

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MARCOS ANTONIO GUIZZO

**STAR'S RESCUERS: UM JOGO DE TABULEIRO COLABORATIVO PARA O
ENSINO DA EVOLUÇÃO ESTELAR**

MEDIANEIRA

2021



STAR'S RESCUERS: UM JOGO DE TABULEIRO COLABORATIVO PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO ESTELAR

Star's Rescuers: A collaborative board game for teaching Stellar Evolution

MARCOS ANTONIO GUIZZO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jaziel Goulart Coelho

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO

MARCOS ANTONIO GUIZZO

STAR'S RESCUERS: UM JOGO DE TABULEIRO COLABORATIVO PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO ESTELAR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 05 de Novembro de 2021

Prof. Jaziel Goulart Coelho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Jose Carlos Neves de Araújo, Doutorado - INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Profa. Rita de Cássia dos Anjos, Doutorado - Universidade Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/11/2021.

MEDIANEIRA

2021

Dedico este trabalho a todos aqueles que, a despeito das circunstâncias desfavoráveis e das limitações impostas pela vida, ousam posicionar-se como forjadores de seus próprios destinos.

AGRADECIMENTOS

A Prometeu, por ter concedido à humanidade o dom da ignorância e, em seguida, o fogo até então reservado apenas aos deuses.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa de criar e coordenar o Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF).

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Medianeira, por envidar os esforços necessários à manutenção do programa.

Ao corpo docente do MNPEF polo Medianeira pela dedicação e empatia com a qual conduziram as disciplinas do programa.

Aos colegas da Turma 2019 do MNPEF polo Medianeira, pelo companheirismo construído no decorrer da jornada.

À atual direção e às equipes administrativa e pedagógica da E.E.B. João Roberto Moreira, bem como ao ex-diretor e colega Claudio Ottoni, pelo apoio nas demandas por mim apresentadas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jaziel Goulart Coelho, cuja humildade, seriedade e genuína paixão pela Astronomia serviram de inspiração ao longo deste desafio.

Aos meus pais, Selvino Vicente Guizzo e Geni Borille Guizzo (*in memoriam*), pela solidez do ambiente familiar e do padrão moral que me proporcionaram.

À Rubine, pelo apoio, compressão e oportunas contribuições a este projeto.

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

“... Então, quando eu olho para o céu à noite, eu sei que, sim, somos partes deste Universo, estamos neste Universo. Mas, talvez mais importante que esses dois fatos, é que o Universo está em nós.

Quando penso nisso, olho para cima — muitas pessoas se sentem pequenas porque elas são pequenas e o Universo é grande, mas eu me sinto grande, pois meus átomos vieram dessas estrelas. Há um nível de conectividade.

Isso é o que você realmente quer na vida: se sentir conectado, relevante, como um participante em acontecimentos e eventos ao seu redor. Isso é precisamente o que somos, simplesmente por estarmos vivos”. (TYSON, Neil DeGrasse, 2012)

RESUMO

Na presente dissertação, elaborada no contexto formativo do Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, apresentamos uma proposta para o ensino da Evolução Estelar na disciplina de Física, a qual foi concebida e aplicada junto ao 3º ano do Ensino Médio. Por ser a etapa final da educação básica, espera-se que os alunos estejam familiarizados com os conceitos essenciais de gravitação e termologia, bem como noções sobre a estrutura atômica e reações químicas, as quais são desejáveis (mas não imprescindíveis) para a apropriação das novas aprendizagens. Sob essa perspectiva, a Evolução Estelar será abordada de forma transdisciplinar, relacionando diversos conceitos de Física e demais Ciências da Natureza, servindo, nesse nível de ensino, como uma experiência introdutória os domínios da Astronomia e da Astrofísica. Este trabalho atenta às orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais para o novo Ensino Médio (2018) e está alinhado às premissas da BNCC do Ensino Médio sobre as competências e habilidades preconizadas no componente Ciências da Natureza, as quais entendemos desprestigiadas pelos atuais programas escolares. Amparados pela teoria histórico-cultural de Vygotsky, complementada pelos pressupostos do modelo de comunicação não-violenta de Marshall Rosenberg, elaboramos a unidade didática e o respectivo produto educacional, o jogo de tabuleiro “*Star’s Rescuers*”. Contemplamos os tópicos referentes à Evolução Estelar que, segundo nosso julgamento, mostraram-se mais adequados à construção das aprendizagens desejadas. O produto educacional, adotado como ferramenta didática, mostrou-se de grande valor para a compreensão da Evolução Estelar, bem como para o enriquecimento da experiência dos alunos em relação ao estudo da Física.

