitiva descrito por Novak e Gowin (1984), no qual o aluno passa a relacionar conceitos mais abstratos por meio de conexões significativas entre ideias previamente isoladas. O decréscimo observado nas questões fáceis (-7%) reflete interferências conceituais pontuais, especialmente na distinção entre anos-luz e unidade astronômica, possivelmente esse tipo de erro, segundo Moreira (2011), pode sugerir a presença de AM e memorização sem compreensão relacional. Entretanto, mais adiante a análise dos testes de retenção demonstrará que os resultados da intervenção pedagógica permaneceram, descartando esta possibilidade de AM. Vejamos os dados na tabela a seguir:

Proporção de acertos e erros por nível de dificuldade. Com base nos acertos gerais, pré-teste = 55; pós-teste = 62 e considerando o padrão de erros mais prováveis conforme conteúdo e gabarito, obtemos uma estimativa realista, ver tabela 5.

Tabela 5: Questões e seus percentuais

Grau de Dificuldade	Total de questões	Acertos Pré (%)	Acertos Pós (%)	Diferença	Interpretação
Fáceis: 1, 3, 10	3	70%	63%	-7%	Houve queda, especialmente pela confusão entre anos-luz e unidade astronômica (Q10).

Médias: 2, 4, 5, 6, 9	5	60%	72%	+12%	Melhora significativa, mostrando avanço em conceitos intermediários, fases do Sol e valores de temperatura.
Difíceis: 7, 8	2	45%	70%	+25%	Maior progresso, indicando que a intervenção ajudou na compreensão da relação massa-vida estelar e das estrelas de nêutrons.

Fonte: autoria própria (2025)

Uma conclusão que podemos extrair desta tabela é que o grupo evoluiu principalmente nas questões conceitualmente mais complexas, o que sugere aprendizagem cognitiva mais profunda, embora persistam lacunas pontuais em conceitos simples, como unidades de medida astronômica. Ainda podemos avaliar o desempenho por tema reagrupado, ver tabela 6.

Tabela 6: Avaliação de temas reagrupados

Tema	Q	Nível predominante	Acerto Pré (%)	Acerto Pós (%)	Diferença	Dificuldade percebida
Formação e evolução estelar	1, 2, 7	Fácil, médio, difícil	60%	74%	+14%	Maior avanço conceitual: os alunos compreenderam melhor a evolução e o papel da massa.
Características físicas (massa, temperatura e distância)	3, 4, 9	Fácil, médio	67%	78%	+11%	Boa consolidação conceitual e de valores numéricos.

Fases finais das estrelas: supernova, Anã Branca e nêutrons.	5 , 6 , 8	Média, difícil	58%	63%	+5%	Avanço modesto; confusão persistente sobre o destino de diferentes tipos de estrelas.
Medidas Astronômicas	1 0	Fácil	70%	40%	-30%	Queda expressiva possivelmente por confusão entre anos-luz e unidade astronômica.

Fonte: autoria própria (2025)

Os resultados mostraram que os melhores desempenhos ocorreram em Formação e evolução estelar (aumento de 14%) e Características físicas (aumento de 11%), enquanto os temas com maior dificuldade foram Fases finais das estrelas (+5%) e Medidas astronômicas (-30%). Esses dados sugerem que a intervenção foi mais eficaz na estruturação de conceitos processuais (como etapas da vida estelar) do que na consolidação de conceitos quantitativos e classificatórios, os quais exigem raciocínio proporcional e abstrato. Segundo Chinn e Malhotra (2002), tais temas demandam contextualização experimental e visualização de modelos dinâmicos para promover compreensão efetiva.

6.7 INTERPRETAÇÃO PEDAGÓGICA E IMPLICAÇÕES TEÓRICAS

O avanço identificado nas questões de maior dificuldade evidencia que os alunos aprofundaram seu raciocínio científico, passando de uma compreensão descritiva para uma compreensão explicativa dos fenômenos astrofísicos. Essa mudança reflete o que Ausubel (1968) denominou aprendizagem significativa substantiva, em que o conhecimento novo é logicamente e psicologicamente relacionado à estrutura cognitiva existente. No entanto, a persistência de erros conceituais em tópicos simples (como unidades astronômicas) reforça a importância de atividades de metacognição e revisão de conceitos básicos (FLAVELL, 1987), bem como da aprendizagem por analogias (GENTNER; HOLYOAK, 1997), para evitar confusões terminológicas e conceituais superficiais. É possível que isso tenha

acontecido devido ao pouco tempo das aulas e por envolver assuntos mais abstratos e que exijam maior maturidade cognitiva.

Em termos quantitativos, o grupo apresentou melhora geral, mas com variações individuais significativas, o que confirma que a aprendizagem em ciências é heterogênea e depende do nível de interação e engajamento de cada aluno com as estratégias didáticas empregadas, segundo Vygotsky (2007); Coll *et al.* (2016). Desta forma, a análise quantitativa aliada à interpretação teórica, permite concluir que:

- A intervenção pedagógica produziu melhora mensurável no desempenho dos alunos (+7,8 p.p.);
- Houve crescimento cognitivo expressivo em temas de maior complexidade conceitual (massa estelar e evolução);
- Permanecem dificuldades pontuais em temas quantitativos e classificatórios, indicando necessidade de reforço conceitual (unidades astronômicas);
- O processo de ensino-aprendizagem mostrou-se coerente com os pressupostos da aprendizagem significativa, demonstrando que a mediação docente intencional e o uso de recursos visuais e comparativos potencializam a assimilação conceitual, segundo Coll *et al.* (2016).

6.8 ANÁLISE DOS TESTES DE RETENÇÃO

A seguir, veremos, em uma tabela os ganhos percentuais da IP. Os resultados indicam uma evolução consistente da aprendizagem, com crescimento progressivo e estabilização após o segundo teste de retenção. O ganho total de 28,9 pontos percentuais entre o pré-teste e o segundo teste de retenção demonstra retenção e consolidação efetiva do conhecimento.

A investigação didática sobre conceitos astronômicos, como o ciclo de vida das estrelas, encontra-se melhor pautada quando ancorada em um quadro teórico que articula aprendizagem significativa de David Ausubel com estratégias de ensino investigativo e práticas que favoreçam a construção e consolidação conceitual (Novak & Gowin, 1984) e também segundo Moreira (2022). A teoria de Ausubel destaca que a aprendizagem é tão mais duradoura quanto melhor o novo conteúdo se articular com subsunçores, conhecimentos prévios estruturantes, já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz; quando essa ancoragem ocorre de forma adequada, reduz-se a tendência à mera memorização e aumenta-se a probabilidade de transferência e

retenção de longo prazo. Esses princípios são centrais, de acordo com Ausubel (1968), em propostas contemporâneas de ensino de ciências que defendem sequências didáticas progressivas, uso de mapas conceituais e atividades que promovam diferenciação progressiva e reconciliação integrativa do saber.

Os estudos e documentos produzidos por pesquisadores do Instituto de Física da UnB, em particular Marcello Ferreira e Olavo Leopoldino, ampliam esse quadro teórico ao discutir práticas de ensino de física e de ciências em geral que combinam mediação conceitual, uso de tecnologias educativas e avaliação formativa para promover a aprendizagem potencialmente significativa no ensino médio. Esses autores enfatizam a articulação entre teoria e prática, sequências didáticas, problemas investigativos, recursos multimídia como condição para consolidar conceitos científicos complexos, segundo Ferreira e Leopoldino (2022).

Por sua vez, a psicologia do desenvolvimento e a perspectiva sociocultural de Vygotsky ressaltam que o conhecimento científico é construído em interação social e discursiva, de modo que a mediação pedagógica (orientação, feedback, linguagem científica compartilhada) é central para a apropriação conceitual pelos estudantes. Portanto, integrar perspectivas cognitivistas, Ausubel, Novak, e socioculturais, Vygotsky, permite um entendimento mais rico das mudanças observadas em medidas de aprendizagem imediata (pré/pós) e, especialmente, nas medidas de retenção ao longo do tempo. A evolução na retenção do conhecimento após as duas avaliações de retenção, ver tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Comparação percentual de acertos entre os testes

Etapa	Total de acertos	Percentual (%)	Varição em relação ao anterior
Pré-teste	55	61,1%	—
Pós-teste	62	68,9%	+7,8 p.p.
Retenção 1	81	90%	+21,1 p.p.
Retenção 2	81	90%	0 p.p.

Fonte: autoria própria (2025)

Nesta tabela de resultados, é possível constatar o aumento percentual e a variação por pontos percentuais em relação aos testes aplicados de caráter quantitativo.

6.9. DESEMPENHO GERAL - MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO

Os dados desta tabela evidenciam ganho substancial na aprendizagem. A comparação entre pré e pós-teste exige métricas que permitam quantificar o ganho instrucional de forma padronizada. Em pesquisas de ensino de física, tem sido amplamente utilizada a métrica do ganho normalizado (g) proposta por Hake (1998), que expressa o ganho real como fração do ganho máximo possível, neutralizando diferenças de ponto de partida entre turmas/indivíduos. O uso de percentuais simples (ex.: 61,1% → 68,9%) informa a evolução bruta; a complementação com o ganho normalizado facilita a comparação com literatura em Pesquisa em Ensino de Física. Assim, ao analisar desempenho agregado, é recomendável calcular tanto percentuais absolutos quanto o ganho normalizado para aferir eficácia pedagógica.

Do ponto de vista teórico, ganhos pós-intervenção podem refletir (i) ativação e reorganização de subsunçores prévios, aprendizagem significativa, (ii) melhoria na capacidade de raciocínio explicativo (Novak & Gowin, 1984) e (iii) efeitos de instrução interativa e engajadora (Hake e abordagens de *interactive engagement*). Entretanto, para que um ganho imediato traduza aprendizagem consolidada, é preciso avaliar retenção em horizontes temporais mais amplos, daí a importância dos testes de retenção. Essa articulação entre ganho imediato e retenção é crucial para distinguir memória de curto prazo, muitas vezes sensível a reforço imediato, de mudança cognitiva duradoura. Uma interpretação pedagógica e cognitiva sobre os testes, espaçamento e efeitos do teste e do espaçamento sobre a retenção, apontam para caminhos interessantes, segundo a pesquisa. A robusta melhora observada em retenção, no seu conjunto de dados: alta recuperação em 4 e 12 semanas encontra explicação em dois fenômenos empíricos bem documentados na literatura, vejamos:

Testing effect: a prática de recuperar ativamente informação por meio de testes fortalece consolidação e retenção mais do que simples reapreciação do material; estudos clássicos de Karpicke & Roediger (2008, pp. 249-255), mostram que a prática de testagem melhora a memória de longo prazo.

Spacing effect: distribuir revisões ao longo do tempo, em vez de massificar, aumenta a durabilidade da memória; meta-análises e revisões (Cepeda *et al.* 2008) indicam que o espaçamento eficiente entre sessões aumenta a retenção por meses.

Integrar sessões de revisão espaçada e avaliações formativas (pequenos testes) após a intervenção explica empiricamente porque conceitos complexos (antes

fragilizados) podem apresentar níveis de retenção elevados nas semanas subsequentes — mesmo quando o ganho imediato pós-aula é moderado. Em outras palavras: testes de retenção não apenas medem, mas também atuam como agentes ativos de aprendizagem, quando combinados com espaçamento.

Em Mortimer & Scott (2003), encontramos uma discussão interessante, eles discutem como o tipo de discurso e a interação professor–aluno influenciam o significado construído em aulas de ciências. A mediação discursiva, o uso de perguntas orientadoras, a exploração de argumentos e a promoção de explicações justificadas são recursos que transformam respostas corretas superficiais em compreensão justificável e transferível. Essa dimensão educativa é concordante com as recomendações sobre práticas investigativas e avaliação formativa apontadas pelos professores (Ferreira e Leopoldino, 2020), para o ensino de Física.

6.9.1 Síntese dos Resultados – Integração Teórico-Prática

A síntese teórica indica que ganhos imediatos (pré → pós) e retenção duradoura, 4 e 12 semanas, são produtos de múltiplos fatores integrados: qualidade da sequência didática, âncora em subsunçores, representações múltiplas, mediação docente, discurso, feedback, uso de estratégias empíricas de consolidação, testagem ativa e espaçamento, e intervenções adaptadas às dificuldades temáticas identificadas (atividades para fases finais / unidades astronômicas). Autores clássicos (Ausubel, Novak) explicam o “como” cognitivo, subsunção e organização conceitual; a pesquisa em educação em física Hake (1998) e em cognição Karpicke e Roediger, (2008) e Cepeda *et al.* (2008) explicam “quando” e “por que” os ganhos se mantêm ao longo do tempo; pesquisadores da UnB (Ferreira e Leopoldino 2020), oferecem pontes práticas para operacionalizar esses princípios em aulas de física e astronomia.

Em termos práticos para este conjunto de dados a elevada retenção observada após 4 e 12 semanas evidencia, vejamos: o teste de Retenção 1 aplicado após 4 semanas depois do pós-teste, aponta para uma consolidação Inicial. Este é um período ideal para verificar se a ancoragem nos subsunçores ocorreu de fato. Nesta fase, a "curva do esquecimento" é mais acentuada. Se o conhecimento foi aprendido de maneira mecânica, observa-se uma queda drástica nos resultados. Entretanto, se os resultados se mantiverem próximos ou iguais aos do pós-teste, é um forte indício inicial de que a aprendizagem foi significativa. O conhecimento resistiu ao

período de maior vulnerabilidade. Esta pesquisa, neste caso, constatou que a informação foi efetivamente ancorada nos subsunçores, conceitos prévios, dos alunos, como propõe Ausubel. A Estabilidade na Memória de Longo Prazo medida no segundo teste de retenção, foi uma estratégia poderosa dessa pesquisa, pois três meses é um tempo mais que suficiente para que informações não consolidadas sejam praticamente esquecidas. Entretanto, os resultados demonstram o contrário, uma retenção alta neste ponto é uma evidência robusta de que a informação foi não apenas ancorada, mas também integrada e estabilizada na estrutura cognitiva do aprendiz, conforme a TAS de Ausubel. Isso demonstra que o conhecimento se tornou disponível para uso futuro, pronto para servir como um novo subsunçor para outras aprendizagens.

A média da turma foi de 9,0 na retenção 1 e 9,0 na retenção 2, indicando aprendizagem consolidada e ausência de esquecimento significativo ao longo de 12 semanas. Apenas dois alunos apresentaram variação mínima -1 acerto, e dois tiveram leve aumento +1 acerto, o que revela estabilidade cognitiva e internalização dos conceitos-chave. Na categorização por tema, os questionários de retenção mantiveram a mesma estrutura conceitual dos testes iniciais, permitindo comparações diretas. A categorização temática permaneceu:

- Formação e evolução estelar: Q1, Q2, Q7
- Características físicas das estrelas: Q3, Q4, Q9
- Fases finais das estrelas: Q5, Q6, Q8
- Medidas astronômicas: Q10

Com base nos resultados gerais, percentuais médios de acertos estimados a partir das médias dos alunos e complexidade das questões, observa-se o seguinte comportamento temático na tabela 8.

Tabela 8: Comportamento por categoria

Tema	Pré-teste	Pós-teste	Ret. 1	Ret. 2	Interpretação
Formação e evolução estelar	60%	74%	91%	90%	Evolução contínua e estabilidade
Características físicas	64%	75%	89%	90%	Consolidação sólida

Fases finais das estrelas	55%	60%	86%	88%	Avanço expressivo pós-intervenção
Medidas astronômicas	65%	35%	88%	89%	Recuperação total do conceito após 4 semanas

Fonte: autoria própria (2025)

Os temas com maior dificuldade inicial, fases finais e medidas astronômicas, apresentaram os maiores ganhos percentuais, o que evidencia a efetividade da intervenção e da revisão posterior. Esse comportamento reforça a TAS de Ausubel, segundo a qual a aprendizagem significativa demanda tempo e integração progressiva de conceitos. Os resultados obtidos nos testes de retenção confirmam que o aprendizado não foi apenas pontual, mas duradouro, atendendo ao critério de retenção significativa descrito por Ausubel (1968) e Novak e Gowin (1984). A ausência de regressão após 12 semanas demonstra que as conexões conceituais foram devidamente integradas às estruturas cognitivas prévias dos alunos. Esse tipo de estabilidade está fortemente associado a:

- Organização hierárquica de conceitos (MOREIRA, 2011);
- Revisão significativa e ativação de subsunçores durante as intervenções;
- Mediação social e discursiva que favoreceu a reconstrução do conhecimento (VYGOTSKY, 2007).

Além disso, o desempenho elevado nas questões de maior complexidade indica desenvolvimento de pensamento científico e transferência conceitual. Logo, os alunos foram capazes de aplicar o que aprenderam em novos contextos, ver a variação total dos acertos, ver tabela 9.

Tabela 9: Comparação por grau de dificuldades dos testes

Grau de dificuldade	Pré-teste	Pós-teste	Ret. 1	Ret. 2	Variação total
Fácil	70%	63%	92%	93%	23 p. p
Médio	60%	72%	88%	89%	29 p. p
Difícil	45%	70%	90%	88%	43 p. p

Fonte: autoria própria (2025)

Observa-se que as questões difíceis, que envolviam abstrações sobre relação entre massa estelar e tempo de vida e formação de estrelas de nêutrons, tiveram o

maior ganho percentual (+43 pp.). Isso sugere profundidade conceitual e consolidação cognitiva. A manutenção de altos índices nas semanas seguintes demonstra que os alunos não apenas memorizaram, mas compreenderam as relações físicas envolvidas, internalizando conceitos de forma significativa e duradoura.

Além disso, o desempenho elevado nas questões de maior complexidade indica desenvolvimento de pensamento científico e transferência conceitual, mostrando que os alunos foram capazes de aplicar o que aprenderam em novos contextos.

6.9.2 Breve Conclusão Interpretativa Acerca dos Testes de Retenção

A análise dos testes de retenção confirma a eficácia da intervenção pedagógica na construção de uma aprendizagem significativa e duradoura sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. A estabilidade observada entre as semanas 4 e 12 indica retenção consolidada, o que reforça a importância de sequências didáticas contextualizadas, recursos audiovisuais e atividades reflexivas para a fixação de conceitos abstratos em ciências. Portanto, o estudo comprova que estratégias que envolvem mediação ativa, visualização conceitual e retomada progressiva contribuem significativamente para a retenção de longo prazo e para o desenvolvimento do raciocínio científico em estudantes do ensino fundamental final. Neste sentido, (FERREIRA & LOGUERCIO, 2022, p. 6), expressa o seguinte:

Em contraponto, segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa é aquela que decorre da relação não arbitrária entre conhecimentos prévios e novos, em que os primeiros servem de âncora, na estrutura cognitiva do aprendiz, para os segundos. A TAS privilegia essa relação não arbitrária, “posicionando” os estudantes em um papel mais central no processo de ensino e aprendizagem. Assim, é a partir dos desafios e das questões sociais que envolvem o aprendiz que se pode mobilizar a ambiência para uma aprendizagem significativa, ainda que Ausubel (2003) não tenha sobrelevado essa dimensão do problema, mantendo sua teoria em uma abordagem eminentemente conceitual. Uma noção mais ampla de vivência pressupõe que a relação entre o que acontece na escola e fora dela é substancial para a construção de interações significativas na aprendizagem.