Palavras-chave: ensino de Física; evolução estelar; comunicação não-violenta; jogos didáticos.

ABSTRACT

In this dissertation, elaborated in the formative context of the National Professional Master's Graduate Program in Physics Teaching, we present a proposal for the teaching of Stellar Evolution in the discipline of Physics, which was conceived and applied in the 3rd year of High School. As this is the final stage of basic education, students are expected to be familiar with the essential concepts of gravitation and thermology, as well as notions about atomic structure and chemical reactions, which are desirable (but not essential) for the appropriation of new learning. From this perspective, Stellar Evolution will be approached in a transdisciplinary way, relating several concepts of Physics and other Natural Sciences, serving, at this level of education, as an introductory experience in the fields of Astronomy and Astrophysics. This work pays attention to the guidelines of the National Curriculum Guidelines for the New High School (2018) and is in line with the premises of the BNCC High School on the competences and abilities recommended in the Natural Sciences component, which we understand to be discredited by current school programs. Supported by Vygotsky's cultural-historical theory, complemented by the assumptions of Marshall Rosenberg's model of non-violent communication, we elaborated the didactic unit and the respective educational product, the board game "Star's Rescuers". We contemplated the topics related to Stellar Evolution that, in our judgment, proved to be more adequate to the construction of the desired learning. The educational product, adopted as a didactic tool, proved to be of great value for the understanding of Stellar Evolution, as well as for the enrichment of the student's experience concerning to the study of Physics.

Keywords: teaching physics; stellar evolution; non-violent communication; educational games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Berçário de estrelas na nebulosa NGC 3603.....	18
Figura 2.2 – Exemplo de diagrama H-R.....	22
Figura 2.3 – Nebulosa planetária Hélix ou NGC 7293.....	25
Figura 2.4 – Quadro-resumo da evolução estelar.....	26
Figura 2.5 – Imagem do buraco negro supermassivo M87*	27
Figura 2.6 – Modelo da estrutura solar.....	28
Figura 2.7 – Linha temporal do ciclo de vida solar.....	29
Figura 5.1 – Embalagem antiga do jogo Scotland Yard (1987).....	44
Figura 5.2 – Tabuleiro e marcadores atuais de Scotland Yard.....	45
Figura 5.3 – Verso personalizado da embalagem	49
Figura 5.4 – Frente transparente da embalagem.....	50
Figura 5.5 – Elementos do jogo dispostos sobre o tabuleiro.....	50
Figura 6.1 – Alunos organizando o início da partida.....	56
Figura 6.2 – Partida de <i>STAR'S RESCUERS</i> em andamento.....	57
Figura 8.1 – Comparação gráfica da questão 1.....	61
Figura 8.2 – Representação gráfica da questão 8.....	62
Figura 8.3 – Representação gráfica da questão 10.....	63
Figura 8.4 – Representação gráfica da questão 11.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Características do Sol.....	28
Quadro 6.1 – Expectativa de vida de uma estrela massiva.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTOS DE EVOLUÇÃO ESTELAR	15
2.1 A FORMAÇÃO DAS ESTRELAS	15
2.2 A VIDA DAS ESTRELAS	17
2.2.1 A Geração de Energia nas Estrelas	18
2.2.2 A Cor e o Brilho das estrelas	19
2.2.3 O Diagrama de Hertzsprung-Russell	20
2.3 O ESTÁGIO FINAL DA VIDA DE UMA ESTRELA	22
2.3.1 Buracos negros e suas controvérsias	25
2.4 ESTRUTURA E DESTINO DO SOL	27
2.4.1 Caracterização das camadas solares	28
3 TEORIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM	30
3.1 CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E O ENSINO DE FÍSICA.....	30
3.1.1 O Desenvolvimento e Aprendizagem de acordo com a teoria de Vygotsky	32
3.1.2 O modelo de Comunicação Não-Violenta (CNV).....	35
3.2 ADOÇÃO DE JOGOS NO ENSINO DE FÍSICA	38
4 REVISÃO DE LITERATURA	40
5 A ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	42
5.1 STAR'S RESCUERS: DO CONCEITO AO CONCRETO	42
5.1.1 Os fundamentos da jogabilidade	45
5.1.2 Sobre a confecção do produto educacional.....	47
6 A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	50
6.1 DIAGNÓSTICO DO ESPAÇO ESCOLAR	50
6.2 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	51
6.2.1 Encontro 1: Introdução à Evolução Estelar.....	51
6.2.2 Encontro 2: Energia, temperatura e luminosidade estelar	52
6.2.3 Encontro 3: O diagrama H-R e a jornada evolutiva de uma estrela	52
6.2.4 Encontro 4: Remanescentes estelares, conceito e características	53
6.2.5 Encontros 5 e 6: A aplicação de STAR'S RESCUERS	55
7 CONDUÇÃO DA PESQUISA	57
7.1 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	57
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
8.1 COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	59
8.1.1 Ponderações sobre o pré-teste	59
8.1.2 A análise do pós-teste.....	60
8.1.3 A avaliação de STAR'S RESCUERS	61
8.1.4 Reflexões sobre as evidências observacionais	64
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A – Materiais do produto educacional <i>STAR’S RESCUERS</i>	69
APÊNDICE B – Questionário utilizado no pré e pós-teste	123
APÊNDICE C – Questionário utilizado na avaliação de <i>STAR’S RESCUERS</i> ..	129

1 INTRODUÇÃO

A mitologia grega apresentou ao mundo a lenda de Ícaro, muito retratada na literatura e nas artes plásticas de diferentes estéticas e períodos históricos. Nela, conta-se que o ilustre arquiteto Dédalo e seu filho Ícaro foram aprisionados na Ilha de Creta por ordem do rei Minos. Para empreender fuga, Dédalo confeccionou enormes asas artificiais usando penas de gaivota coladas com cera, com as quais ambos voaram para fora da ilha.

Segundo a versão apresentada por Vasconcellos (1998, p. 26), reza a lenda que, antes disso, Dédalo havia orientado Ícaro a não voar próximo demais do Sol, para que a cera não derretesse e, tampouco, próximo demais do mar, pois este acabaria por umedecer as penas de suas asas. No entanto, o jovem Ícaro, fascinado pela emoção do voo e pela bela imagem do Sol, aproximou-se demais dele, causando o derretimento da cera seguido de sua queda e consequente morte por afogamento no Mar Egeu.

Inobstante à interpretação moral do mito, fica evidente que os homens, desde a antiguidade, em especial os jovens, demonstram um desejo inato de explorar o universo, uma vigorosa curiosidade pela grandiosidade e pela beleza dos astros. Assim, nesta dissertação, descreve-se uma proposta de ensino da Evolução Estelar como forma de aproveitar esse ímpeto para dele extrair o engajamento necessário ao estudo da Física. Sob a perspectiva curricular, ou seja, que atenda aos dispositivos legais vigentes, há concordância com a BNCC do Ensino Médio, área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, no que se refere à **competência específica 2** e à habilidade **EM13CNT209**, bem como às orientações da proposta curricular de Santa Catarina (2014). Tais orientações curriculares serão melhor discutidas no capítulo 4 deste tratado.

Elaborar uma proposta para o ensino de Física, considerando o atual contexto pandêmico e as restrições dele advindas, apresenta-se como um grande desafio. No entanto, as expectativas da Sociedade Brasileira de Física, são bastante claras, conforme consta na apresentação da obra de Novaes & Studart (2016, p. 5) “A proposta do MNPEF procura contribuir para essa mudança: o currículo enfatiza conteúdos de Física mais atualizados e o uso de tecnologias de informação e comunicação, mas também dá atenção a marcos históricos e epistemológicos no desenvolvimento da Física, assim como para teorias de aprendizagem”. Em virtude

disso, o presente trabalho investe-se dessa disposição a inovar, assumir os riscos do pioneirismo, com vistas a levar a prática de ensino a um patamar que cremos mais elevado.

Do ponto de vista instrucional, o cerne de nossa prática, elegemos como objetivo geral: Compreender, reconhecer e diferenciar os estágios do processo de Evolução Estelar (“ciclo de vida” das estrelas). Para isso, estruturamo-lo nos seguintes objetivos específicos: i) Compreender a relação existente entre a temperatura, a composição química, a liberação de energia e a luminosidade estelar; ii) Presumir as características de uma estrela em função de sua posição no diagrama H-R (e reciprocamente); iii) Entender o ciclo de vida de uma estrela como determinado por sua massa inicial, identificando as leis da Física associadas ao processo; iv) Conceituar e distinguir entre os objetos compactos. Ademais, assumimos um objetivo colateral: Despertar o interesse pela cultura e pela atividade técnico – científica. Os capítulos desta dissertação, cuja descrição prévia consta a seguir, retratam a persecução de tais objetivos.