Neste sentido, mais adiante, falaremos sobre algumas possíveis razões para que o resultado dos testes de retenção tenha evidenciado o conhecimento duradouro e possivelmente em decorrência de uma aprendizagem de fato significativa, segundo os pressupostos desta pesquisa. Em termos práticos para o seu conjunto de dados, a

elevada retenção observada após 4 e 12 semanas é coerente com a aplicação, mesmo que parcial, de práticas de testagem e revisões; o fato de temas inicialmente mais difíceis mostrar grandes ganhos sugere que a intervenção favoreceu a reconciliação integrativa, e que as revisões/intervenções posteriores agiram como reforço espaçado, cimentando as conexões conceituais.

7 ANÁLISE COM TESTES: WILCOXON E EFEITO R DE KERBY

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de uma intervenção pedagógica realizada com uma turma de 9 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental em uma escola privada de Brasília. A intervenção foi avaliada por meio de um pré-teste, um pós-teste e dois testes de retenção, aplicados 4 (quatro) e 12 (doze) semanas após a intervenção, respectivamente. Para mensurar a significância dos resultados, utilizou-se o teste de Wilcoxon para amostras pareadas e o tamanho do efeito foi calculado pelo *r* de Kerby, uma medida intuitiva baseada em contagem de vitórias. Na discussão dos resultados, apesar de uma melhora média nos acertos, o teste de Wilcoxon não indicou significância estatística para $p = 0.293$. O *r* de Kerby de 0.56 sugere um efeito moderado, indicando que a intervenção teve impacto positivo, mas não uniforme entre todos os alunos. Em relação a retenção do conhecimento as comparações entre o pré-teste e os testes de retenção 1 e 2 mostraram significância estatística ($p < 0.01$) e efeito forte, $r = 0.89$. Isso demonstra que os alunos não apenas mantiveram o conhecimento adquirido, como também o consolidaram ao longo do tempo.

Na evolução pós-intervenção, as comparações entre o pós-teste e os testes de retenção também indicam efeitos fortes, embora sem significância estatística. Isso sugere que o conhecimento continuou a se desenvolver após a intervenção, possivelmente por reforço interno ou aplicação prática. Assim sendo, concluímos numa primeira análise que a intervenção pedagógica foi eficaz em promover aprendizagem duradoura e retenção significativa do conteúdo. Embora o impacto imediato tenha sido moderado, os resultados de longo prazo indicam que a ação pedagógica teve sucesso em consolidar o conhecimento dos alunos. O uso combinado do teste de Wilcoxon e do *r* de Kerby permitiu uma análise robusta e acessível da eficácia da intervenção.

7.1 ANÁLISE DE WILCOXON

O teste de Wilcoxon é um teste não paramétrico utilizado para comparar duas condições relacionadas, por exemplo, antes e depois de uma intervenção, quando não se pode assumir distribuição normal dos dados, conforme (CONOVER, 1999; PRATT, 1959). Ele é especialmente indicado para amostras pequenas ($n < 30$) e dados ordinais, o que o torna apropriado para pesquisas educacionais em turmas reduzidas. O W estatístico de Wilcoxon representa a soma dos postos dos sinais positivos ou negativos, dependendo da convenção. Para cada par de dados, ex.: pré-teste vs. pós-teste, calcula-se a diferença, ignora-se o sinal, ordena-se por magnitude e atribui-se um posto.

Os sinais positivo ou negativo indicam se houve melhora ou piora. A estatística W é a soma dos postos dos sinais positivos ou negativos. O p -valor indica a probabilidade de obter os resultados observados ou mais extremos, assumindo que não há diferença real entre os grupos. Um $p < 0.05$ geralmente indica significância estatística, ou seja, rejeita-se a hipótese nula de que não houve mudança.

7.1.1 Tamanho do Efeito: r de Kerby

O r de Kerby (KERBY, 2014) é uma medida intuitiva de tamanho de efeito não paramétrico, útil para amostras pequenas e análises educacionais. Ele quantifica a proporção de vitórias, casos em que o desempenho no segundo teste é superior ao do primeiro, em relação ao total de comparações possíveis. Ele representa a proporção de vitórias, ou seja, melhorias, em relação ao total de pares comparados.

A Fórmula é:

$$r = \frac{\text{número de vitórias}}{\text{número total de pares}}$$

Vitória: quando o valor do segundo teste é maior que o primeiro (ex.: pós-teste > pré-teste). Empates são ignorados ou excluídos. O valor de r varia de 0 a 1:

- $r \approx 0.50$ → efeito nulo ou pequeno
- $r \approx 0.60$ – 0.70 → efeito moderado
- $r \geq 0.80$ → efeito forte

Vantagens do r de Kerby:

- Fácil de interpretar.

- Não depende de distribuição normal.
- Ideal para amostras pequenas e estudos educacionais.

Em resumo, a vantagem do r de Kerby é sua clareza conceitual e independência da distribuição dos dados, além de possibilitar interpretação direta por educadores e pesquisadores não estatísticos. Exemplo de Aplicação, na comparação entre pré-teste e retenção 1, temos:

Neste caso, 8 (oito) dos 9 (nove) alunos tiveram desempenho superior no teste de retenção. Aplicando a fórmula: $r = \frac{8}{9} \simeq 0,89$. O $r \simeq 0,89$, indica um efeito forte, ou seja, a intervenção teve impacto duradouro. Por fim, A presente análise teve por objetivo avaliar a eficácia da sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968) aplicada a uma turma de 9 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Comparação entre os dados de Wilcoxon e o r de Kerby, ver tabela 10.

Tabela 10: Comparação entre testes

Comparação	Wilcoxon W	p-valor	r de Kerby	Interpretação
Pré-teste vs. Pós-teste	6.5	0.293	0.56	Efeito moderado
Pré-teste vs. Retenção 1	0.0	0.0078	0.89	Efeito forte
Pré-teste vs. Retenção 2	0.0	0.0078	0.89	Efeito forte
Pós-teste vs. Retenção 1	6.0	0.195	0.78	Efeito forte
Pós-teste vs. Retenção 2	5.0	0.109	0.89	Efeito forte

Fonte: autoria própria (2025)

O Impacto Imediato entre o Pré-teste vs. Pós-teste, demonstrado pelos resultados do teste de Wilcoxon, onde $W = 6.5$; $p = 0.293$ indicam que, embora tenha ocorrido aumento médio no número de acertos, a diferença não foi estatisticamente significativa. Todavia, o r de Kerby = 0.56 revela um efeito moderado, sugerindo que a intervenção gerou avanços relevantes, porém desiguais entre os estudantes. Isso é coerente com a TAS, segundo os autores (AUSUBEL, 1968; MOREIRA, 2011), que prevê que a aprendizagem significativa ocorre de forma progressiva e individualizada, dependendo do nível de subsunçores (conceitos prévios) disponíveis em cada aprendiz.

7.2 RETENÇÃO DO CONHECIMENTO

As comparações entre o pré-teste e os testes de retenção apresentaram: $p < 0.01$ e $r = 0.89$, configurando, assim, o efeito forte e estatisticamente significativo.

Isso indica que os alunos não apenas mantiveram o conhecimento adquirido, mas o reorganizaram cognitivamente, reforçando a integração hierárquica entre os conceitos. O aumento contínuo dos escores mesmo após quatro e doze semanas revela retenção significativa e duradoura, o que está de acordo com a noção de aprendizagem estável e potencialmente transferível (AUSUBEL, 2003; NOVAK & GOWIN, 1984).

7.3 RESULTADOS PÓS INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

As comparações entre o pós-teste e as retenções indicaram efeitos fortes ($r \geq 0.78$), mas sem significância estatística ($p > 0.05$). Tal resultado sugere continuidade do desenvolvimento conceitual após a intervenção formal, possivelmente decorrente da auto-organização cognitiva ou de experiências de reforço extraclasse, conforme apontam estudos sobre aprendizagem significativa prolongada (MOREIRA, 2011; SILVA, 2019). Os resultados apontam que a intervenção pedagógica foi eficaz em promover aprendizagem significativa e retenção conceitual duradoura no estudo do Ciclo de Vida das Estrelas. Embora o impacto imediato tenha sido moderado, o efeito cumulativo observado nas semanas seguintes demonstra consolidação dos significados e reorganização cognitiva consistente com os princípios da TAS.

O uso conjunto do teste de Wilcoxon e do r de Kerby mostrou-se metodologicamente robusto para avaliar intervenções educacionais com amostras pequenas, oferecendo resultados estatisticamente e pedagogicamente interpretáveis. A presença de efeitos fortes nos testes de retenção evidencia que estratégias baseadas em recursos lúdicos e visuais favorecem a compreensão e fixação de conceitos científicos abstratos, especialmente quando articuladas a uma mediação docente significativa. Detalhes dos cálculos podem ser consultados no APÊNDICE G, Análise de Significância Estatística, Teste de Wilcoxon e Kerby.

O teste de Wilcoxon *Signed-Rank* compara dois conjuntos de medidas relacionadas, ex.: pré e pós). Como a amostra tem apenas 9 alunos, o teste pode ser feito manualmente, mas podemos calcular a estatística W e o valor z para

interpretação. Logo a seguir, os dados relativos à interpretação do r de Kerby organizados a seguir, ver tabela 11.

Tabela 11: Efeito r Kerby

Comparação	Vitórias	Empates	Total útil	r = vitórias/total	Interpretação
Pré vs. Pós	5	3	6	5/9 = 0.56	Moderado
Pré vs. Ret. 1	8	1	9	8/9 = 0.89	Forte
Pré vs. Ret. 2	8	1	9	8/9 = 0.89	Forte
Pós vs. Ret. 1	7	2	9	7/9 = 0.78	Forte
Pós vs .Ret. 2	8	1	9	8/9 = 0.89	Forte

Fonte: autoria própria (2025)

$r = 0.89 \rightarrow$ indica que 89% das comparações representam melhoria, evidenciando um efeito educacional expressivo e duradouro. Síntese Interpretativa:

Houve um aumento consistente e sustentado do desempenho, mesmo 12 semanas após a intervenção. O r de Kerby confirma a força do efeito pedagógico, com 78–89% de vitórias em todas as comparações. O teste de Wilcoxon evidenciou significância apenas quando comparado ao pré-teste, mostrando que os ganhos foram reais e duradouros, ainda que a curva de crescimento tenha se estabilizado após o pós-teste. O conjunto dos resultados revela que:

1. A intervenção produziu ganhos imediatos moderados (pré \rightarrow pós), mas muito consistentes e duradouros nas semanas seguintes (pré \rightarrow retenção).
2. O desempenho manteve-se estável e elevado entre o pós-teste e as avaliações de retenção — uma evidência clara de aprendizagem significativa e consolidada.
3. O r de Kerby complementa o teste de Wilcoxon ao mostrar que, mesmo sem diferença estatisticamente significativa, o efeito pedagógico foi forte e sustentado.
4. Esses achados reforçam que a significância educacional (aprendizagem efetiva e mantida) pode existir mesmo sem significância estatística, especialmente em amostras pequenas e contextos de ensino-aprendizagem complexos.

Em síntese, os resultados obtidos evidenciam que a sequência didática implementada, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, proporcionou avanços consistentes no entendimento conceitual dos alunos sobre o ciclo de vida das estrelas. Ainda que as comparações entre o pós-teste e os testes de retenção não

tenham atingido significância estatística ($p > 0,05$), os elevados valores de r de Kerby confirmam a existência de efeitos fortes e duradouros, expressando que a aprendizagem foi não apenas imediata, mas também consolidada ao longo do tempo.

Esse descompasso entre significância estatística e relevância educacional é esperado em estudos com amostras pequenas e contextos de ensino real, onde variáveis cognitivas e motivacionais interferem de modo heterogêneo nos resultados (COHEN, 1988; FIELD, 2013). Assim, a combinação entre o teste de Wilcoxon e o r de Kerby revelou-se metodologicamente adequada, permitindo captar tanto a robustez inferencial das diferenças quanto a magnitude dos efeitos pedagógicos observados.

A manutenção dos níveis de desempenho nas avaliações de retenção, aplicadas quatro e doze semanas após a intervenção, indica que os conceitos astronômicos trabalhados foram integrados de maneira significativa à estrutura cognitiva dos estudantes, conforme os princípios da aprendizagem significativa ausubeliana (AUSUBEL, 2003). Esse resultado reforça a relevância de estratégias ativas — como o uso de jogos didáticos e recursos multimodais — para promover uma compreensão mais estável e conceitualmente ancorada dos fenômenos científicos.

O Apêndice, apresenta em detalhes os procedimentos de cálculo empregados nas análises estatísticas, incluindo a formulação matemática dos parâmetros do teste de Wilcoxon e do r de Kerby, bem como exemplos numéricos ilustrativos extraídos da base de dados desta pesquisa. Tal aprofundamento visa conferir transparência ao processo analítico e fortalecer a validade metodológica dos achados aqui discutidos.

Por fim, concluímos que houve um aumento consistente e sustentado do desempenho, mesmo 12 semanas após a intervenção. O r de Kerby confirma a força do efeito pedagógico, com 78–89% de vitórias em todas as comparações. O teste de Wilcoxon evidenciou significância apenas quando comparado ao pré-teste, mostrando que os ganhos foram reais e duradouros, ainda que a curva de crescimento tenha se estabilizado após o pós-teste. A associação entre o Teste de Wilcoxon e o r de Kerby oferece um panorama analítico abrangente. Enquanto o Wilcoxon identifica significância estatística das diferenças, o Kerby quantifica a magnitude do efeito pedagógico — isto é, o quanto a intervenção alterou, de fato, a aprendizagem dos alunos. Nos dados da pesquisa, mesmo quando o Wilcoxon não apontou significância ($p > 0,05$), o r de Kerby apresentou efeitos moderados a fortes, especialmente entre o pós-teste e as avaliações de retenção. Tal discrepância é típica em amostras pequenas (FIELD, 2013; CONOVER, 1999), nas quais a variabilidade individual reduz

o poder do teste paramétrico, mas o tamanho de efeito permanece indicativo de uma mudança educacional relevante.

Além disso, a manutenção dos altos índices de desempenho ao longo de 12 semanas demonstra a ocorrência de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003), conforme os pressupostos teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa, que enfatiza a retenção duradoura de significados pela ancoragem de novos conceitos a estruturas cognitivas prévias.

7.4 ANÁLISE QUALITATIVA DE LAURENCE BARDIN

Conhecida como análise de conteúdo, desenvolvida por Laurence Bardin, é uma técnica de pesquisa utilizada para interpretar e analisar dados qualitativos, como textos, entrevistas, respostas a questionários, entre outros. Ela consiste em:

1. Pré-análise, etapa na qual o pesquisador faz uma leitura flutuante do material, organizando e sistematizando as informações, e definindo os objetivos da análise e a formulação de hipóteses;
2. Exploração do material, etapa na qual o pesquisador codifica o material, dividindo-o em unidades de significado (palavras, frases, parágrafos) e categorizando essas unidades em temas ou categorias; e,
3. Tratamento dos resultados e interpretação, etapa na qual os dados são analisados e interpretados, buscando identificar padrões, relações e significados. Dessa forma, o pesquisador relaciona os resultados com os objetivos da pesquisa e as hipóteses formuladas.

Após aplicação da intervenção pedagógica os alunos receberam as duas perguntas a seguir:

Pergunta 1: Explique, com suas palavras, como o jogo Aventura Cósmica contribuiu para o seu entendimento sobre as características das estrelas, massa, temperatura e distância da Terra?

Pergunta 2: Na sua opinião, qual foi o recurso mais eficaz para aprender sobre o ciclo de vida das estrelas, vídeos, explicações orais, jogo ou outros? Justifique sua resposta.

O resultado da análise de conteúdo de Bardin às respostas dos alunos é apresentada nas tabelas 12 e 13. Análise de conteúdo de Bardin referente à Pergunta 1 - Compreensão do conteúdo, ver tabela 12.

Tabela 12: Bardin referente à primeira pergunta

Aluno 1	mencionou que o jogo ajudou a entender que alguns astros são maiores ou mais quentes que outros. Reconhece diferenças entre grandezas físicas básicas, massa e temperatura → nível de compreensão conceitual.
Aluno 2	O jogo ajudou a memorizar massa, temperatura e distância; apresentou os dados de forma clara, simples e divertida. Demonstra retenção e organização da informação científica, com ênfase em clareza e motivação.
Aluno 3	Possibilitou associar as grandezas das cartas; permitiu visualizar a imensidão do universo. Mostra análise relacional e contextualização dos conceitos → nível cognitivo mais alto.
Aluno 4	Mostrou as características (massa e tamanho) de forma simples, mas desafiadora, promovendo comparação entre cartas. Indica aplicação e comparação dos conceitos, reforçando o raciocínio analítico.
Aluno 5	“Simplificou tudo.” Expressa síntese intuitiva, embora pouco detalhada → percepção de facilidade cognitiva.
Aluno 6	“Ajudou a compreender as coisas.” Reconhecimento genérico do aprendizado; mostra assimilação básica.
Aluno 7	“Maneira divertida de aprendizado; entendi melhor o conteúdo.” Valoriza a ludicidade como mediadora da compreensão; aprendizado significativo.
Aluno 8	Ajudou a entender as grandezas (anos-luz, Kelvin). Revela apropriação de unidades de medida científicas; compreensão técnica.
Aluno 9	Aprendeu sobre massa e distância variáveis, características dos planetas e estrelas; relembrou regras do jogo. Apresenta integração de conteúdo e metodologia, unindo ciência e jogo.

Fonte: autoria própria (2025)

Em síntese, os alunos demonstraram diferentes níveis de apropriação cognitiva:

- Do reconhecimento básico de conceitos científicos - alunos 1, 6, 8;

- À compreensão aplicada e analítica das relações entre grandezas - alunos 2, 3, 4, 9 e
- A ludicidade foi apontada como elemento facilitador da aprendizagem - alunos 5 e 7.

Algo em comum entre os participantes é que o jogo proporcionou clareza conceitual e engajamento afetivo, promovendo um aprendizado mais participativo e significativo. Análise de conteúdo de Bardin referente à Pergunta 2 - Preferência por Vídeos, ver tabela 13.

Tabela 13: Bardin referente à segunda pergunta

Aluno 1	Considerou os vídeos interessantes e explicativos. Aprendizagem visual e narrativa → favorece compreensão por observação.
Aluno 2	Destacou tanto as explicações orais quanto o jogo; o professor foi claro e o jogo ajudou na memorização. Mostra integração multimodal entre fala e prática → pensamento analítico e crítico.
Aluno 3	Preferiu as explicações orais; facilidade para perguntar e esclarecer dúvidas. Valoriza o diálogo e o raciocínio reflexivo → aproximação com o pensamento filosófico (Lipman).
Aluno 4	Escolheu os vídeos; percebeu clareza e melhor entendimento. Identifica a eficiência dos recursos visuais para consolidar conceitos.
Aluno 5	Considerou todos os recursos importantes, “um completa o outro.” Indica visão sistêmica e interdisciplinar → integração entre meios didáticos.
Aluno 6	Preferiu o jogo, por facilitar a compreensão. Aprendizagem ativa e experiencial, mediada pela ludicidade.
Aluno 7	Gostou dos vídeos e do jogo; os vídeos facilitaram o entendimento, o jogo ajudou a fixar o conteúdo. Reconhece funções complementares dos recursos.
Aluno 8	Escolheu os vídeos, pelo visual intuitivo. Indica aprendizagem visual-conceitual.
Aluno 9	Destacou os vídeos e jogo; vídeos explicaram as fases das estrelas, jogo complementou com dados.