Isto posto, no capítulo desta dissertação, apresenta-se de forma consolidada o *corpus* científico pertinente à Evolução Estelar que embasa o conteúdo da unidade didática. Trata-se de uma abordagem tradicional, construída a partir da literatura disponível em língua portuguesa e, cujo teor é compatível com a ementa de uma disciplina de graduação introdutória ao tema. Assim, não deve o leitor alimentar expectativas de aqui entrar em contato com fatos novos. Neste capítulo serão discutidas as principais características de cada uma das fases da Evolução Estelar, bem como a morfologia do objeto compacto dela resultante. Mostra-se, ainda, como as características estelares permitem a construção de um diagrama de *Hertzsprung-Russell*, ferramenta de excepcional importância para a sistematização do conhecimento sobre evolução estelar, no moldes como atualmente é concebida.

O terceiro capítulo desta dissertação dedica-se a esclarecer, de acordo com as decisões metodológicas assumidas, sob quais premissas pedagógicas se pretende apoiar o desenvolvimento desse trabalho. Para isso, discorreremos sobre a epistemologia do professor de Física e sua relevância na prática pedagógica, bem como traremos os elementos basilares da teoria da aprendizagem de Vygotsky e do modelo de comunicação não-violenta (CNV). Em seguida, explanaremos em que consiste o ensino por meio de jogos e de que forma os elementos trazidos à tona, até então, se articulam com esse recurso didático.

Em seguida, no quarto capítulo, esboça-se uma revisão de literatura envolvendo as orientações curriculares oficiais pertinentes ao ensino de tópicos de Astronomia e Astrofísica no ensino médio, seja área de Ciências das Natureza e suas tecnologias ou na disciplina específica de Física.

Naquilo que lhe compete, quinto capítulo ocupa-se com caracterização do produto educacional propriamente dito. **STAR'S RESCUERS** foi concebido como um jogo de tabuleiro colaborativo de investigação, baseado no binômio raciocínio/dedução, ambientado na temática da Evolução Estelar. Descreveremos os elementos constitutivos do mesmo, sua mecânica básica e demais aspectos que embasam tanto a jogabilidade quanto o potencial didático.

No sexto capítulo, exploraremos a unidade didática na qual se insere o produto educacional previamente descrito, bem como a aplicação propriamente dita. Procederemos o diagnóstico do espaço escolar, elucidando suas particularidades, bem como enumerando as atividades que integram os respectivos planos de aula. Por outro lado, deve o leitor ter em mente que **STAR'S RESCUERS** pode ser utilizado, com ou sem adaptações, em contextos, sequências didáticas e para finalidades bastante distintas daquelas aqui ilustradas.

No sétimo capítulo deste escrito, detalhamos a forma de coleta, organização e interpretação dos dados obtidos antes, durante e após a aplicação do produto educacional. Diante disso, para o oitavo capítulo estão reservadas à análise e a discussão dos resultados. Interessa-nos verificar a adequação das atividades propostas na unidade didática, assim como entender o grau de relevância do produto educacional na apropriação dos conteúdos de Evolução Estelar.

Na etapa final do presente trabalho, a saber o nono capítulo, traremos algumas reflexões gerais sobre a condução deste projeto, do atingimento dos objetivos propostos, bem como lacunas de aprendizagem e pontos sob os quais não houve o retorno esperado.

2 FUNDAMENTOS DE EVOLUÇÃO ESTELAR

A Evolução Estelar é uma das áreas de pesquisa sobre a qual se debruçam os estudiosos da Astronomia e da Astrofísica, nela são desenvolvidos modelos teóricos e computacionais para explicar os processos de origem, desenvolvimento e extinção das estrelas. Compreender os fatores presentes na Evolução Estelar extrapola o entendimento das estrelas em si, à medida que fornece importantes indícios sobre a formação e dissolução dos sistemas planetários, das galáxias e, quiçá, do próprio universo.

Em nível mais mundano, compreender a forma como as estrelas transformam e propagam energia é essencial para o desenvolvimento de projetos de engenharia que almejem a descoberta de formas mais sustentáveis de geração de eletricidade. Nossa unidade vital, o corpo humano, mesmo formado dentro de um sistema planetário, herdou dos restos solares toda a matéria da qual é formado. Cerca de 96% de nossa estrutura biológica é composta por elementos tipicamente estelares: hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e carbono.

Nesta sintética revisão serão priorizados, majoritariamente, os aspectos qualitativos e conceituais da Evolução Estelar, ponderando que uma elaboração formal mais abrangente extrapolaria o escopo de trabalho deste projeto, bem como as finalidades instrucionais para as quais a mesma se destina.

2.1 A FORMAÇÃO DAS ESTRELAS

Visíveis a olho nu apenas no céu noturno, os pontos luminosos que chamamos de estrelas são objetos astronômicos cuja definição formal é trazida de forma suficientemente completa por Kepler & Saraiva, 2014, p. 241:

Estrelas são esferas autogravitantes de gás ionizado, cuja fonte de energia é a transmutação de elementos através de reações nucleares, isto é, da fusão nuclear de hidrogênio em hélio e, posteriormente, em elementos mais pesados. As estrelas têm massas entre 0,08 e 100 vezes a massa do Sol ($M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{30}$ kg) e as estrelas normais, não colapsadas, temperaturas efetivas entre 2500 K e 30 000 K.

Isto posto, um objeto com característica tão particulares necessita de condições adequadas para se formar. Esse ambiente propício é fornecido pelas *nuvens escuras* e pelas *nuvens moleculares gigantes*, cujas massas são da ordem de mil, no caso da primeira e, maior que dez milhões de massas solares no caso da segunda. Conforme

ensina Vilas Boas, 2007 (in Capelato *et al* 2019), pág. 5-8, as nuvens escuras são identificadas visualmente como manchas escuras observadas contra o fundo brilhantes da Via Láctea, diversas delas são perceptíveis em noite de Lua Nova com céu límpido. Como é presumível, nuvens moleculares gigantes são responsáveis pela origem de estrelas de grande massa, ao passo que nuvens escuras geram estrelas de pequena massa.

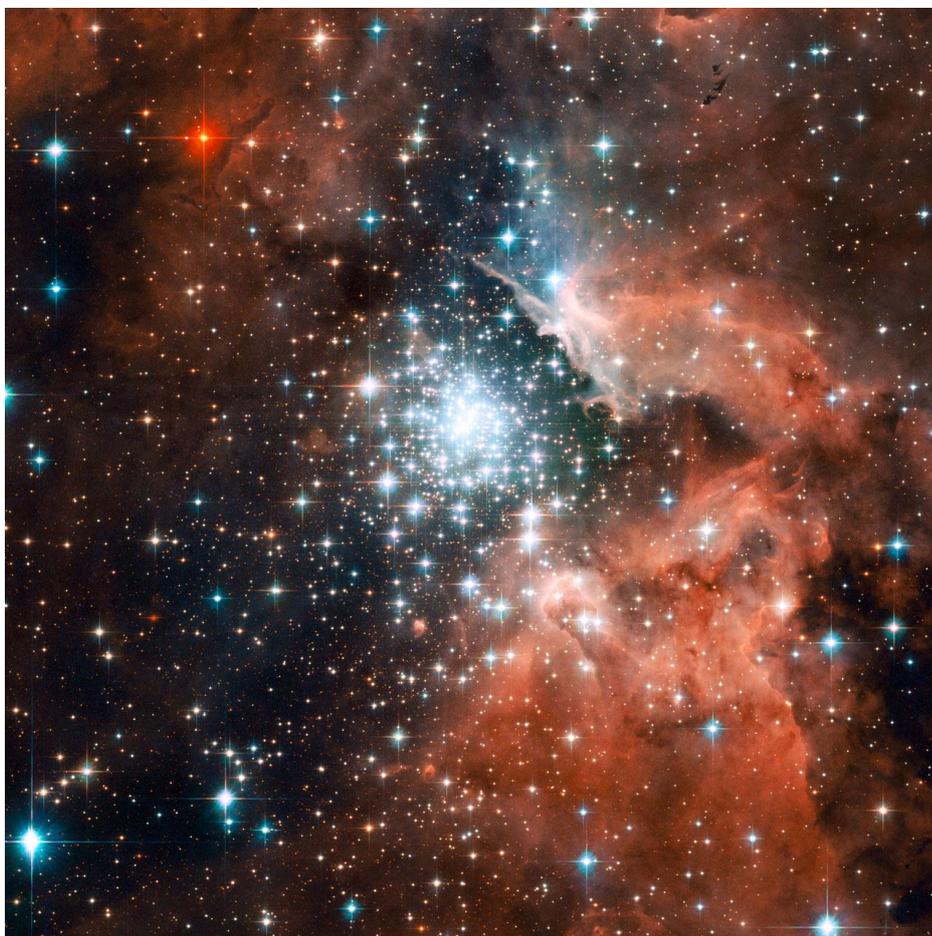
No interior da estrutura das nuvens, por diversas razões, ocorre a formação de zonas de maior densidade. Quando essas áreas mais densas colapsam (“quebram-se”) sobre si mesmas e acabam por adensar-se ainda mais, dando origem a aglomerados de matéria denominados Glóbulos de Bock. Ilustrativamente, correspondem aos “casulos” de prováveis estrelas. No interior da estrutura do Glóbulo ocorre um súbito aumento de temperatura, causado pela colisão entre as inúmeras partículas que estão em queda livre rumo ao centro do mesmo, em razão da atração gravitacional, tendência que é contrabalanceada pela repulsão eletrostática e pela pressão formada no entorno desse centro.