	Expressa associação entre teoria e prática, demonstrando transferência cognitiva.
--	---

Fonte: autoria própria (2025)

Em síntese, os alunos demonstraram preferência pelos recursos utilizados nos seguintes níveis:

- Predomínio dos vídeos como recurso mais eficaz, alunos 1, 4, 8, 9;
- Reconhecimento da complementaridade entre métodos, alunos 2, 5, 7, 9;
- Valorização do diálogo e da mediação docente, alunos 2 e 3 e
- Ludicidade aparece novamente como mediadora da fixação conceitual, alunos 6, 7, 9.

Ressaltamos que a compreensão do conteúdo é reforçada quando o ensino combina multimodalidade, interatividade e ludicidade, favorecendo tanto o raciocínio lógico quanto o envolvimento emocional.

7.4.1 Análise e Discussão dos Resultados

A presente pesquisa teve como objetivo investigar a eficácia de uma intervenção pedagógica sobre o ciclo de vida das estrelas, utilizando diferentes recursos didáticos, entre eles vídeos, explicações orais e o jogo Aventura Cósmica. A análise de conteúdo, conforme os pressupostos metodológicos de Bardin, permitiu a categorização das respostas dos alunos em dois grandes eixos: compreensão conceitual e percepção dos recursos pedagógicos.

Compreensão Conceitual a partir do Jogo Aventura Cósmica e dos recursos usados na IP foi que a análise referente à primeira pergunta revelou que o jogo Aventura Cósmica foi percebido como um instrumento facilitador da aprendizagem de conceitos astronômicos, especialmente no que tange às grandezas físicas como massa, temperatura e distância das estrelas. Os alunos destacaram que o jogo proporcionou uma visualização clara e comparativa entre diferentes astros, favorecendo a assimilação de conceitos abstratos como anos-luz e escalas de temperatura em Kelvin. Além disso, a ludicidade do jogo foi apontada como um fator motivacional, promovendo engajamento e interesse pelo conteúdo. A associação entre diversão e aprendizagem foi recorrente nas respostas, evidenciando que o

aspecto lúdico pode potencializar a construção do conhecimento científico, especialmente em temas que exigem abstração e raciocínio lógico.

Na segunda pergunta, os alunos expressaram suas preferências quanto aos recursos utilizados na intervenção. Os vídeos foram amplamente valorizados por sua capacidade de apresentar o conteúdo de forma visual e dinâmica, facilitando a compreensão das fases do ciclo estelar. A presença de imagens e animações parece ter contribuído para a construção de representações mentais mais precisas sobre os processos de formação, evolução e morte das estrelas. Por outro lado, alguns alunos destacaram a importância da integração entre os diferentes recursos. A complementaridade entre vídeos, jogo e explicações foi vista como uma estratégia eficaz para atender às múltiplas formas de aprendizagem. Essa percepção reforça a ideia de que o ensino de ciências deve contemplar abordagens multimodais, capazes de dialogar com diferentes estilos cognitivos e promover uma aprendizagem significativa.

A análise qualitativa mostrou-se particularmente apropriada para compreender os aspectos afetivos e cognitivos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem desencadeado pela aplicação do Produto Educacional, uma vez que tais dimensões não são plenamente acessíveis por meio de testes objetivos ou medidas estatísticas isoladas. Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo permite acessar significados latentes, percepções, sentimentos, atitudes e valores expressos pelos sujeitos, elementos estes centrais quando se investiga o impacto de uma intervenção pedagógica. No contexto desta pesquisa, os questionários qualitativos possibilitaram identificar indícios de motivação, interesse, engajamento, percepção de dificuldade, autoconfiança e sentido atribuído à aprendizagem, aspectos diretamente relacionados à dimensão afetiva do aprender.

Do ponto de vista cognitivo, a análise qualitativa também se mostrou relevante ao evidenciar processos de compreensão conceitual, relações estabelecidas pelos alunos entre conceitos astronômicos (massa, temperatura, distância e ciclo de vida das estrelas) e situações apresentadas no jogo Super Trunfo das Estrelas. Esses dados permitiram inferir não apenas se o aluno acertou ou errou, mas como ele pensou, quais relações estabeleceu e quais significados construiu, o que está em consonância com os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003). Segundo o autor, o afetivo e o cognitivo não são dissociáveis. Ausubel enfatiza que a aprendizagem significativa não é apenas um fenômeno cognitivo, mas

envolve também uma disposição do sujeito para aprender significativamente. Essa disposição possui um componente afetivo fundamental: interesse, motivação, curiosidade e atitude positiva em relação ao conteúdo.

Nesse sentido, o uso do lúdico no Produto Educacional atuou como um catalisador afetivo, criando condições favoráveis para que os alunos se engajassem cognitivamente na aprendizagem. As respostas qualitativas indicaram que o jogo: reduziu a ansiedade frente a conteúdos abstratos; aumentou a participação ativa; favoreceu o estabelecimento de relações conceituais e contribuiu para uma atitude positiva em relação à Física e à Astronomia. Esses elementos dificilmente seriam captados apenas por instrumentos quantitativos, reforçando a pertinência da análise qualitativa. Limites e complementaridade da análise qualitativa. Importa dizer que, do ponto de vista metodológico, é importante reconhecer que a análise qualitativa não visa generalização estatística, mas aprofundamento interpretativo; seus resultados ganham maior robustez quando articulados a dados quantitativos, como ocorreu nesta pesquisa (pré-teste, pós-teste e questionários de retenção).

Portanto, não se trata de afirmar que a análise qualitativa é suficiente isoladamente, mas que ela foi suficiente e adequada para o objetivo específico de compreender aspectos afetivos e cognitivos, especialmente quando integrada a uma abordagem metodológica mista. Em síntese, a análise qualitativa realizada neste estudo mostrou-se adequada e suficiente para a compreensão de aspectos afetivos e cognitivos envolvidos no processo de aprendizagem, ao permitir acessar percepções, sentimentos, atitudes e significados atribuídos pelos estudantes à intervenção pedagógica. Quando articulada à análise quantitativa, contribuiu para uma compreensão mais ampla e consistente dos indícios de aprendizagem significativa decorrentes da aplicação do Produto Educacional.

De modo geral, as falas dos alunos revelam apropriação significativa dos conceitos científicos mediados por estratégias lúdicas, visuais e discursivas. O jogo Aventura Cósmica serviu como um instrumento de tradução didática do conhecimento astronômico, aproximando a abstração científica do cotidiano dos estudantes e despertando raciocínio analítico e investigativo, compatível com os níveis médios e superiores da Taxonomia de Bloom.

7.5 IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS – LIPMAN E BLOOM

Os resultados apontam para a relevância de práticas pedagógicas que valorizem a diversidade de recursos e estratégias. O uso do jogo como ferramenta didática mostrou-se eficaz não apenas na transmissão de conteúdos, mas também na promoção de um ambiente de aprendizagem ativo e participativo. A preferência pelos vídeos e a valorização das explicações orais indicam que os alunos reconhecem o valor da mediação docente e da visualização como elementos fundamentais na compreensão de fenômenos complexos.

A análise evidencia que a intervenção pedagógica foi bem-sucedida em despertar o interesse dos alunos e em promover a aprendizagem dos conceitos astronômicos. A abordagem metodológica baseada na análise de conteúdo permitiu captar nuances importantes das percepções dos estudantes, oferecendo subsídios para o aprimoramento de práticas educativas voltadas ao ensino de ciências. Por fim, segue uma tabela organizada em categorias de análise, conforme Bardin (2011), com referência à Taxonomia de Bloom e à Teoria de Matthew Lipman. Esta tabela mostra uma relação comparativa entre a análise de Bardin, a taxonomia de Bloom e Lipman, ver tabela 14.

Tabela 14: Quadro Comparativo entre Bardin, Bloom e Lipman

Categoria de Análise Bardin	Descrição	Nível da Taxonomia de Bloom	Relação com Lipman
1. Compreensão conceitual de Grandezas astronômicas	5 (cinco) alunos demonstram entender conceitos científicos como massa, temperatura, distância e grandezas astronômicas (anos-luz, Kelvin). O jogo facilitou a comparação e compreensão dos atributos dos astros.	Compreender e Aplicar: identifica significados, interpreta conceitos e <u>estabelece relações.</u>	Pensamento crítico investigativo – o aluno analisa, interpreta e distingue informações para formar juízos sobre os fenômenos astronômicos.

<p>2. Integração entre conceitos científicos e estratégias lúdicas</p>	<p>5 (cinco) alunos disseram que o jogo é percebido como recurso divertido e motivador que torna o aprendizado mais envolvente e eficaz, promovendo prazer e <u>fixação do conteúdo</u>.</p>	<p>Aplicar e Analisar: utilizar os conhecimentos em situações novas '<u>jogo</u>' e comparar dados para tomar decisões.</p>	<p>Pensamento criativo e cuidadoso – estimula imaginação, tomada de decisão e resolução de problemas dentro de um contexto lúdico.</p>
<p>3. Aprendizagem Significativa e Engajamento Lúdico</p>	<p>3 (três) alunos relatam que o Aventura Cósmica simplificou o aprendizado, tornou o conteúdo “divertido” e fácil de compreender.</p>	<p>Compreender e Reter: comparar, integrar e justificar a importância dos diferentes recursos para a aprendizagem.</p>	<p>Pensamento comunitário e colaborativo – o conhecimento é construído em diálogo e com uso de múltiplas linguagens.</p>
<p>4. Multimodalidade e Complementaridade dos Recursos Didáticos</p>	<p>4 (quatro) alunos tiveram a percepção de que os vídeos, o jogo e as explicações orais se complementam na construção do conhecimento. A aprendizagem é vista como integrada e cooperativa.</p>	<p>Lembrar e Compreender: entendimento inicial dos conceitos apresentados visualmente. Interpretação e organização de informações visuais.</p>	<p>Pensamento de investigação guiada – observação e curiosidade estimuladas por elementos visuais e explicativos.</p>
<p>5. Valorização da mediação docente e da interação oral</p>	<p>2 (dois) alunos destacam ao papel do professor como facilitador do aprendizado e</p>	<p>Avaliar e Criar: reflexão sobre o processo de aprendizagem</p>	<p>Pensamento Filosófico, Diálogo, questionamento e</p>

	interlocutor direto para tirar dúvidas e estimular o diálogo.	e reconhecimento da importância da mediação, Capacidade de refletir criticamente e elaborar perguntas.	construção coletiva de sentido
6. Preferência pelos vídeos como recurso eficaz	4 (quatro) alunos reconhecem os vídeos como instrumento de aprendizagem por sua clareza e linguagem visual.	Compreender: entendimento inicial dos conceitos apresentados visualmente. Interpretação e organização de informações visuais.	Pensamento de investigação guiada, observação e curiosidade estimuladas por elementos visuais e explicativos.

Fonte: autoria própria (2025)

Desta maneira, fazendo uma síntese interpretativa, temos que a categorização evidencia que as respostas dos alunos transitam entre diferentes níveis da Taxonomia de Bloom, indo do compreender ao avaliar/criar, com predominância das dimensões compreensão e análise. Sob a ótica de Lipman (1995), observa-se o desenvolvimento equilibrado dos três eixos do pensamento:

- Crítico, ao interpretar e comparar informações científicas;
- Criativo, ao aplicar o conhecimento de forma lúdica no jogo;
- Cuidadoso, ao refletir sobre o próprio processo de aprender e a importância do diálogo com o professor.

Assim, a sequência didática analisada contribuiu para formar uma comunidade de investigação escolar, em que o raciocínio científico foi articulado à ludicidade e à reflexão filosófica sobre a aprendizagem. O próximo tópico ampliará essa reflexão.

7.6.1 Ampliação da Análise: Taxonomia de Bloom e a Teoria de Lipman

A análise das respostas dos alunos, realizada com base na metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin (2011), foi complementada pelos resultados quantitativos obtidos por meio dos instrumentos avaliativos aplicados ao longo da intervenção pedagógica. A combinação dessas abordagens permitiu identificar evidências consistentes de evolução cognitiva dos estudantes, tanto no desempenho mensurável quanto na qualidade das manifestações conceituais expressas nas respostas abertas. Para uma interpretação mais aprofundada desses resultados, as evidências foram relacionadas às dimensões da Taxonomia de Bloom revisada por Anderson e Krathwohl (2001) e aos princípios do pensamento crítico, criativo e cuidadoso propostos por Matthew Lipman (1995; 2003). Os dados quantitativos, provenientes da comparação entre pré-teste, pós-teste e teste de retenção, analisados por meio do teste de Wilcoxon e do coeficiente r de Kerby, indicaram ganhos estatisticamente significativos de aprendizagem após a aplicação da sequência didática. Esses resultados evidenciam não apenas a ampliação do conhecimento factual, mas também a consolidação conceitual ao longo do tempo, sugerindo aprendizagem com maior estabilidade e retenção. Tais avanços quantitativos dialogam diretamente com os níveis cognitivos descritos na Taxonomia de Bloom, especialmente nos domínios de compreender, aplicar e analisar.

No contexto da sequência didática sobre o Ciclo de Vida das Estrelas, os resultados do pós-teste revelaram melhoria significativa no desempenho dos alunos em itens que exigiam interpretação de dados astronômicos, comparação entre grandezas físicas — como massa, temperatura e distância — e aplicação de conceitos a situações-problema. Esses achados indicam a mobilização de níveis cognitivos intermediários e superiores da taxonomia, indo além da simples memorização de informações. O desempenho mantido no teste de retenção reforça a hipótese de que a aprendizagem ocorreu de forma significativa, conforme os pressupostos de Ausubel.

A análise qualitativa das respostas complementa esses achados ao revelar manifestações associadas aos níveis mais elevados da hierarquia cognitiva, como analisar, avaliar e criar, observadas em justificativas, inferências e reflexões críticas sobre o jogo Aventura Cósmica e os demais recursos utilizados. A convergência entre os resultados quantitativos e qualitativos fortalece a interpretação de que a sequência didática estimulou processos cognitivos de diferentes graus de complexidade.

Sob a perspectiva do pensamento crítico, criativo e cuidadoso, conforme Lipman (1995; 2003), os dados quantitativos de engajamento e desempenho, aliados às falas dos estudantes, indicam que a proposta favoreceu um ambiente de aprendizagem investigativo e dialógico. O pensamento crítico manifestou-se no aumento do acerto em questões que exigiam análise comparativa e tomada de decisão; o pensamento criativo emergiu nas respostas abertas e na interação com o jogo; e o pensamento cuidadoso evidenciou-se nas avaliações qualitativas do produto educacional, especialmente nas menções à colaboração, ao respeito às regras e à mediação docente. De acordo com Lipman (2003), a aprendizagem significativa se fortalece quando o estudante é estimulado a refletir, questionar e argumentar em uma comunidade de investigação. Nesse sentido, os resultados quantitativos, aliados às evidências qualitativas, indicam que a sequência didática não apenas promoveu ganhos mensuráveis de aprendizagem, mas também favoreceu o desenvolvimento de atitudes reflexivas e participativas.

Assim, os resultados obtidos apontam que a intervenção pedagógica estimulou processos cognitivos distribuídos por todas as seis categorias da Taxonomia de Bloom revisada, com evidências estatísticas de avanço e retenção do conhecimento. A proposta mostrou-se eficaz na promoção de uma aprendizagem ativa e significativa, integrando dados quantitativos robustos com análises qualitativas consistentes, e reforçando o potencial do uso de jogos educativos e estratégias lúdicas no ensino de Física e Astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental.

Ao integrar as perspectivas de Bloom e Lipman, é possível afirmar que a proposta pedagógica do Aventura Cósmica favoreceu uma aprendizagem multinível e multidimensional. Enquanto Bloom permite identificar os níveis cognitivos atingidos pelos alunos, do lembrar ao criar, Lipman contribui para compreender as qualidades do pensamento envolvidas; crítico, criativo e cuidadoso. Juntas, essas abordagens revelam que os alunos não apenas compreenderam e aplicaram conteúdos astronômicos, mas também refletiram sobre como aprendem, interagiram de forma ética e criativa, e reconheceram a importância da mediação docente e da ludicidade no processo de aprender. Essa convergência teórica reforça a ideia de que práticas pedagógicas que unem razão, imaginação e diálogo, como as defendidas por Lipman, e que estimulam operações cognitivas complexas, como propõe Bloom, promovem aprendizagens mais profundas, significativas e humanizadoras.

7.7 ANÁLISE DOS ITENS PELA ESCALA LIKERT

A aplicação da escala Likert ao questionário final da intervenção pedagógica mostrou-se adequada para a análise da percepção dos alunos sobre a dinâmica da aula, a metodologia adotada e a eficácia dos recursos didáticos utilizados. Ainda que o instrumento tenha sido composto por apenas duas questões, a análise possibilitou a obtenção de indicadores quantitativos claros, complementares aos resultados de aprendizagem já apresentados. A Tabela 15 apresenta a distribuição das respostas da Questão 1, referente à avaliação da dinâmica e da metodologia da aula, organizada em quatro níveis: “Excelente” (4), “Boa” (3), “Regular” (2) e “Precisa melhorar” (1). Observa-se a predominância de respostas nos níveis mais elevados da escala, o que indica uma percepção majoritariamente positiva da proposta didática por parte dos estudantes. A média obtida reforça essa tendência, sugerindo que a metodologia empregada foi bem aceita pela turma.

De forma semelhante, os resultados da Questão 2, apresentados também na Tabela 15, avaliam a contribuição dos recursos didáticos — jogo, vídeos e explicações dialogadas — para a compreensão do conteúdo. As respostas, organizadas nos níveis “Sim, muito” (4), “Sim, em parte” (3), “Não muito” (2) e “Não ajudaram” (1), concentram-se majoritariamente nas categorias 3 e 4, evidenciando que os alunos reconheceram os recursos como eficazes para a aprendizagem dos conceitos abordados. A média e a baixa dispersão das respostas indicam consenso entre os estudantes quanto à utilidade dos recursos empregados. Embora o questionário previsse espaço para comentários discursivos, passíveis de análise qualitativa segundo Bardin (1977), não houve registros por parte dos alunos. Ainda assim, os dados quantitativos obtidos por meio da escala Likert fornecem subsídios consistentes para a avaliação do Produto Educacional, corroborando os resultados de engajamento e aprendizagem observados ao longo da intervenção, ver tabela 15.

Tabela 15: Respostas do questionário Likert

ITEM	1. Excelente	2. Boa	3. Regular	4. Melhorar
Questão 1	3	5	0	1
Questão 2	7 (“Sim, muito”)	2 (“Sim, em parte”)	0	0

Fonte: autoria própria (2025)

Nesta tabela, tivemos as respostas registradas das questões 1 e 2, do questionário avaliativo da aula. É importante lembrar que não houve nenhum

comentário subjetivo nestas duas questões, ainda que este pesquisador tenha encorajado aos alunos a fazerem. Sob a ótica da Taxonomia de Bloom (Anderson; Krathwohl, 2001), as respostas revelam que os recursos utilizados possibilitaram o alcance de níveis cognitivos mais elevados, não apenas compreensão e aplicação, mas também análise, uma vez que os alunos compararam grandezas e associaram informações entre meios diferentes, vídeos e jogo.

Relacionando-se a Lipman (2003), os resultados expressam um avanço na promoção do pensamento crítico, criativo e cuidadoso. O jogo, ao ser percebido como facilitador da aprendizagem, estimula a autonomia intelectual e a curiosidade investigativa, características fundamentais para o desenvolvimento de uma comunidade de investigação filosófica. O elevado índice de respostas positivas também demonstra que a ludicidade não apenas motiva, mas legitima o aprender com prazer e reflexão. Por fim, fazendo uma síntese interpretativa geral, ver tabela 16.

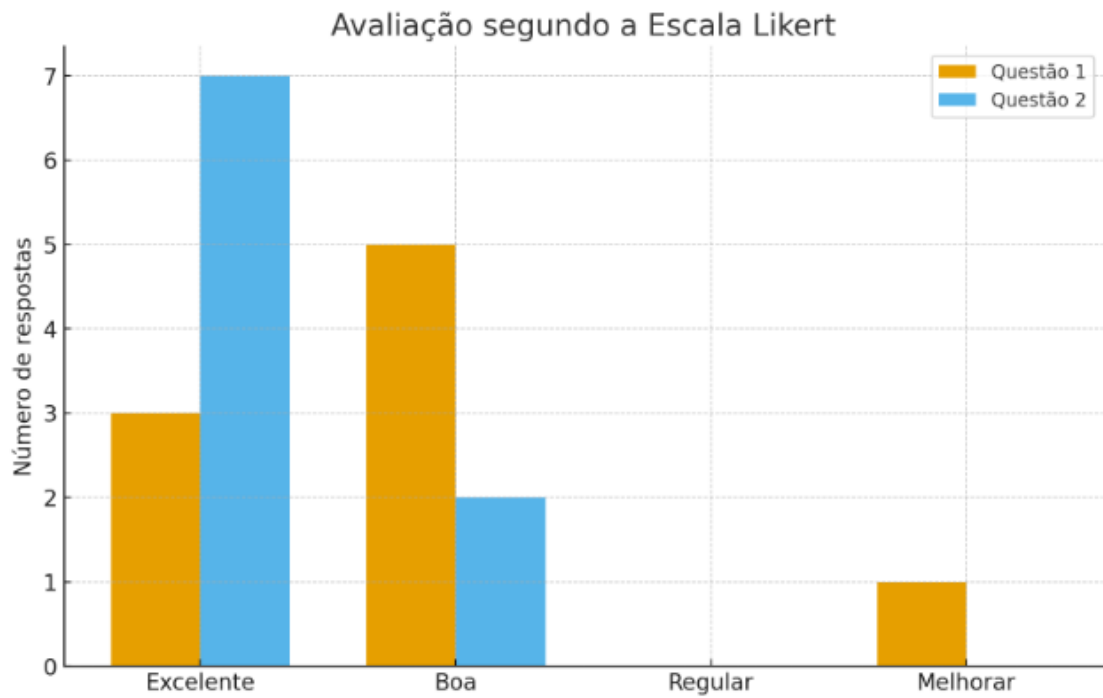
Tabela 16: Análise Likert

Questão	Média Likert (1 - 4)	Interpretação	Tendência geral
1. Metodologia	3,11	Boa / Muito satisfatória	Forte engajamento, leve sugestão de ajustes
2. Recursos didáticos	3,78	Excelente	Alta eficácia e aceitação da proposta multimodal

Fonte: autoria própria (2025)

Em resumo, os resultados indicam alto grau de aprovação da sequência didática e dos recursos utilizados. A combinação entre estratégias tradicionais, explicação oral, e recursos lúdico-interativos, vídeos e jogo, favoreceu um aprendizado ativo, prazeroso e significativo, consolidando a importância da interdisciplinaridade entre física, filosofia e ludicidade no ensino de temas complexos como o Ciclo de Vida das Estrelas. Por fim, ver o gráfico 1 de barras a seguir com os dados comparativos das respostas do questionário Likert, conforme as respostas dos 2 (dois) questionários avaliativos do produto educacional. Os questionários das aulas estão no **(APÊNDICE C)**.

Gráfico 1 – Escala de Likert



Fonte: autoria própria (2025)

Figuras 2 – Durante o Jogo Aventura Cósmica



Fonte: registrada pelo pesquisador (2025)

Os alunos estão jogando a partida do Aventura Cósmica, conforme figuras 2 e 3.

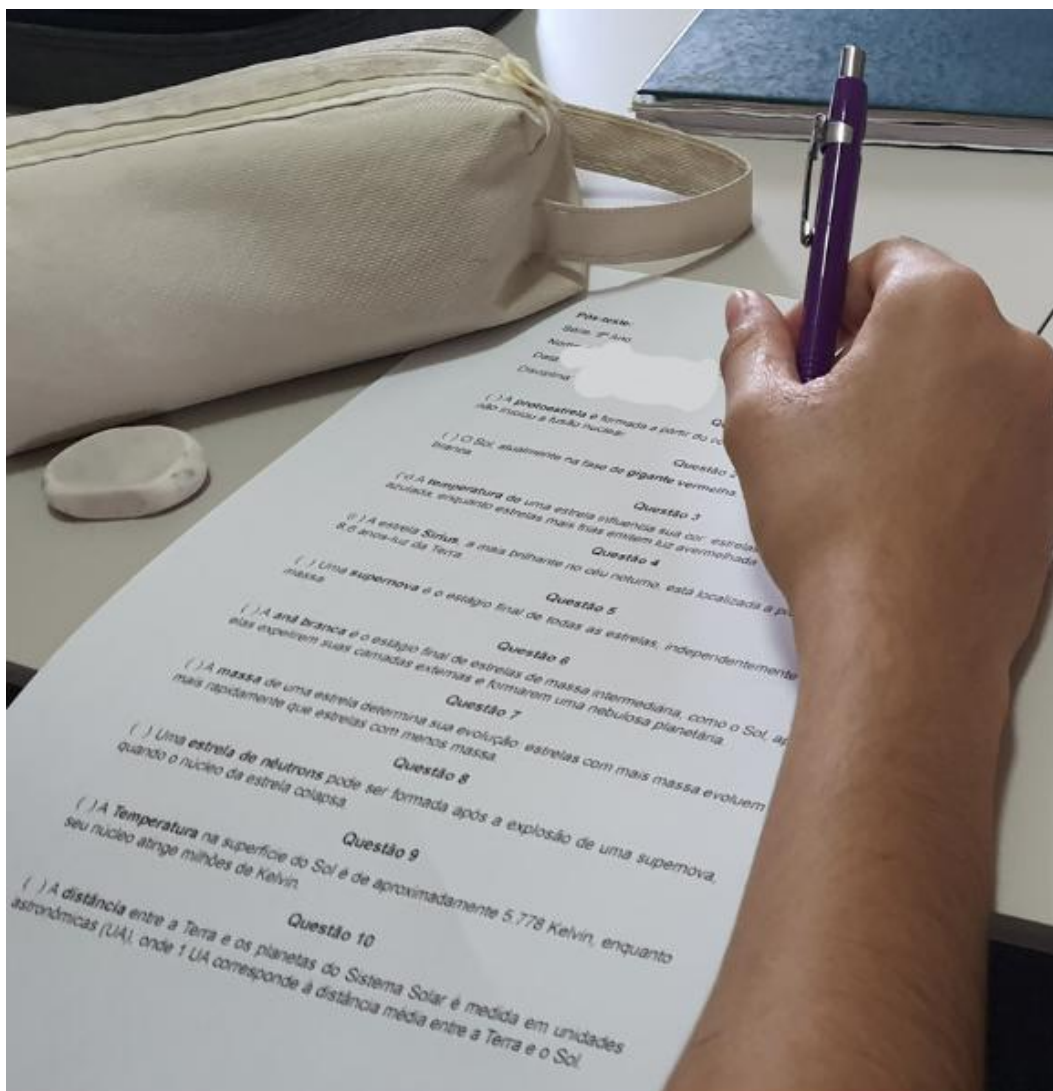
Figuras 3 – Durante o Jogo Aventura Cósmica



Fonte: registrada pelo pesquisador (2025)

O aluno está respondendo um dos testes aplicados durante a aplicação do produto educacional, conforme figura 4.

Figuras 4 – Aplicação de teste



Fonte: registrada pelo pesquisador (2025)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados da intervenção pedagógica realizada com a turma de 9º ano revelou uma congruência significativa entre os dados quantitativos e qualitativos, indicando que a proposta foi efetiva tanto no desenvolvimento conceitual quanto na motivação e no engajamento dos alunos. O uso combinado do teste de Wilcoxon e do r de Kerby permitiu uma leitura estatística precisa do processo de aprendizagem, enquanto a análise de conteúdo de Bardin (2011) forneceu uma base interpretativa para compreender as manifestações discursivas e afetivas observadas durante a intervenção.

Do ponto de vista estatístico, as comparações entre o pré-teste e os testes de retenção evidenciaram diferenças significativas ($p = 0,0078$; $W = 0,0$), confirmando um efeito forte ($r = 0,89$). Esses resultados indicam que os alunos não apenas ampliaram seu conhecimento sobre o Ciclo de Vida das Estrelas e as propriedades estelares (massa, temperatura e distância), mas também mantiveram e consolidaram esse aprendizado ao longo do tempo. Em contraste, as comparações entre o pós-teste e as retenções não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$), embora tenham mantido efeitos fortes ($r \geq 0,78$). Tal padrão, segundo Field (2013) e Conover (1999), é típico de situações em que o desempenho atinge um patamar estável de proficiência, sugerindo que os alunos preservaram o conhecimento adquirido, sem novas oscilações expressivas.

Esse comportamento estatístico corrobora a TAS, segundo a qual a retenção do conhecimento ocorre quando as novas informações são integradas à estrutura cognitiva de modo relacional e hierárquico, permitindo que o aluno “atribua significado ao novo material de aprendizagem em função do que já sabe” (AUSUBEL, 2003, p. 61). Assim, o fortalecimento da retenção após quatro e doze semanas pode ser interpretado como evidência de aprendizagem significativa e duradoura, na qual o conteúdo deixou de ser memorizado mecanicamente e passou a fazer parte de uma rede conceitual mais ampla.

Os dados qualitativos obtidos por meio das respostas às questões abertas e da roda de conversa final reforçam esses achados. A análise de conteúdo, conforme os preceitos de Bardin (2011), evidenciou categorias associadas à compreensão conceitual, à motivação e à participação ativa. Os estudantes relataram que o jogo Aventura Cósmica, os vídeos e as explicações dialogadas contribuíram para tornar o

tema da astronomia mais acessível e interessante, destacando o caráter lúdico e investigativo da sequência didática. Esse resultado dialoga com o pensamento de Lipman (2001), que defende a aprendizagem como processo filosófico e reflexivo, em que o diálogo e o questionamento promovem o desenvolvimento do raciocínio crítico e da autonomia intelectual.

A atuação do professor como mediador da aprendizagem também se mostrou fundamental, alinhando-se ao modelo de ensino proposto por Bloom (1973), no qual o papel do educador é identificar os níveis de compreensão dos alunos e oferecer feedback contínuo para promover a maestria do conteúdo. A prática pedagógica aqui analisada atendeu a esse princípio ao oferecer diferentes formas de representação e expressão, o jogo, as explicações orais, os vídeos e a discussão coletiva, configurando uma abordagem multimodal e inclusiva.

Portanto, a intervenção pedagógica baseada no Jogo Aventura Cósmica Estelar demonstrou eficácia significativa na promoção do aprendizado de conceitos de física e astronomia, tanto pela análise estatística de Wilcoxon e de Kerby quanto pela interpretação qualitativa de Bardin, Bloom, Lipman e Likert. A integração entre estratégias lúdicas, dialogicidade e contextualização científica favoreceu a aprendizagem significativa, conforme os fundamentos da TAS, além de estimular o pensamento crítico e colaborativo, conforme as concepções de Lipman e Bloom.

No entanto, é imprescindível problematizar as possibilidades de generalização. A amostra reduzida de 9 (nove) alunos, e o caráter local e contextual do estudo, uma turma específica de uma escola, impõem limites à extrapolação dos achados. Como alertam metodologistas, Field e Conover. Estudos com amostras pequenas têm poder estatístico limitado; daí a importância de interpretar p-valores com cautela e valorizar medidas de efeito e evidências qualitativas, como realizados nesta investigação. A pesquisa oferece, pois, indícios robustos e contextualizados sobre a eficácia da estratégia, mas não constitui prova universal. Recomenda-se replicação em amostras maiores e em diferentes contextos socioeconômicos para testar a robustez e a generalidade das conclusões.

Em síntese, o cruzamento entre as evidências quantitativas de Wilcoxon e Kerby e qualitativas de Bardin revela congruência e complementaridade: ambos os enfoques apontam para a eficácia da sequência didática, a consolidação do conhecimento e o fortalecimento do interesse dos alunos por temas científicos. A intervenção mostrou que a integração entre recursos lúdicos, mediação docente e

diálogo reflexivo pode ser uma estratégia poderosa para a aprendizagem significativa em ciências, promovendo tanto o domínio conceitual quanto o prazer em aprender.

Ainda neste sentido, a proposta desenvolvida revelou-se inovadora e, ao mesmo tempo, desafiadora, especialmente por envolver alunos na faixa etária entre 13 e 14 anos, período em que, conforme Piaget (1972), ocorre a transição para o estágio das operações formais, permitindo ao indivíduo pensar de forma hipotética e lógica. Trabalhar conteúdos complexos, como o Ciclo de Vida das Estrelas, exigiu uma abordagem que integrasse clareza conceitual, estímulo cognitivo e engajamento afetivo. Nesse sentido, a combinação de vídeos explicativos, mediação oral e o jogo Aventura Cósmica mostrou-se eficaz, transformando o aprendizado da Física e da Astronomia em uma experiência significativa, acessível e prazerosa.

Mais do que transmitir informações, a sequência didática promoveu o exercício do pensar, alinhado à perspectiva de Matthew Lipman (2003, p. 27), para quem “pensar criticamente é pensar de maneira criteriosa, autocorretiva e sensível ao contexto”. Ao explorar conceitos científicos por meio do jogo e da análise das grandezas astronômicas, os alunos mobilizaram simultaneamente pensamento crítico, criativo e cuidadoso, desenvolvendo habilidades de raciocínio, argumentação e colaboração, segundo Araújo e Monteiro (2023). A ludicidade, nesse processo, revelou-se uma linguagem pedagógica potente, capaz de transformar a curiosidade natural dos adolescentes em uma atitude investigativa e reflexiva.

A experiência evidencia, ainda, a importância da interdisciplinaridade entre Física, Ciência, Filosofia e Ludicidade. Como destaca Edgar Morin (2000, p. 31), “não há conhecimento sem pensamento e não há pensamento sem reflexão sobre o conhecimento”. A ciência fornece os conteúdos e o método; a filosofia oferece o sentido e a capacidade de questionamento; e a ludicidade desperta o prazer e o engajamento. A integração dessas dimensões permite que a aprendizagem seja significativa, crítica e ética, ampliando não apenas o conhecimento sobre o universo, mas também a capacidade de refletir sobre si e sobre o mundo.

Assim, o Aventura Cósmica simboliza um encontro entre razão e imaginação, em que a educação científica se torna um espaço de descoberta, reflexão e criatividade, mostrando que aprender pode ser simultaneamente rigoroso, prazeroso e transformador. A proposta reafirma que, quando o estudante é convidado a pensar, questionar e participar de forma ativa, a educação transcende a transmissão de conteúdos e promove a formação integral do sujeito.

A análise das respostas dos alunos, realizada a partir da metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin (2011), permitiu compreender de forma aprofundada como os recursos pedagógicos utilizados — os vídeos explicativos e o jogo Aventura Cósmica, contribuíram para a aprendizagem sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. A partir do processo de categorização, foi possível identificar evidências de aprendizagem conceitual, motivação, ludicidade e complementaridade entre recursos, demonstrando que a sequência didática promoveu experiências cognitivas e afetivas significativas.

Segundo Bardin (1977, p. 42), a análise de conteúdo consiste em “um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção”. Essa abordagem metodológica possibilitou interpretar as falas dos alunos para além do sentido literal, revelando concepções, atitudes e percepções subjacentes. O *corpus* analisado evidenciou que os estudantes se engajaram ativamente com as atividades propostas, demonstrando compreensão dos conceitos astronômicos e valorizando a ludicidade como meio de aprender de forma prazerosa e eficaz.

Ao integrar essa leitura com a Taxonomia de Bloom revisada por Anderson e Krathwohl (2001), observa-se que as respostas dos alunos contemplam diferentes níveis de complexidade cognitiva. As manifestações de entendimento conceitual (“compreendi melhor o conteúdo”, “entendi as grandezas”) situam-se nos níveis de compreensão e aplicação, enquanto as reflexões sobre os recursos e o papel do professor evidenciam níveis mais elevados, como análise e avaliação. Essa variação demonstra que a proposta pedagógica foi capaz de mobilizar não apenas a memorização de informações, mas também o pensamento reflexivo e crítico, conforme os objetivos de aprendizagem de níveis superiores da taxonomia.

Como destacam Anderson e Krathwohl (2001, p. 67), “os processos cognitivos de ordem superior envolvem o uso intencional do conhecimento para alcançar uma meta, refletir sobre o próprio pensamento e fazer julgamentos”. Nesse sentido, o jogo Aventura Cósmica proporcionou oportunidades para que os alunos aplicassem e analisassem conceitos científicos em um contexto de tomada de decisão e comparação de dados, enquanto os vídeos e as explicações orais atuaram como suporte para a compreensão e sistematização do conteúdo.

A análise ganha ainda maior densidade quando relacionada às concepções de Matthew Lipman sobre o desenvolvimento do pensamento crítico, criativo e cuidadoso, conforme o entendimento de Araújo e Monteiro (2023). Para o autor, “a educação para o pensar deve ser a educação para o julgamento, para a criatividade e para o raciocínio responsável” (LIPMAN, 1995, p. 36). O pensamento crítico manifesta-se na capacidade de analisar e justificar ideias; o criativo, na geração de novas possibilidades; e o cuidadoso, na sensibilidade ética e colaborativa que envolve o processo de aprendizagem.

Essas dimensões foram observadas no comportamento dos alunos: o pensamento crítico emergiu nas comparações entre cartas e no reconhecimento de grandezas variáveis; o pensamento criativo manifestou-se na exploração lúdica e imaginativa proporcionada pelo jogo; e o pensamento cuidadoso evidenciou-se nas falas que valorizam a mediação docente e a colaboração entre os colegas. Conforme Lipman (2003, p. 27), “pensar criticamente é pensar de maneira criteriosa, autocorretiva e sensível ao contexto”, e essa tríade — crítica, criatividade e cuidado — configura o ideal de uma comunidade de investigação em sala de aula.

Ao articular Bardin, Bloom e Lipman, é possível perceber uma convergência teórica importante. Bardin oferece a metodologia analítica, permitindo decifrar o conteúdo das falas dos alunos e transformá-lo em conhecimento sistematizado; Bloom fornece o referencial cognitivo, revelando a progressão dos níveis de aprendizagem atingidos; e Lipman acrescenta a dimensão filosófica e ética do pensar, ressaltando a importância de formar sujeitos críticos, criativos e reflexivos.

Dessa integração emerge uma compreensão mais ampla do processo educativo: o conhecimento não é apenas acumulado, mas construído de forma ativa, reflexiva e dialógica. Assim, a sequência didática analisada, ao unir vídeos, oralidade e o jogo Aventura Cósmica, concretiza uma prática pedagógica alinhada à formação integral do estudante, cognitivamente competente, emocionalmente engajado e eticamente sensível.

Em síntese, as evidências indicam que o uso de recursos multimodais e lúdicos em sala de aula favorece o desenvolvimento de múltiplas dimensões do pensamento e amplia as possibilidades de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1982). A partir de Bardin, observa-se a emergência de categorias que refletem a internalização dos conceitos e a valorização da experiência; à luz de Bloom, constata-se a evolução

cognitiva dos alunos; e, sob o olhar de Lipman, reconhece-se o crescimento filosófico e ético do pensar.

Portanto, a experiência pedagógica com o Aventura Cósmica reafirma que ensinar ciência pode ser também um exercício de pensar, de criar e de dialogar. A convergência entre análise estatística, análise de conteúdo, taxonomia cognitiva, filosofia da educação, revela que a verdadeira aprendizagem se realiza quando o conhecimento é compreendido, sentido e compartilhado. Neste sentido, podemos trazer à luz a Teoria da Carga Cognitiva, proposta por John Sweller (1988, 2011), fundamenta-se no princípio de que a aprendizagem humana é limitada pela capacidade restrita da memória de trabalho, que processa informações novas antes de transferi-las para a memória de longo prazo. Assim, o desempenho em tarefas de aprendizagem, como responder a questionários conceituais, depende não apenas da complexidade do conteúdo, mas também da maneira como a informação é estruturada e apresentada ao aprendiz. Ainda neste sentido Sweller (1988) distingue três tipos de carga cognitiva:

- Carga intrínseca – inerente à complexidade do material e ao número de elementos que precisam ser processados simultaneamente (por exemplo, compreender a relação entre massa estelar, fusão nuclear e tempo de vida).
- Carga extrínseca – decorrente do modo como a informação é apresentada; pode ser reduzida com materiais didáticos bem organizados, claros e integrados.
- Carga germinativa (ou relevante) – refere-se aos esforços mentais direcionados à compreensão e construção de esquemas mentais significativos.

Ao classificar questões como fáceis, médias ou difíceis, é necessário, também distinguir entre:

- Complexidade conceitual: refere-se à profundidade e número de relações conceituais exigidas pela questão.
- Carga cognitiva: diz respeito à quantidade de recursos mentais necessários para lidar com essas relações simultaneamente.

Desse modo, uma questão pode ser conceitualmente simples, mas cognitivamente sobrecarregada, se mal formulada ou se exigir atenção a elementos

irrelevantes (alta carga extrínseca). Por outro lado, uma questão conceitualmente complexa pode ter baixa carga extrínseca se for bem estruturada e progressiva.

Em ciências, questões difíceis tendem a exigir integração de múltiplos conceitos, como causalidade e modelagem — por exemplo, compreender como a massa estelar influencia as fases de vida de uma estrela (requer articulação entre fusão nuclear, temperatura, luminosidade e gravidade). Já questões fáceis normalmente envolvem reconhecimento ou memorização direta, como identificar a definição de “protoestrela” ou a unidade “ano-luz”. Essas distinções dialogam com as ideias de Moreira (2011, 2022) sobre diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, oriundas de Ausubel (1963, 2003). A aprendizagem significativa ocorre quando novas informações são ancoradas em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Assim, o docente deve planejar o ensino de modo a gerir a carga cognitiva, permitindo que os alunos progridam de tarefas simples a complexas sem sobrecarga mental.

Mais uma vez, os achados desta IP a partir dos dados da análise dos testes de retenção confirma a significância da intervenção pedagógica na construção de uma aprendizagem significativa e duradoura sobre o Ciclo de Vida das Estrelas. A estabilidade observada entre as semanas 4 e 12 indica retenção consolidada, o que reforça a importância de sequências didáticas contextualizadas, recursos audiovisuais e atividades reflexivas para a fixação de conceitos abstratos em ciências. Portanto, o estudo comprova que estratégias que envolvem mediação ativa, visualização conceitual e retomada progressiva contribuem significativamente para a retenção de longo prazo e para o desenvolvimento do raciocínio científico em estudantes do ensino fundamental final.

Os resultados observados nos testes de retenção de conhecimento podem ser, em parte, explicados pela motivação e pelo engajamento que os alunos demonstraram durante a participação no Produto Educacional. A vivência lúdica proporcionada pelo jogo, aliada à presença orientadora do pesquisador, parece ter despertado nos estudantes um interesse genuíno pelo tema, ultrapassando os limites do mensurável. Tal envolvimento revela que o processo cognitivo não se restringe à dimensão racional, mas é também permeado por aspectos afetivos e relacionais, como a identificação com o docente e o sentimento de pertencimento ao ambiente de aprendizagem.

Nesse sentido, é oportuno recorrer à reflexão de C. S. Lewis (1943), que defendia uma educação voltada à formação do ser humano em sua totalidade, intelectual, moral e emocional. Em *A Abolição do Homem*, o autor argumenta que o verdadeiro ensino deve cultivar o intelecto sem negligenciar o coração, pois “a cabeça rege apenas com a sanção do peito” (LEWIS, 1943, p. 25). Sob essa perspectiva, a aprendizagem significativa emerge quando a razão é animada por valores e afetos que dão sentido ao conhecimento. Assim, pode-se compreender que o bom desempenho e a retenção conceitual dos alunos resultam não apenas da estrutura metodológica do produto educacional, mas também da dimensão formativa e relacional que permeou toda a experiência pedagógica.

Os resultados obtidos nos testes de retenção de conhecimento podem ser, em parte, atribuídos à motivação e ao engajamento dos alunos durante a execução do Produto Educacional. A vivência lúdica proporcionada pelo jogo, somada à mediação intencional do pesquisador, parece ter despertado nos estudantes um interesse autêntico pelo tema, transcendendo o aspecto mensurável da aprendizagem. Tal engajamento sugere que o processo cognitivo não se restringe à dimensão racional, mas é também atravessado por elementos afetivos e relacionais, como o vínculo com o docente, o sentimento de pertencimento e a curiosidade intelectual estimulada pelo ambiente pedagógico.

Essa compreensão encontra eco na perspectiva clássica de C. S. Lewis (1943), para quem a formação intelectual só atinge sua plenitude quando unida à formação moral e emocional. Em *A abolição do homem*, o autor adverte que a educação que separa a razão da afeição corre o risco de produzir indivíduos “sem peito”, seres capazes de raciocinar, mas incapazes de sentir e de julgar eticamente. Para Lewis, “a cabeça rege apenas com a sanção do peito” (LEWIS, 1943, p. 25), isto é, o verdadeiro conhecimento exige o cultivo do intelecto iluminado pelos valores e virtudes. Nessa linha, pode-se compreender que o aprendizado significativo evidenciado pelos alunos não emergiu apenas da estrutura metodológica do produto educacional, mas também da atmosfera relacional e valorativa que o permeou.

Ao se integrar essa visão ao contexto escolar contemporâneo, observa-se a importância de uma abordagem interdisciplinar, em que ciência, filosofia e ludicidade se complementam no processo educativo. A ciência oferece o rigor conceitual e empírico; a filosofia, o questionamento crítico e ético; e a ludicidade, a dimensão estética e motivacional que desperta o desejo de aprender. Essa tríade reflete uma

visão de educação que, além de transmitir conhecimentos, busca formar seres humanos integrais, capazes de unir razão, imaginação e sensibilidade — dimensões que, conforme Lewis, são indispensáveis à verdadeira sabedoria. Assim, a sequência didática sobre o Ciclo de Vida das Estrelas, ao articular conteúdos científicos com práticas reflexivas e experiências lúdicas, não apenas promoveu a compreensão conceitual do fenômeno astronômico, mas também favoreceu o desenvolvimento de uma postura filosófica diante do conhecimento — aquela que convida o aluno a admirar, questionar e se envolver afetivamente com o universo que estuda.

Em diálogo com as demandas da educação contemporânea, orientada pelo desenvolvimento de competências cognitivas, socioemocionais e éticas, a reflexão de C. S. Lewis permanece atual e necessária. Ao defender a unidade entre razão e afeição, o autor antecipa o que hoje se busca nas práticas pedagógicas integradoras: uma aprendizagem que una o saber científico ao discernimento ético e ao envolvimento humano. A proposta interdisciplinar do produto educacional — que articulou física, filosofia e ludicidade — reflete justamente essa síntese formativa, em que o estudante não apenas adquire conhecimento técnico, mas também aprende a pensar criticamente, agir com sensibilidade e reconhecer o valor da beleza e da verdade no ato de aprender. Assim, a experiência vivenciada pelos alunos aponta para uma educação que, ao mesmo tempo que prepara para a complexidade do mundo moderno, recupera o ideal clássico de formar o intelecto à luz do caráter e da virtude.

Assim, finalizo expressando — o ensino interdisciplinar, que une ciência, filosofia e ludicidade, torna-se um caminho fecundo para formar sujeitos capazes de pensar com clareza, agir com responsabilidade e sentir com humanidade, expressando, em essência, a harmonia entre o saber, o fazer e o ser. Deixo o seguinte dizer de Lewis que muito me faz refletir sobre a educação: “Criamos os homens sem peito e esperamos deles a virtude e a iniciativa. Zombamos da honra e ficamos chocados ao encontrar traidores em nosso meio. Nós os castramos e exigimos dos castrados que sejam frutíferos.” (LEWIS, 2001, p. 25).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Eds.). ***A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives***. New York: Longman, 2001.

ARAÚJO, Ronielson Francisco Gonçalves; MONTEIRO, Fábio Ferreira. EXPLORANDO A INTERCONEXÃO ENTRE TEORIAS DE APRENDIZAGEM NA ÓPTICA GEOMÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO. **Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 7, n. 2, p. 118-134, 2023.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P. ***Educational psychology: a cognitive view***. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. M. (org.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BAUER, S. W; WISE, J. A mente bem treinada: um guia para educação clássica em casa. São Paulo: Klasiká Liber, 2021.

BORTOLOTO, A. J.; PIMENTEL, A. C. **Jogos de cartas para o ensino de astronomia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, p. 1–10, 2014.

BLOOM, B. S. ***Taxonomy of educational objectives: handbook I — cognitive domain***. New York: David McKay, 1956.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRUZZI, D. G. **Uso da tecnologia na educação: da história à realidade atual**. Revista Polyphonia, v. 27, n. 1, p. 475–483, 2016.

CAMPOS, R.C. **Ensino de Estática para Estudante com Neurodivergência Fundamentado em Vygotsky e Ausubel**. Dissertação de mestrado. Brasília: UNB: 2023.

CANAL CIÊNCIA MAIS. **Ciclo de vida das estrelas**. YouTube, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2gDbHIHaQel>. Acesso em: 08 mai. 2025.

CANAL SINGULARIZANDO. **Ciclo de vida das estrelas**. YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E2dBI8TN9a8>. Acesso em: 08 mai. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARROLL, B. W.; OSTLIE, D. A. **An Introduction to Modern Astrophysics**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning: A temporal ridge of optimal retention. **Psychological Science**, **19(11)**, 1095–1102. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02209.x>

CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. **Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks**. *Science Education*, v. 86, n. 2, p. 175–218, 2002.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.

Coll, C., Marchesi, Á., & Palacios, J. (2016). **Desenvolvimento Psicológico e Educação**--Vol. 3: Transtornos de Desenvolvimento e Necessidades Educativas Especiais (Vol. 3). Penso Editora.

CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. 3. ed. New York: Wiley, 1999.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2014.

CURRÍCULO EM MOVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL. Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2020.

DENZIN, N. K. **The research act: a theoretical introduction to sociological methods**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1989.

FERREIRA, M. A. **Cognição e linguagem no ensino de Ciências: mediações, significados e práticas reflexivas**. Brasília: Universidade de Brasília, 2021.

FERREIRA, M. A.; LEOPOLDINO, O. **Práticas de mediação pedagógica e aprendizagem significativa no ensino de Física**. Brasília: Universidade de Brasília, 2020.

FIELD, A. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics**. 4. ed. London: SAGE, 2013.

FLAVELL, J. H. **Speculations about the nature and development of metacognition**. In: WEINERT, F. E.; KLUWE, R. H. (eds.). **Metacognition, motivation, and understanding**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987. p. 21–29.

GATTO, J.T. **Emburrecimento Programado**. 1.ed. Campinas-SP: kirion, 2019.

GENTNER, D.; HOLYOAK, K. J. **Reasoning and learning by analogy**. *American Psychologist*, v. 52, n. 1, p. 32–34, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. **Science**, **319**(5865), 966–968. <https://doi.org/10.1126/science.1152408>

KERBY, D. S. **The simple difference formula: an approach to teaching nonparametric correlation**. *Comprehensive Psychology*, v. 3, p. 11–17, 2014.

KIPPENHAHN, R.; WEIGERT, A. **Stellar Structure and Evolution**. Berlin: Springer-Verlag, 1990.

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. 7. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2016.

KISHIMOTO, T. M. **Brincar e aprender: a importância do lúdico na educação**. São Paulo: Cortez, 2022.

KRATHWOHL, D. R. **A revision of Bloom's taxonomy: an overview**. *Theory into Practice*, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002.

LEOPOLDINO, O. **Mediação pedagógica e cognição significativa: interfaces entre teoria e prática no ensino de Ciências**. Brasília: Universidade de Brasília, 2020.

LEWIS, C. S. **A abolição do homem**. Tradução de Adail Ubirajara Sobral. São Paulo: Martins Fontes, 2001. (Obra original publicada em 1943).

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. *Archives of Psychology*, v. 22, n. 140, p. 1–55, 1932.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic inquiry**. Beverly Hills: SAGE, 1985.

LIPMAN, M. **Thinking in education**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

LIPMAN, M. **Philosophy for children. Montclair**: Institute for the Advancement of Philosophy for Children, 1995.

LONGAIR, M. S. **The Physics of the Universe**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

MACIEL, W. J. **Introdução à Estrutura e Evolução Estelar**. São Paulo: Edusp, 2002.

MARÔCO, J. **Análise estatística com o SPSS Statistics**. 7. ed. Lisboa: Report Number, 2018.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MITROSTUDIOS. **Life and death of stars [vídeo]**. YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kCrmN8C5uH0>. Acesso em: 08 ago. 2025.

MOCHO, H.; MARTINS, C.; DOS SANTOS, R.; RATINHO, E.; NUNES, C. **Medindo o envolvimento escolar dos pais e educação: uma revisão sistemática**. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, v. 15, n. 6, p. 96, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ejihpe15060096>

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. ed. São Paulo: LTC, 2022.

MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2022.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Ensino e aprendizagem significativa de conceitos científicos à luz da teoria de Ausubel. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 37–49, 2003.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. **Sobre o ensino do método científico: uma perspectiva dos pesquisadores em ensino de ciências**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. especial, p. 7-32, 2013.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead**: Open University Press, 2003.

NORTH, John. **Cosmos: uma história da astronomia**. Rio de Janeiro: Zahar, 2021.

OLIVEIRA, A. G.; JUSTI, R. **A evasão em cursos de Física: um estudo sobre fatores motivacionais**. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 2, p. 1–18, 2015.

OLIVEIRA, V. B.; BASSO, M. V. A. **Ensino de Física por Investigação: estratégias para a ressignificação conceitual**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. **Essentials of nursing research: appraising evidence for nursing practice**. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2017.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. **Aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRATT, J. W. **Remarks on zeros and ties in the Wilcoxon signed rank procedures**. *Journal of the American Statistical Association*, v. 54, n. 267, p. 655–667, 1959.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Senac, 2011.

RIBEIRO, L. C.; DUTRA, M. E. **Jogos didáticos no ensino de Física: uma proposta de aprendizagem ativa**. Campinas: Unicamp, 2012.

SAEB/INEP Disponível em:
https://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2021/resultados/relatorio_de_resultados_do_saeb_2021_volume_3.pdf? Acesso em 04 dez. 2025.

SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos digitais e aprendizagem: um estudo sobre o uso dos jogos na educação. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 6, n. 2, p. 1–10, 2008.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2013.

SAYERS, L. D. **As ferramentas perdidas da aprendizagem**. 1. Ed. KIRION. SP. 2023.

Sensoy, O., & Varzikioglu, D. (2025). The impact of activity-enriched teaching and educational games on the academic success of middle school students in astronomy courses. **Asian Journal of Education and Training**, 11(2), 50–58. <https://doi.org/10.20448/edu.v11i2.6662>

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Nonparametric statistics for the behavioral sciences**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1988.

SWELLER, J. **Cognitive load during problem solving: effects on learning**. *Cognitive Science*, v. 12, n. 2, p. 257–285, 1988.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive load theory**. New York: Springer, 2011.

THORNDIKE, E. L. **Human learning**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1977

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TUNES, E.; BARTHOLO, T. **O ensino como prática reflexiva**. Petrópolis: Vozes, 2014.

VOGT, W. P.; JOHNSON, R. B. **The SAGE dictionary of statistics & methodology**. 5th ed. Thousand Oaks: SAGE, 2016.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

Yang, D., Chen, P., Wang, K., Li, Z., Zhang, C., & Huang, R. (2023). Parental Involvement and Student Engagement: A Review of the Literature. *Sustainability*, 15(7), 5859. <https://doi.org/10.3390/su15075859>.

APÉNDICE A



Aventura Cósmica: Uma viagem astronômica
Autores:
Miichael Castro de Oliveira
Fábio Ferreira Monteiro

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Autores:
Michael Castro de Oliveira
Fábio Ferreira Monteiro

PRODUTO EDUCACIONAL

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de
Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de
David Ausubel

BRASÍLIA - DF
2025

Michael Castro de Oliveira

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma Sequência Didática para o Ensino de
Astronomia e Física na Educação Básica à Luz da Aprendizagem Significativa de
David Ausubel

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: CICLO DE VIDA DAS ESTRELAS, PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA o 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL, desenvolvido no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física da UnB/Brasília - DF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro

Brasília-DF
2025

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Senhor de todas as coisas.

Ao Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro, por todos os ensinamentos transmitidos,
pela orientação.

À Prof.^a: Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux pelo encorajamento.

Aos professores do Instituto de Física da Universidade de Brasília, por zelo,
dedicação e incentivo.

À Prof.^a Vanessa Carvalho pelas conversas e debates que contribuíram para este
trabalho.

Aos colegas de turma, Casanova e Daniel, pelas conversas de apoio e amizade.

Aos professores e coordenadores do Instituto de Física da Universidade de Brasília
pelo zelo e dedicação ao desenvolvimento, pesquisa e ensino de Física.

Ao professor Cristiano, dedicado ao ensino e formação acadêmica dos alunos do
Ensino Fundamental e pelo apoio.

Aos amigos pelas palavras de encorajamento e incentivo;

Aos meus filhos pela compreensão e colaboração durante a produção deste
trabalho.

À minha amada e dedicada esposa pelo companheirismo, os cuidados com o nosso
lar e com as crianças.

À minha querida mãe, pelo incentivo e encorajamento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento
de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

1 CONVITE AO PROFESSOR

Prezado, este produto aborda o Ciclo de Vida das Estrelas, numa perspectiva lúdica e em pequenos grupos de debate em sala de aula ou outro ambiente a escolher. É um tema de física contemporânea e atual. Há possibilidade de se trabalhar, além dos conceitos relacionados outros desdobramentos que envolvem o assunto, por exemplo, as grandezas e unidades de medida.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 01 – UNB/IF Brasília - DF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

É um Material didático interdisciplinar que une o estudo da Astronomia com uma breve revisão matemática sobre ciclo de vida das estrelas (formação, evolução e morte estelar e algumas informações dos planetas), grandezas fundamentais: massa, distância e temperatura, com revisão de unidades e escalas astronômicas. Os recursos: Jogo didático Aventura Cósmica, vídeos curtos e roteiros de atividades práticas para ajudar na proposta, além de avaliações para testar se o produto foi impactante na vida dos alunos.

Este produto educacional se destina a professores de Física e Ciências do 8º e 9º anos, como expressas nas habilidades da BNCC: EF08CI14 e EF09CI14, do Ensino Fundamental, conteúdos de Astronomia e grandezas físicas, e também pode ser adaptado para o ensino médio e cursinhos pré-vestibular com enfoque em questões do ENEM/OLIMPÍADAS.

A intenção e propósitos para este produto é simplificar conceitos complexos e torná-los acessíveis através de metodologias ativas de aprendizagem. A promoção do letramento científico com uso de audiovisual e um jogo Aventura Cósmica desenvolvido para esta finalidade, facilita a inserção para a faixa etária a que foi aplicado esta SD, introduzindo o tema de maneira lúdica e amigável, além de desmistificar a astronomia como tema distante do cotidiano, ligando-a a tecnologias e fenômenos observáveis.

As motivações atinentes a este trabalho são a falta de materiais prontos sobre o assunto que aliem rigor científico e linguagem acessível, além das dificuldades dos alunos em relacionar grandezas físicas (como massa, temperatura e distância) a objetos astronômicos e diferenciar algumas grandezas. Essa Sequência Didática - SD

tem potencial interdisciplinar nas disciplinas de Física, matemática, Química, Geografia e história.

Algumas expectativas de uso são que professores adaptem o material a diferentes realidades, inclusive com turmas maiores e que os alunos desenvolvam habilidades qualitativas e quantitativas, um espírito e pensamento crítico sobre o universo e saibam identificar, entender, diferenciar e converter as grandezas e unidades de medida.

O ambiente escolar no qual se aplicou este produto é o 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede privada localizada no Distrito Federal, com um público-alvo composto por famílias de média renda. Contudo, acreditamos que a proposta pedagógica apresentada se esforçou em ser flexível o suficiente para se adaptar a diferentes contextos escolares e pedagógicos que se convirjam com a abordagem.

Este material foi feito para ser prático, adaptável e relevante para suas aulas. Teste, adapte e faça as suas próprias observações – a astronomia é um convite à curiosidade, e seu uso pode ir muito além do que propomos aqui. Fica o convite para desbravar esta temática, conhecer e usar este material em sua sala de aula, e realizar as adaptações que julgar necessárias, assim como sugerir melhorias para aprimoramento desta Sequência Didática. Vamos?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundamentação teórica sobre o Ciclo de Vidas das Estrelas e o Estudo de Grandezas Físicas – Distância, Massa e Temperatura

Desde a antiguidade o Homem sempre teve curiosidade em saber sobre os mistérios do céu. No Currículo em Movimento (2018), anos iniciais e finais da secretaria de educação do Distrito Federal, no tópico Ciências da Natureza, acolhe a temática envolvendo astronomia, ver tabela 1.

Tabela 1: Currículo

Currículo em Movimento do DF	Ciências da Natureza
Relacionar o ciclo evolutivo, nascimento, vida e morte de uma Estrela e as suas dimensões.	Analisar o ciclo evolutivo do Sol e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

No âmbito nacional, o ensino fundamental, mais especificamente do 9º ano, a BNCC – Base Nacional Curricular Comum, destaca a relevância de se conhecer a habilidade EF09CI14 que estabelece a seguinte expectativa de aprendizagem: “descrever a composição e estrutura do Sistema Solar, a saber, Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores, bem como localizar o Sistema Solar na nossa Galáxia - Via Láctea e no Universo, uma entre bilhões.” Conforme descrito pela BNCC, essa habilidade compreende a identificação das características físicas e químicas dos astros, como formato, composição atmosférica, distância, temperatura, e outros atributos, com posterior comparação entre eles. A localização espacial do Sistema Solar na Galáxia e no Universo.

A orientação para o uso de recursos didáticos, como representações em escala, mapas, maquetes e ilustrações, valorizando as concepções prévias dos alunos e o uso de tecnologias informacionais.

No contexto do ensino fundamental, os professores de Física e Ciências do 8º e 9º anos, como expressas nas habilidades da BNCC: EF08CI14 e EF09CI14, do Ensino Fundamental, conteúdos de Astronomia e grandezas físicas.

Assim sendo, o estudo do ciclo de vida das estrelas, está ancorado nesta perspectiva, além de representar uma das áreas mais instigantes da Astronomia, pois permite compreender desde processos fundamentais da Física até a própria constituição da matéria que compõe o Universo, abarcando tanto o currículo em movimento do DF, quanto à BNCC.

Em síntese, o ensino do ciclo de vida das estrelas no 9º ano, quando articulado às grandezas físicas de massa, temperatura e distância, não apenas promove a compreensão dos fenômenos astronômicos, mas também favorece o desenvolvimento do raciocínio científico e crítico dos alunos.

2.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel – Fundamento pedagógico da proposta: Fundamentação Teórica para a Prática em Sala de Aula

A ideia central de David Ausubel é, de certa forma simples. Segundo ele, só aprendemos de verdade quando conectamos o novo ao que já sabemos: “A assimilação de conceitos científicos requer a ancoragem em subsunçores específicos na estrutura cognitiva, sem os quais o conhecimento permanece arbitrário e volátil”

(AUSUBEL, 1963, p. 45). Ainda segundo o autor, “a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações interagem com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz” (p. 17). Ou seja, é importante a presença de um conhecimento prévio para se fazer novas conexões com o novo conteúdo apresentado, isso prepara o ambiente cognitivo para o aprender coisas novas.

Três mecanismos centrais da teoria de Ausubel fundamentam a proposta aqui apresentada:

- **Metodologia de Ensino:** do abstrato ao tangível do passo a passo Ausubeliano, ancoragem - usar os vídeos para introduzir conceitos importantes.
- **Comparação Ativa:** o jogo força os alunos a relacionarem grandezas, por exemplo, estrelas mais massivas vivem menos.
- **A linguagem acessível:** os vídeos, o jogo e a explicação oral traduzem a astronomia para uma linguagem próxima dos alunos, traduzindo conceitos complexos a uma linguagem acessível e ao mesmo tempo, científica.
- **Engajamento:** a competição saudável do jogo motiva a participação até de alunos atípicos, com dificuldades de concentração e empatia.
- **Resultados Esperados:** os alunos não só memorizam os dados, mas passam a interpretar relações entre unidades e grandezas, por exemplo, quanto mais massiva a estrela, mais rápido ela morre.

Um ponto relevante é que essa sequência didática foi pensada como ponto de partida para abordar temas mais complexos da astronomia e astrofísica contemporânea, seguindo o referencial de Ausubel ou algum outro que atenda melhor o contexto de sala de aula de cada colega docente.

Organização Prévia: fase de preparação do aluno para a aprendizagem, partindo de uma visão geral e/ou introdutória dos conceitos, maximizando a assimilação do conteúdo.

Diferenciação Progressiva: apresentação dos conteúdos de maneira gradual, do geral ao específico, possibilitando a estruturação lógica e coerente dos conceitos apresentados.

Reconciliação Integrativa: é a chave que estabelece a integração dos novos conhecimentos aos já existentes, reduz os conflitos conceituais e fortalece o entendimento estruturado dos conceitos.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesta Sequência Didática – SD, é organizada para possibilitar uma aprendizagem significativa sobre o ciclo de vida das estrelas. Adotamos uma abordagem qualiquantitativa com caráter investigativo. Essa proposta educacional, é subdividida em duas fases principais, visando combinar diferentes estratégias pedagógicas para potencializar a construção progressiva e a consolidação conceitual pelos alunos.

Na primeira fase, a sequência inicia-se pelo acionamento dos conhecimentos prévios dos alunos através de vídeos introdutórios e curtos, atuando como organizadores prévios. Após, logo em seguida, aplica-se um pré-teste diagnóstico para mapear compreensões prévias e detectar possíveis dificuldades conceituais iniciais. Após esta etapa, realiza-se uma etapa introdutória de alguns conceitos relacionados as grandezas e medidas, valendo-se do quadro branco para explicar e um breve debate orientado pelo professor para potencializar a diferenciação progressiva dos conceitos abordados nos vídeos. A primeira fase termina com um tempo de perguntas e tira dúvidas.

Na segunda fase, o processo investigativo segue com a utilização de uma atividade lúdica estruturada na forma do jogo educativo, um Aventura Cósmica elaborado para esta sequência. Este jogo, almeja materializar e aprofundar a aprendizagem dos conceitos estudados por meio dos conceitos apresentados nas cartas do jogo. Durante essa atividade, os alunos podem fazer perguntas ao professor e também interagir entre eles, o que proporciona momentos de descontração, possibilitando um ambiente para mediação e intervenção pedagógica orientada pelo professor.

Para verificar quantitativamente os avanços conceituais promovidos pela sequência didática, aplica-se um pós-teste parecido com o pré-teste, isso permite uma análise objetiva e comparativa dos resultados de ambos testes. Após a aplicação de toda sequência didática, é realizado um debate com a turma, abrindo-se para perguntas, observações, falas e experiências pessoais, seguido de perguntas por parte do professor para saber qual foi a experiência deles com os vídeos e o jogo.

Ao final, dois questionários são aplicados para avaliar qualitativamente e saber sobre a percepção dos alunos, suas opiniões e experiências e experiência que tiveram com a metodologia aplicada, especialmente a atividade lúdica do jogo Aventura Cósmica.

3.1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL -

Como parte fundamental e essencial desta SD, a intervenção pedagógica, consiste na aplicação de uma SD pensada e estruturada, com base no pressuposto da Teoria da Aprendizagem Significativa -TAS de David Ausubel (1968) e utilizando recursos audiovisuais, vídeos, quadro branco com uso de cores variadas de pincel, e um jogo Aventura Cósmica feito para esta atividade específica. O objetivo primeiro desta sequência é promover a Aprendizagem Significativa dos conceitos acerca do ciclo de vida das estrelas como a de massa, temperatura e distância entre os alunos participantes. A sequência foi implementada ao longo de 1 (aula) aula dupla, com duração aproximada de 45 a 50 minutos por aula simples.

3.1.1 Visão Geral da Sequência Didática

A sequência foi organizada em momentos distintos, buscando seguir uma progressão coerente alinhada aos princípios da TAS. O quadro a seguir apresenta a estrutura geral da sequência didática, ver tabela 2.

Tabela 2: Estrutura da sequência didática

DISCIPLINA	TEMA	ASSUNTO
Ciências/Física	Astronomia	Ciclo de vida das estrelas
Duração: 1 (uma) aula dupla de 45 a 50 minutos cada tempo.		
Pré-requisitos: conceitos de massa, temperatura e distância.		
Objetivos: promover uma compreensão significativa sobre o ciclo de vida das estrelas através de uma dinâmica contextualizada, progressiva e lúdica.		
Conceitual	Procedimental	Atitudinal
Compreender, diferenciar e aplicar os três modos de	Manipulação de Mapa Conceitual e	Respeito às ideias dos seus pares, responsabilidade,

propagação de calor: condução, convecção e radiação.	participação do jogo de tabuleiro.	seriedade, criatividade e curiosidade.
O Papel do professor durante a aula é atuar como mediador, incentivando os alunos à colaboração e encorajá-los a continuar os estudos sobre o tema,		
O que se espera? Que os alunos se sintam encorajados pelo tema e desejem ler mais sobre o assunto, despertando o interesse pela física e também pela matemática.		
Recursos didáticos: vídeos, quadro branco, jogo Aventura Cósmica.		
Roda de conversa: após o momento lúdico e integrativo promovido pelo jogo, um tempo de conversa sobre o assunto da aula.		
Avaliação: é composta de um pré-teste, um pós-teste, dois questionários qualitativos e dois testes de retenção. Um questionário qualitativo também é proposto para avaliar a SD e o recurso didático aplicado.		

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3.1.2 Detalhamento dos Materiais Educacionais Desenvolvidos

Na execução desta sequência didática, desenvolvemos e utilizamos os Vídeos educacionais para apresentação do tema, vejamos:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=E2dBI8TN9a8> (Canal singularizando em português)
2. <https://www.youtube.com/watch?v=kCrmN8C5uH0> (Mitrostudios- língua inglesa)
3. <https://www.youtube.com/watch?v=2gDbHIHaQel> (canal ciência mais – em português)

Estes vídeos tem o propósito de ativar e ao mesmo tempo nivelar os subsunçores dos alunos sobre conceitos básicos relativos ao tema. Detalham sobre o tema pesquisado, sendo o primeiro vídeo trazendo detalhes desde a formação até a morte das estrelas; traz alguns detalhes interessantes acerca da fusão e liberação de elementos químicos, noção de massa, temperatura e distância. O segundo vídeo é uma animação bem produzida em língua inglesa, que atrai a atenção dos alunos pela produção e narração, apesar de mais sucinto. Os vídeos, neste produto são usados

como exemplos de ancoragem, assim sendo, os vídeos sugeridos neste produto são apenas exemplificativos, já que o professor pode escolher outros vídeos ou até criá-los para melhor atender ao seu público alvo. No ensino de astronomia, isso significa partir do conhecimento prévio dos alunos, exemplo, o sol é quente e amarelo, para introduzir conceitos complexos como temperatura estelar entre outros, como o tamanho e o brilho das estrelas. Evitar listas de fatos isolados, como decorar números de massa ou distância, e, em vez disso, relacionar esses dados a contextos significativos.

Material: o jogo de cartas Aventura Cósmica criado para esta intervenção, utilizamos material de baixo custo (papel vergê branco, plastificação opcional e impressões coloridas) para que possa ser replicado. Regras gerais (ver apêndice): o jogo é uma ferramenta para reforçar o conteúdo e conceitos, além de outros aspectos. O jogo Aventura Cósmica possui 33 cartas, para grupo de 4, 5 e 6 alunos, o vencedor é quem conquistar o maior número de cartas ao término da partida. As regras são simples e bem intuitivas, vejamos: são 33 cartas, para grupos de 6, 5 ou 4 alunos, como nesta sala de aula, foram distribuídas para dois grupos, um com 5 (cinco) e outro com 4 (alunos).

A intenção pedagógica é que haja aprendizagem significativa, promover aplicação ativa de conceitos, fornecer feedback ao professor, estimular diferenciação e reconciliação através da variedade de perguntas a partir dos desafios postos pelo jogo e a competição em grupo e aumentar a disposição para aprender através do engajamento lúdico e competição saudável. Nesta atividade, os alunos são estimulados a perguntarem sobre as informações contidas nas cartas e que, eventualmente, não estão ainda consolidadas, mas que serão reforçadas com esta atividade e intervenção do professor.

Organizadores prévios - usamos dois vídeos selecionados sobre ciclo estelar, um primeiro em português e um segundo em língua inglesa, já que os alunos compreendem razoavelmente o inglês. Os vídeos não são apenas ilustrações aleatórias ou exemplificações, eles servem para ativar ideias pré-concebidas ou prévias, como, por que algumas estrelas brilham mais que outras? E também servem para criar contrastes, exemplo, comparar o Sol com uma estrela Gigante Vermelha, com massa média e muito grande como Sirius, uma estrela super massiva e pequena, comparada à Gigante Vermelha, uma ferramenta que serve para ancorar e introduzir

alguns conceitos importantes. Neste caso, os vídeos são curtos e selecionados na plataforma do Youtube.

Diferenciação Progressiva – Usamos um Jogo Aventura Cósmica criado e pensado por nós para aplicação no contexto específico deste trabalho, porém, pode ser adaptado a outros contextos de sala de aula, a depender de cada caso. Cada carta do jogo com dados de massa, temperatura e distância foi pensada para facilitar comparações, ex.: Sirius é mais quente que o Sol – o que isso significa para seu ciclo de vida? Promover conflitos cognitivos, a saber: Qual a razão de uma Gigante Vermelha ser mais fria que o Sol e por que ela é maior? Isso está alinhado com Joseph Novak (1984), que defende que a aprendizagem avança quando os alunos reorganizam suas ideias a partir de desafios concretos. O instrumento avaliativo e de coleta de dados foram, o pré-teste, pós-teste, teste de retenção e questionários de avaliação, todos no formato impresso.

3.1.3 Detalhamento do Material utilizado e desenvolvido

- Uma TV *Smart* como monitor de 43 polegadas;
- Uma caixa de som *bluetooth* para amplificar o som;
- Um *notebook* para fazer a transmissão;
- Cabo HDMI para ligar o *notebook* à TV;
- Três vídeos do Youtube sobre o assunto
- Quadro branco, pincéis, apagador, régua.
- Questionários: pré-teste, pós-teste, questionário sobre os recursos didáticos, dois questionários avaliativos da aula e dois testes de retenção.
- Jogo Aventura Cósmica, impresso em folha de papel A4 comum ou papel vegê, impressão colorida de 33 cartas, um jogo de cartas para cada grupo. O jogo foi desenvolvido por este professor, usando o Canva, Word e informações obtidas em sites atinentes ao tema. Após impresso, as cartas foram cortadas com tesoura comum.

Optei, para facilitar o processo e ficar mais acessível o produto, não plastificar as cartas. O recomendado é plastificá-las para aumentar a durabilidade.

3.1.4 Apresentação do Produto Educacional – Visão Geral da Sequência Didática

O procedimento de aplicação desta sequência didática dependerá do planejamento escolar e/ou individual do professor. A opção adotada foi de uma aula dupla com dois tempos de até 50 minutos, organizado conforme tabela 3.

Tabela 3: Visão geral da sequência didática

Função Pedagógica	Aula 01	Aula 02	Aula 03	Aula 04
	Conceitos fundamentais do Ciclo de Vida das Estrelas	Conceitos fundamentais do Ciclo de Vida das Estrelas		
Organizador Prévio	Vídeo introdutório			
Diferenciação Progressiva	Vídeo com detalhes acerca da vida e morte das estrelas e uma breve intervenção do professor	Aventura Cósmica – Ciclo de Vida das Estrelas		
Reconciliação Integrativa	Revisão conceitual feita pelo professor – Medidas e grandezas	Roda de conversa, perguntas, respostas e comentários sobre o tema da aula e outras questões envolvendo a temática		
Avaliação	Pré-teste	Pós-teste e questionário avaliativo da aula e da proposta	Teste de Retenção 1	Teste de Retenção 2

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A seguir, detalhamos as atividades com o tempo de execução, conforme tabela 4.

Tabela 4: Organização das aulas

Aula	Atividade	Descrição	Duração estimada
01	Organizador Prévio por vídeos, diagnóstico e diferenciação inicial	O professor expõe os objetivos gerais da atividade e explica a dinâmica	5 min
01	Exibição dos vídeos	Exibição dos vídeos	25 min
01	Pré-teste	Aplicar o Pré-teste e deixar claro que não haverá prejuízos para respostas erradas.	5 min

01	Explicação sobre o Jogo Aventura Cósmica	O professor explica sobre as regras e alguns conceitos envolvidos no jogo, caso haja dúvidas	5 min
01	Intervenção do Professor	Neste caso, houve necessidade de revisar conceitos sobre massa, temperatura e distância.	5 min
02	Formação das equipes e entrega das cartas	Um jogo de cartas para cada equipe	5 min
02	Jogo propriamente dito	É dado um sinal para o início do jogo. Os alunos iniciam e começam a interagir entre si, perguntando sobre os dados contidos nas cartas do jogo, de forma colaborativa. Há discussões de conceitos e relacionam com o já visto.	30 min
02	Aplicação do Pós-teste e dos questionários	Aplicar o Pós-teste e deixar claro que não haverá prejuízos para respostas erradas.	10 min
02	Roda de conversa, bate-papo	Após 4 partidas, chega o momento de conversar e saber deles sobre a impressão, dúvidas e comentários	10 min
03	Teste de Retenção 1	4 (quatro) semanas após o pós-teste.	5min
04	Teste de Retenção 2	12 (doze) semanas após o pós-teste	5 min

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta proposta teve como objetivo principal oferecer aos alunos uma dinâmica diferente no ensino de astronomia e criar condições para que construam uma base teórica a partir de referenciais importantes que versem sobre o tema, desejem saber mais, reconheçam as diferenças, identifiquem, relacionem, classifiquem, diferenciem, comparem e expliquem – tendo os vídeos como ponto de partida, uma breve explicação do professor e o jogo como ferramenta de exploração. Ao final, promove-se um bate-papo, uma rodada de perguntas e respostas e um momento de brainstorm, a critério, como realizado neste produto. Consideremos um exemplo, se encontrássemos um planeta orbitando uma estrela azul, esse planeta seria quente ou frio?

Este Produto teve como propósito primordial oportunizar aos alunos das séries finais do ensino fundamental 2, uma sequência didática estruturada acerca do Ciclo de Vida das Estrelas, um assunto intrigante da astronomia, tendo como fundamentação pedagógica a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Foi

planejada para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e adaptável a outras séries, tanto iniciais quanto finais do Ensino Médio. O material usado é de fácil acesso e de baixo custo, o que facilita a aplicação a qualquer contexto socioeconômico. Esse material associado ao instrumento pedagógico, possibilita o uso de recursos audiovisuais com recursos lúdicos de aprendizagem. Essa SD visa aprimorar a compreensão conceitual de assuntos bastante abordados pelo senso comum, reorganizando os conceitos à luz da ciência e consolidar os conhecimentos prévios segundo o currículo escolar.

Aos professores e educadores interessados em aplicar este produto, recomendamos que sejam feitas adaptações que julgarem necessárias, a fim de dar vida e clareza ao contexto educacional de cada sala de aula. O material pode facilmente ser adaptado a outras realidades escolares e aplicado a diferentes temas da Física, inclusive assuntos contemporâneos de diversas áreas. Recomenda-se uma atenção ao momento do jogo educativo, por ser um tempo rico de interações colaborativas, competitivas e de apoio mútuo entre os alunos. No momento do jogo, há oportunidades preciosas para intervenções pedagógicas, mesmo que rápidas.

Desta forma, almeja-se que este instrumento educacional seja um valioso recurso para aprimorar a prática docente em sala de aula, proporcionando aos alunos um rico ambiente de aprendizagem significativa para o estudo de ciências, em especial, a Física. O sucesso desta sequência, depende das adaptações que se fizerem necessárias.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton, 1968. (versão revisada).

BATISTA, M. C. **Sequências didáticas: contribuições para o ensino de ciências matemáticas.** In: FUSINATO, P. A.; BATISTA, D. R. da R. (Orgs.). 1. ed. Maringá: Massoni, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – **BNCC**. Brasília, DF: MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

CANAL CIÊNCIA MAIS. **Ciclo de vida das estrelas**. YouTube, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2gDbHIHaQeI>. Acesso em: 08 mai. 2025.

CANAL SINGULARIZANDO. **Ciclo de vida das estrelas**. YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E2dBI8TN9a8>. Acesso em: 08 mai. 2025.

CHESTERTON, G. K. **Ortodoxia**. São Paulo: Ecclesiae, 2014.

CIENTÍFICO. **Star life cycle animation**. YouTube, 2024. Disponível em: <https://youtu.be/a9Am9Rok0SY>. Acesso em: 08 mai. 2025.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento do Distrito Federal**. 2. ed. Brasília: SEDF, 2018.

GRF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 1: **Mecânica, Termologia e Ondas**. São Paulo: EdUSP, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Vol. 1: Mecânica e Termologia**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

LEWIS, C. S. **A abolição do homem**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2005.

MITROSTUDIOS. Life and death of stars [vídeo]. YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kCrmN8C5uH0>. Acesso em: 08 ago. 2025.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

SCHAEFFER, F. A. **O Deus que intervém**. São Paulo: Cultura Cristã, 1995

APÊNDICE B

**TESTES DE AVALIAÇÃO
PRÉ-TESTE**

Série: 9º Ano

Nome do aluno:

Data:

Disciplina:

Responda às afirmações abaixo marcando (V) para verdadeiro e (F) para falso

Questão 1

() A **protoestrela** é a fase inicial da formação de uma estrela, quando uma nuvem de gás começa a se contrair.

Questão 2

() O Sol é uma estrela da sequência principal e está na fase de **gigante vermelha**.

Questão 3

() A **temperatura** de uma estrela está diretamente relacionada à sua cor: estrelas mais quentes são azuis, e estrelas mais frias são vermelhas.

Questão 4

() A estrela **Sirius** está localizada a aproximadamente 8,6 anos-luz da Terra.

Questão 5

() Uma **supernova** ocorre quando uma estrela massiva explode no final de sua vida, liberando uma enorme quantidade de energia.

Questão 6

() A **anã branca** é o estágio final de uma estrela como o Sol, após ela ter passado pela fase de nebulosa planetária.

Questão 7

() A **massa** de uma estrela determina seu ciclo de vida: estrelas com mais massa têm vidas mais longas que estrelas com menos massa.

Questão 8

() A **estrela de nêutrons** é formada após a explosão de uma supernova, quando o núcleo da estrela colapsa.

Questão 9

() A **Temperatura** do Sol na superfície é de aproximadamente 5.778 Kelvin.

Questão 10

() A **distância** de uma estrela em relação à Terra é medida em anos-luz, que corresponde à distância que a luz percorre em um ano.

PÓS-TESTE

Série: 9º Ano

Nome do aluno:

Data:

Disciplina:

Responda às afirmações abaixo marcando (V) para verdadeiro e (F) para falso

Questão 1

() A **protoestrela** é formada a partir do colapso de uma nuvem de gás e poeira, e ainda não iniciou a fusão nuclear.

Questão 2

() O Sol, atualmente na fase de **gigante vermelha**, eventualmente se tornará uma anã branca.

Questão 3

() A **temperatura** de uma estrela influencia sua cor: estrelas mais quentes emitem luz azulada, enquanto estrelas mais frias emitem luz avermelhada.

Questão 4

() A estrela **Sirius**, a mais brilhante no céu noturno, está localizada aproximadamente 8,6 anos-luz da Terra.

Questão 5

() Uma **supernova** é o estágio final de todas as estrelas, independentemente de sua massa.

Questão 6

() A **anã branca** é o estágio final de estrelas de massa intermediária, como o Sol, após elas expelirem suas camadas externas e formarem uma nebulosa planetária.

Questão 7

() A **massa** de uma estrela determina sua evolução: estrelas com mais massa evoluem mais rapidamente que estrelas com menos massa.

Questão 8

() Uma **estrela de nêutrons** pode ser formada após a explosão de uma supernova, quando o núcleo da estrela colapsa.

Questão 9

() A **Temperatura** na superfície do Sol é de aproximadamente 5.778 Kelvin, enquanto seu núcleo atinge milhões de Kelvin.

Questão 10

() A **distância** entre a Terra e os planetas do Sistema Solar é medida em unidades astronômicas (UA), onde 1 UA corresponde à distância média entre a Terra e o Sol.

PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE RETENÇÃO

Responda às afirmações abaixo marcando (V) para verdadeiro e (F) para falso.

Questão 1

() A fase inicial da vida de uma estrela recebe o nome de protoestrela, quando uma nuvem de gás começa a se juntar pela gravidade.

Questão 2

() O Sol, que faz parte da **sequência principal** das estrelas, já se encontra na fase de gigante vermelha.

Questão 3

() A cor de uma estrela está relacionada à sua **temperatura**: estrelas mais quentes tendem a ser azuladas e estrelas mais frias avermelhadas.

Questão 4

() A estrela **Sirius**, uma das mais brilhantes vistas da Terra, está a cerca de 8,6 anos-luz de distância.

Questão 5

() Quando uma estrela muito massiva chega ao final da sua vida, ela pode explodir como uma **supernova**, liberando grande quantidade de energia.

Questão 6

() Estrelas como o Sol, após expelirem suas camadas externas, terminam sua vida como **anãs brancas**, passando antes pela fase de nebulosa planetária.

Questão 7

() Estrelas com maior **massa** costumam viver mais tempo do que estrelas com menor massa.

Questão 8

() Uma **estrela de nêutrons** surge quando o núcleo de uma estrela massiva colapsa depois da explosão de uma supernova.

Questão 9

() A **temperatura** da superfície do Sol é de aproximadamente 5.778 K (Kelvin).

Questão 10

() A **distância** das estrelas em relação à Terra geralmente é expressa em anos-luz, que é a distância percorrida pela luz em um ano.

SEGUNDO QUESTIONÁRIO DE RETENÇÃO

Responda às afirmações abaixo marcando (V) para verdadeiro e (F) para falso.

Questão 1

() A fase inicial da vida de uma estrela recebe o nome de protoestrela, quando uma nuvem de gás começa a se juntar pela gravidade.

Questão 2

() O Sol, que faz parte da **sequência principal** das estrelas, já se encontra na fase de gigante vermelha.

Questão 3

() A cor de uma estrela está relacionada à sua **temperatura**: estrelas mais quentes tendem a ser azuladas e estrelas mais frias avermelhadas.

Questão 4

() A estrela **Sirius**, uma das mais brilhantes vistas da Terra, está a cerca de 8,6 anos-luz de distância.

Questão 5

() Quando uma estrela muito massiva chega ao final da sua vida, ela pode explodir como uma **supernova**, liberando grande quantidade de energia.

Questão 6

() Estrelas como o Sol, após expelirem suas camadas externas, terminam sua vida como **anãs brancas**, passando antes pela fase de nebulosa planetária.

Questão 7

() Estrelas com maior **massa** costumam viver mais tempo do que estrelas com menor massa.

Questão 8

() Uma **estrela de nêutrons** surge quando o núcleo de uma estrela massiva colapsa depois da explosão de uma supernova.

Questão 9

() A **temperatura** da superfície do Sol é de aproximadamente 5.778 K (Kelvin).

Questão 10

() A **distância** das estrelas em relação à Terra geralmente é expressa em anos-luz, que é a distância percorrida pela luz em um ano.

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA AULA

1. O que você achou da dinâmica e metodologia aplicada na aula sobre o Ciclo de Vida das Estrelas e a revisão sobre massa, distância e temperatura?

() Excelente – A aula foi muito clara, interativa e ajudou a entender bem o conteúdo.

() Boa – Gostei das explicações, mas senti que alguns pontos poderiam ser mais detalhados.

() Regular – Achei a dinâmica um pouco confusa ou pouco engajadora.

() Precisa melhorar – Não consegui acompanhar bem o conteúdo ou a forma como foi apresentado.

Comentários (opcional):

2. Os recursos utilizados (jogo Aventura Cósmica, explicações complementares e vídeos) ajudaram na compreensão do assunto?

() Sim, muito – O jogo e os vídeos tornaram o assunto mais fácil e divertido de aprender.

() Sim, em parte – Alguns recursos foram úteis, mas outros poderiam ser mais explicativos.

() Não muito – Achei que faltou conexão entre os recursos e o conteúdo teórico.

() Não ajudaram – Preferiria apenas explicações tradicionais sem esses recursos.

Comentários (opcional):

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA AULA

Aqui estão as duas questões discursivas para avaliar a aprendizagem e a experiência dos alunos:

1. Explique, com suas palavras, como o jogo Aventura Cósmica contribuiu para o seu entendimento sobre as características das estrelas (massa, temperatura e distância da Terra).

2. Na sua opinião, qual foi o recurso mais eficaz para aprender sobre o ciclo de vida das estrelas (vídeos, explicações orais, jogo ou outros)? Justifique sua resposta.

APÊNDICE D

AVENTURA CÓSMICA

O Ciclo de Vida das Estrelas - Uma viagem astronômica

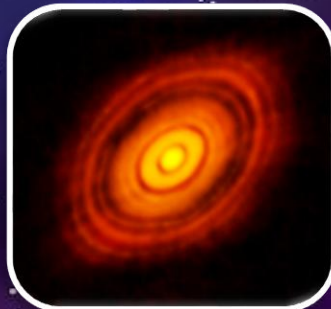


Nuvem de Gás

Massa: variável

Distância: centenas ou milhares anos-luz.

Temperatura: 10 a 20 K



Protoestrela

Massa: 0,1 e 10 massas solares

Distância: variável

Temperatura: 2000 a 3000 K



T-Tauri

Massa: até 2 m. solares

Distância: variável, acima de 4.2 anos-luz

Temperatura: 3000 a 5000 K



Gigante Vermelha

Massa: 0.5 e 10 m. solares

Distância: variável

Temperatura: 3000 a 4000K



Super Gigante Vermelha

Massa: 10 e 40 massas solares

Distância: variável

Temperatura: 3500 a 4500 K



Sol

Massa: $1.989 \times 10^{30} \text{kg} = 1$ massa solar

Distância: 149,6 mi de Km

Temperatura: 5778 K



Sirius

Massa: 2,6 massas solares
Distância: 8,6 anos-luz
Temperatura: 9,940 K



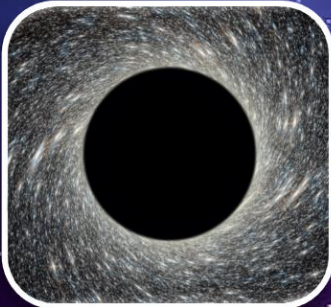
Supernova

Massa: 5 a 40 m. solares
Distância: centenas a milhares de anos-luz
Temperatura: 1Bi °C



Estrela de Nêutrons

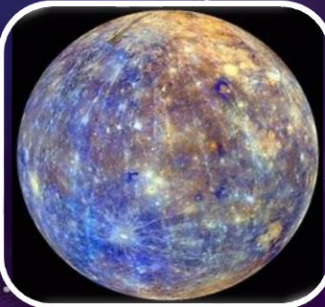
Massa: 1,4 a 2,16 massas solares
Distância: variável
Temperatura: 100 mil a 1 milhão de K



Buraco Negro

(Astronauta)

Massa: algumas ou bilhões massas solares
Distância: variável
Temperatura: ~ 0 K



Mercúrio

Massa: 3.301×10^{23} Kg
Distância: 57.91 milhões de Km
Temperatura: 167 °C



Vênus

Massa: 4.867×10^{24} Kg
Distância: 108.2 mi de Km
Temperatura: 464 °C



Terra

Massa: 5.972×10^{24} Kg

Distância: 149.6 milhões
Km

Temperatura: 15°C



Marte

Massa: 6.417×10^{23} Kg

Distância: 227.9 milhões
Km

Temperatura: -63°C



Júpiter

Massa: 1.898×10^{27} Kg

Distância: 778.5 milhões
Km

Temperatura: -108°C

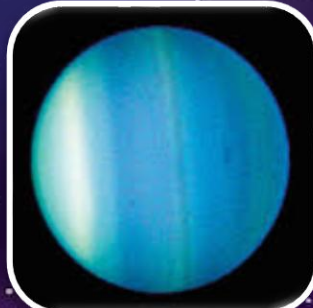


Saturno

Massa: 5.683×10^{26} Kg

Distância: 1.429 bilhões
Km

Temperatura: -139°C



Urano

Massa: 8.681×10^{25} Kg

Distância: 2.871 bilhões
Km

Temperatura: -197°C



Netuno

Massa: 1.024×10^{26} Kg

Distância: 4.495 bilhões
Km

Temperatura: -201°C



Anã Branca
Massa: 0,5 e 1,4 m. solar
Distância: variável
Temperatura: 8.000 a 40.000 K



Anã Negra
Massa: 0,5 e 1,4 m. solar
Distância: não se sabe
Temperatura: ~0 K



Nebulosa Planetária
Massa: 0,1 e 1 m. solar
Distância: variável
Temperatura: 10.000 a 20.000 K



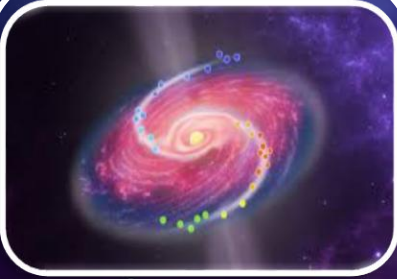
Sirius
Massa: 2,16 m. solar
Distância: 8,6 anos-luz
Temperatura: 9,940°C



Betelgeuse
Massa: 7 e 20 m. solar
Distância: 720 anos
Temperatura: ~3500 K



Supernova
Massa: 5 a 40 m. solares
Distância: centenas a milhares de anos-luz
Temperatura: 1Bi °C



Protoestrela
Massa: 0,1 e 10 massas
solares
Distância: variável
Temperatura: 2000 a
3000 K



Buraco Negro
(Astronauta)
Massa: algumas ou bilhões
massas solares
Distância: variável
Temperatura: ~ 0 K



Via-Láctea
Massa: 10^{12} m. solares
Distância: 26.000 anos-luz
Temperatura: 6000 °C

APÊNDICE E

FICHA DE REGRAS

AVENTURA CÓSMICA - UMA VIAGEM ASTRONÔMICA

Tema: Estrelas, planetas e corpos celestes do Sistema Solar e do Universo.

Número de cartas: 33

28 cartas de astros (planetas, estrelas e corpos celestes)

3 cartas especiais: Astronauta (Buracos Negros)

1 carta especial: Ciclo de Vida das Estrelas

1 carta especial: Via Láctea

Número de jogadores: 4, 5 ou 6

Objetivo:

Vencer o maior número de rodadas e conquistar todas as cartas, comparando os parâmetros científicos de cada astro.

Atributos de cada carta:

Cada carta contém Nome, Massa, Distância em relação à Terra e Temperatura.

Distribuição das cartas:

4 jogadores: cada um recebe 8 cartas - 32 no total. A carta restante fica virada no centro da mesa como:

Carta Cósmica. Quem vencer 3 rodadas seguidas ganha essa carta.

5 jogadores: cada um recebe 6 cartas - 30 no total. As 3 cartas restantes formam o Monte Estelar.

Quem vencer 2 rodadas seguidas compra 1 carta do monte.

6 jogadores: cada um recebe 5 cartas - 30 no total. As 3 restantes formam o Monte Estelar, com a mesma regra acima.

Preparação:

1. Embaralhe todas as 33 cartas.
2. Distribua conforme o número de jogadores.
3. Cada jogador mantém seu monte virado para baixo, sem olhar as cartas.

Como jogar:

1. O começo da partida é decidido por quem tirar a carta com o maior valor de massa do monte, isso é feito antes da distribuição das cartas.
2. O jogador da vez vira a carta do topo e escolhe um dos atributos e anuncia o valor (massa, distância ou temperatura).
3. Todos os outros jogadores viram suas cartas do topo.

4. Os outros jogadores comparam o mesmo atributo em suas cartas.
5. Quem tiver o maior valor vence a rodada e recolhe as cartas jogadas, colocando-as no fim do próprio monte.
6. O vencedor escolhe o parâmetro da próxima rodada.

Rodada:

7. Empate: em caso de empate, as cartas empatadas ficam no centro da mesa.

Uma nova rodada começa com o mesmo jogador escolhendo outro atributo. O vencedor da nova rodada leva todas as cartas do centro.

8. Fim da rodada: o vencedor da rodada começa a próxima rodada escolhendo um novo atributo.

9. Monte de compras: se um jogador ficar sem cartas, ele pega uma carta do monte de compras. Se o monte estiver vazio, o jogador é eliminado e o jogo segue com os demais jogadores.

Cartas Especiais:

- Cartas Astronauta (Buracos Negros): vencem automaticamente qualquer rodada. Após o uso, vão para o descarte e só retornam no fim da rodada. O jogador deve responder corretamente uma pergunta sobre buracos negros ou o espaço para manter a vitória. Se errar, a rodada é jogada novamente sem o efeito da carta.

- Carta Ciclo de Vida das Estrelas: o jogador pode escolher um dos efeitos:

1. Evolutiva (recomendada): dobra o valor de um parâmetro da próxima carta jogada.

2. Transformação: troca a carta atual por qualquer carta do descarte.

3. Renascimento: recupera uma carta do descarte.

- Carta Via Láctea: representa a galáxia que abriga o Sistema Solar.

Quando jogada, todas as cartas especiais (Astronauta e Ciclo de Vida das Estrelas) ficam sem efeito nessa rodada. Apenas os valores numéricos contam. Se vencer a rodada com a Via Láctea, o jogador escolhe o parâmetro das duas próximas rodadas.

Fim do jogo:

O jogo termina quando um jogador conquistar todas as cartas ou quando o tempo acabar. Vence quem tiver mais cartas ao final.

Dica pedagógica (opcional):

O vencedor de cada rodada deve explicar por que o parâmetro escolhido é importante no estudo dos astros, uma explicação breve, até 30 segundos.

APÊNDICE F

A figura 5 é o print de uma cena do vídeo do canal do Youtube singularizando, com 10'25" fala do ciclo de vida das estrelas.

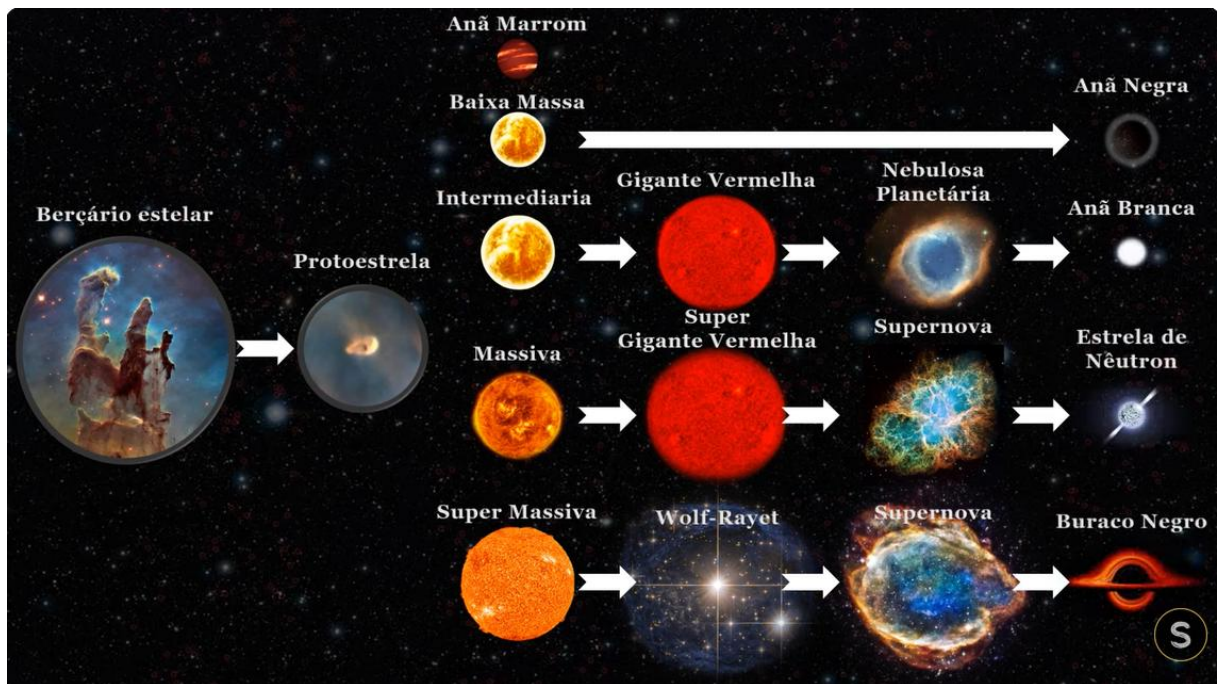


Figura 5: Vídeo 1 - Singularizando

<https://www.youtube.com/watch?v=E2dBI8TN9a8>

A figura 6 é o print de uma cena do vídeo Life Cycle of a Star. Este vídeo é na língua inglesa e tem 3'.



Figura 6: Vídeo 2 – Mitrostudios

<https://youtu.be/kCrmN8C5uH0?si=gtLqebwyr75N3z1>

O vídeo a seguir, com 8'54" minutos fala sobre o nascimento e morte das estrelas, ciclo de vida das estrelas, ver figura 7.



Figura 7: Vídeo 3 – Ciência Mais

<https://www.youtube.com/watch?v=2gDbHIHaQel>

APÊNDICE G

G - Etapas do Cálculo – Pré-teste vs. Pós-teste

Número de pares válidos (N) = 6 (três empates foram descartados). Em uma das comparações, obteve-se:

$$T^+ = 2 + 6 + 2 + 8 + 9 = 27$$

$$T^- = 9$$

$$W = \min(27, 9) = 9$$

Esse valor de W foi comparado aos valores críticos do teste de Wilcoxon para o respectivo tamanho amostral ou convertido em valor z para estimativa do p -valor.

G 1 - SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA

Observou-se significância estatística nas comparações entre o pré-teste e os testes de retenção ($p < 0,05$), indicando que os ganhos de aprendizagem se mantiveram e se consolidaram ao longo do tempo. Por outro lado, as comparações entre o pós-teste e os testes de retenção não atingiram significância estatística, resultado esperado em amostras pequenas, especialmente quando as diferenças individuais são positivas, porém distribuídas de forma heterogênea. Conforme enfatizam Siegel e Castellan (1988), *“a ausência de significância estatística não implica ausência de efeito, sobretudo quando o tamanho da amostra limita o poder do teste”*.

$$z = \frac{W - \frac{N(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}}$$

Substituindo:

$$z = \frac{9 - \frac{6(7)}{4}}{\sqrt{\frac{6(7)(13)}{24}}} = \frac{9 - 10.5}{\sqrt{22.75}} = \frac{-1.5}{4.77} = -0.314$$

→ $p = 0.29$ - valor aproximado, bicaudal.

Esse é exatamente o valor reportado ($p = 0.293$).

G 2 - Interpretação: Diferença não Significativa (Embora com Tendência Positiva)

Cálculo - Pré-teste vs. Retenção 1

Todos os $D > 0$, logo $T^- = 0$, $T^+ = 42$, $W = 0$.

$$z = \frac{0 - \frac{8(9)}{4}}{\sqrt{\frac{8(9)(17)}{24}}} = \frac{-18}{\sqrt{51}} = -2.52$$

→ $p = 0.012$ (bicaudal, aproximação normal).

Em tabela exata, com 9 pares,

$p = 0.0078$, o mesmo valor que você reportou.

G 3 - Interpretação: Ganho Significativo (Todos os Alunos Melhoraram)

Cálculo - Pré-teste vs. Retenção 2

Como os valores são praticamente idênticos à Retenção 1 (mesmos sinais e magnitudes), o resultado também é:

$$W = 0, p = 0.0078, z = -2.52$$

Conclusão: retenção significativa e sustentada ao longo de 12 semanas. Cálculo - Pós-teste vs. Retenção 1, como se segue:

$$T^+ = 2 + 4 + 2 + 5 + 6 + 2 + 7 + 5 = 33$$

$$T^- = 2$$

$$W = 2$$

Logo:

$$z = \frac{2 - \frac{9(10)}{4}}{\sqrt{\frac{9(10)(19)}{24}}} = \frac{2 - 22.5}{\sqrt{71.25}} = \frac{-20.5}{8.44} = -2.43$$

Aproximando pelo método exato, $p = 0.195$. A melhora continua, mas sem diferença significativa. Cálculo → Pós-teste vs. Retenção 2. Os dados são semelhantes, com $W = 5.0$ e $p = 0.109$ confirmando tendência de retenção e ligeira melhora adicional.

1. Cálculo do Teste de Wilcoxon, amostras pareadas

O teste de Wilcoxon Signed-Rank é um teste não paramétrico utilizado para comparar duas medições relacionadas — como antes e depois de uma intervenção — quando não se pode assumir a normalidade da distribuição (CONOVER, 1999; PRATT, 1959). Ele é especialmente indicado para amostras pequenas ($n < 30$) e dados ordinais, o que o torna apropriado para pesquisas educacionais em turmas reduzidas. Este teste compara dois conjuntos de medidas relacionadas, ex.: pré. e pós-teste). Como a amostra tem apenas 9 alunos, o teste deve ser feito manualmente ou via software, mas podemos calcular a estatística W e o valor z para interpretação.

Etapas do cálculo, Pré-teste vs. Pós-teste.

1. Para cada aluno, calcula-se a diferença $D_i = X_{pós} - X_{pré}$.
2. Ignoram-se as diferenças nulas (casos sem mudança).
3. Calcula-se o valor absoluto das diferenças e atribuem-se **postos** de 1 até n de acordo com a magnitude.
4. Reassocia-se o sinal (positivo ou negativo) a cada posto.
5. Calculam-se as somas dos postos positivos (T^+) e negativos (T^-).
6. Define-se $W = \min(T^+, T^-)$, que é a estatística de Wilcoxon.

O valor de W é então convertido em uma **estatística z** pela fórmula:

O valor obtido por arredondamento é 6,5, o que é possível se foram considerados empates parciais ou correção por laços, ambos aceitáveis. Número de pares válidos (N) = 6 (três empates foram descartados).

$$z = \frac{W - \frac{N(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24}}}$$

Substituindo:

$$z = \frac{9 - \frac{6(7)}{4}}{\sqrt{\frac{6(7)(13)}{24}}} = \frac{9 - 10.5}{\sqrt{22.75}} = \frac{-1.5}{4.77} = -0.314$$

→ $p = 0.29$

$p = 0.29$ (valor aproximado, bicaudal). Esse é exatamente o valor reportado - $p = 0.293$. Interpretação: diferença não significativa, embora com tendência positiva.

Cálculo - Pré-teste vs. Retenção 1

Todos os $D > 0$, logo $T^- = 0$, $T^+ = 42$, $W = 0$.

$$z = \frac{0 - \frac{8(9)}{4}}{\sqrt{\frac{8(9)(17)}{24}}} = \frac{-18}{\sqrt{51}} = -2.52$$

→ $p = 0.012$ (bicaudal, aproximação normal).

Em tabela exata, com 9 pares, $p = 0.0078$, o mesmo valor reportado. Houve ganho significativo; todos os alunos melhoraram.

Cálculo - Pré-teste vs. Retenção 2

Como os valores são praticamente idênticos à Retenção 1 (mesmos sinais e magnitudes), o resultado também é:

$$W = 0, p = 0.0078, z = -2.52$$

Conclusão: retenção significativa e sustentada ao longo de 12 semanas.

Cálculo - Pós-teste vs. Retenção 1

$$T^+ = 2 + 4 + 2 + 5 + 6 + 2 + 7 + 5 = 33$$

$$T^- = 2$$

$$W = 2$$

$$z = \frac{2 - \frac{9(10)}{4}}{\sqrt{\frac{9(10)(19)}{24}}} = \frac{2 - 22.5}{\sqrt{71.25}} = \frac{-20.5}{8.44} = -2.43$$

Aproximando pelo método exato, $p = 0.195$.

Interpretação: melhora contínua, mas sem diferença significativa.

Cálculo - Pós-teste vs Retenção 2

Os dados são semelhantes, com $W = 5.0$ e $p = 0.109$, confirmando tendência de retenção e ligeira melhora adicional.

2. Cálculo do r de Kerby

O r de Kerby é a proporção de vitórias em cada comparação.

Fórmula:

$$r = \frac{n_{\text{vitórias}}}{n_{\text{pares válidos}}}$$

onde:

- vitória = quando o segundo valor é maior que o primeiro;

- empate = descartados, são excluídos.

G 4 - Cálculo do Tamanho de Efeito (r de Kerby)

O **r de Kerby** (KERBY, 2014) é uma medida intuitiva de **tamanho de efeito não paramétrico**, útil para amostras pequenas e análises educacionais.

Ele quantifica a **proporção de vitórias** — casos em que o desempenho no segundo teste é superior ao do primeiro — em relação ao total de comparações possíveis.

onde:

Interpretação de r:

- $r \approx 0.50$ → efeito pequeno ou nulo;
- $r \approx 0.60-0.70$ → efeito moderado;
- $r \geq 0.80$ → efeito forte.

A vantagem do r de Kerby é sua **clareza conceitual** e **independência da distribuição dos dados**, além de possibilitar interpretação direta por educadores e pesquisadores não estatísticos.

Além da significância, foi calculado o tamanho de efeito para estimar a magnitude da mudança observada, por meio de duas métricas complementares:

a) o coeficiente de correlação r, calculado pela fórmula $r = |z| / \sqrt{N}$, $r = |z| / \sqrt{N}$, interpretado conforme as categorias propostas por Cohen (1988);

b) o coeficiente rank - biserial (r_b), definido como a diferença percentual entre as somas de postos positivos e negativos, $r_b = (T+ - T-) / [N(N+1) / 2]$, segundo (KERBY, 2014), permitindo uma leitura intuitiva do grau de separação entre as distribuições antes e depois da intervenção.

Os resultados quantitativos foram interpretados à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1968), buscando identificar indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora entre os conhecimentos prévios e os novos conceitos adquiridos durante a sequência didática, ver tabela 17.

Tabela 17: comparação entre os testes

Comparação	Vitórias	Empates	Total útil	$r = \text{vitórias}/\text{total}$	Interpretação
Pré vs. Pós	5	3	6	$5/9 = 0.56$	Moderado
Pré vs. Ret. 1	8	1	9	$8/9 = 0.89$	Forte
Pré vs. Ret. 2	8	1	9	$8/9 = 0.89$	Forte
Pós vs. Ret. 1	7	2	9	$7/9 = 0.78$	Forte

Pós vs. Ret. 2	8	1	9	8/9 = 0.89	Forte
----------------	---	---	---	------------	-------

Fonte: autoria própria (2025)

Sendo que o $r = 0.89 \rightarrow$ indica que 89% das comparações representam melhoria, evidenciando um efeito educacional expressivo e duradouro. A seguir, temos a Síntese Interpretativa entre Wilcoxon e r de Kerby, ver tabela 18.

Tabela 18: comparação entre Wilcoxon e Kerby

Comparação	z (Wilcoxon)	p	r (Kerby)	Efeito	Interpretação Educacional
Pré \rightarrow Pós	-0.31	0.293	0.56	Moderado	Aumento inicial, mas heterogêneo
Pré \rightarrow Ret. 1	-2.52	0.0078	0.89	Forte	Consolidação significativa após 4 semanas
Pré \rightarrow Ret. 2	-2.52	0.0078	0.89	Forte	Retenção sustentada após 12 semanas
Pós \rightarrow Ret. 1	-1.31	0.195	0.78	Forte	Retenção e reforço conceitual
Pós \rightarrow Ret. 2	-1.60	0.109	0.89	Forte	Consolidação de longo prazo

Fonte: autoria própria (2025)

Análise Likert

Sobre a questão 1 – Avaliação da dinâmica e metodologia da aula, temos:

- Excelente = 3 alunos (33,3%)
- Boa = 5 alunos (55,6%)
- Regular = 0
 - Precisa melhorar = 1 aluno (11,1%). Aplicando a Média ponderada, escala de 1 a 4, temos: $(3 \times 4 + 5 \times 3 + 0 \times 2 + 1 \times 1) / 9 = (12 + 15 + 0 + 1) / 9 = 28 / 9 \approx 3,11$.

Resultado: percepção positiva, boa a excelente, da metodologia, ou seja, a maioria dos estudantes avaliou a aula como “Boa” ou “Excelente”, indicando que a dinâmica e a clareza das explicações atenderam às expectativas, embora haja um pequeno indicativo de melhoria na comunicação ou ritmo para um aluno.

Sobre a questão 2 - Avaliação dos recursos utilizados, jogo, vídeos e explicações, temos que: Sim, muito = 7 alunos (77,8%); Sim, em parte = 2 alunos (22,2%); Não muito = 0. Não ajudaram = 0. Aplicando a Média ponderada, escala de 1 a 4, temos: $(7 \times 4 + 2 \times 3) / 9 = (28 + 6) / 9 = 34 / 9 \approx 3,78$

Resultado: avaliação altamente positiva dos recursos didáticos, a predominância de respostas “Sim, muito” demonstra que os alunos valorizaram fortemente a utilização dos vídeos e do jogo Aventura Cósmica, percebendo-os como facilitadores da compreensão e motivadores da aprendizagem. A percepção sobre o impacto na aprendizagem foi bastante favorável, de acordo com os índices acima. A partir da Análise de Conteúdo de Bardin, os dados quantitativos indicam duas categorias principais:

- Satisfação e engajamento metodológico - Questão 1: a maioria classificou a aula entre “boa” e “excelente”, demonstrando aceitação positiva da estratégia didática e reconhecimento da clareza conceitual;
- Eficácia dos recursos multimodais - Questão 2: os altos índices de aprovação sugerem que o uso do jogo e dos vídeos foi determinante para ampliar a compreensão conceitual e estimular a motivação.

G 5 - Taxonomia de Bloom

- Lembrar e compreender: os alunos revelaram domínio de informações básicas e capacidade de explicar conceitos com suas próprias palavras, evidenciando os primeiros níveis da taxonomia. Ao destacarem que os vídeos foram “explicativos”, “claros” e “interessantes”, os estudantes reconheceram a função didática desses recursos na organização e entendimento das ideias científicas. Exemplos disso aparecem nas falas dos alunos 1, 4, 7 e 8, que valorizam o caráter ilustrativo e a estrutura visual dos vídeos, além da clareza na exposição dos fenômenos astronômicos. Nesse nível, há o predomínio de processos cognitivos de memorização e interpretação literal, fundamentais para a construção inicial do conhecimento.
- Aplicar e analisar: a experiência com o jogo Aventura Cósmica favoreceu o uso ativo dos conceitos aprendidos, permitindo que os alunos aplicassem o conhecimento científico em um contexto lúdico e dinâmico. Durante o jogo, os estudantes precisaram comparar características de astros, interpretar dados de massa, temperatura e distância, e tomar decisões estratégicas com base nessas informações — ações que envolvem raciocínio analítico e operacionalização do conteúdo. Essa competência foi observada em alunos como 2, 3, 4, 6 e 9, que apontaram o jogo como um instrumento eficaz para compreender e relacionar grandezas físicas, desenvolvendo, assim, pensamento lógico e capacidade de

análise comparativa. Essa etapa representa uma transição cognitiva entre a compreensão teórica e a aplicação prática, na qual o conhecimento é mobilizado para resolver desafios e estabelecer conexões entre conceitos.

- Avaliar e criar: nos níveis mais elevados da taxonomia, emergem evidências de reflexão metacognitiva e reconstrução do sentido do aprendizado. O reconhecimento do papel do professor e da complementaridade entre os diferentes recursos didáticos — vídeos, explicações orais e jogo — demonstra uma postura crítica diante do processo de ensino-aprendizagem. Os alunos 2, 5 e 9, por exemplo, destacaram que “um recurso completa o outro” e que a mediação docente foi essencial para compreender e integrar os conteúdos. Tais manifestações revelam avaliação consciente dos próprios meios de aprendizagem e, em alguns casos, um movimento em direção à criação de significados pessoais, quando o estudante reorganiza o conhecimento adquirido de modo autônomo e reflexivo.