Nesse estado de atividade, o Glóbulo recebe o nome de **protoestrela**. A próxima etapa será determinada pela dinâmica de forças. Se a atração gravitacional e as forças de repulsão forem iguais, o Glóbulo permanecerá em equilíbrio, situação na qual recebe o nome de *anã marrom*. Se as forças de repulsão forem mais intensas, o Glóbulo se desfará. Por outro lado, caso a força gravitacional seja maior, serão desencadeadas as reações nucleares que caracterizam uma estrela jovem. Ora, como quanto maior a densidade do glóbulo maior será sua massa, e por conseguinte maior a temperatura do centro, a formação de estrelas de grande massa ocorre de forma mais rápida em relação às de menor massa.

Assim, tão logo atingida a temperatura necessária às reações nucleares, o que nessa primeira etapa corresponde à fusão do hidrogênio em hélio, a estrela jovem acaba por absorver ou dissipar os restos gasosos do Glóbulo que lhe deu origem. Estrelas de menor massa tendem a preservar entorno de si parte desse material, na forma de um disco de gás e poeira, que posteriormente pode dar origem a um sistema planetário. Como consequências de seu “nascimento”, a estrela torna-se uma relevante fonte de radiação, cujos efeitos na vizinhança podem resultar na ativação de outros Glóbulos e, posteriormente, na geração de novas estrelas. Doravante, como veremos, a tipologia e a evolução da estrela será preponderantemente determinada pela sua massa. A figura 2.1 ilustra um berçário de jovens estrelas, ao centro é

possível observar uma grande quantidade de estrelas branco-azuladas extremamente quentes e brilhantes.

Figura 2.1: Berçário de estrelas na nebulosa NGC 3603



Fonte: Astronoo.com / Hubble ESA (2013).

2.2 A VIDA DAS ESTRELAS

O tempo de vida de uma estrela é estimado por meio dos modelos da Evolução Estelar, já que a discrepância entre as escalas humanas e astronômica de tempo não permite o registro integral desse fenômeno. No entanto, como descreve Kepler & Saraiva, 2014, p. 261:

O tempo de vida de uma estrela é a razão entre a energia que ela tem disponível e a taxa com que ela gasta essa energia, ou seja, sua luminosidade. Como a luminosidade da estrela é tanto maior quanto maior é a sua massa ($L \propto M^3$), resulta que o tempo de vida é controlado pela massa da estrela: quanto mais massiva a estrela, mais rapidamente ela gasta sua energia, e menos tempo ela dura.

Aqui se faz necessário prestar dois esclarecimentos fundamentais. Em primeiro lugar, ao referir-se à luminosidade da estrela, faz-se menção à totalidade da radiação por ela emitida, em todos os comprimentos de onda, e não necessariamente ao espectro visível (o “brilho” da estrela). Depois, a energia liberada pela estrela, consiste no resultado das reações termonucleares (decaimento radioativo) em que a diferença entre a massa reagente e a massa produto é convertida em energia de acordo com a equação de Einstein $E=mc^2$.

2.2.1 A Geração de Energia nas Estrelas

A trajetória evolutiva da estrela é caracterizada por diferentes estágios, cada qual com um perfil predominante de transformação de energia. Devemos ao físico Hans Albrecht Bethe (1906 – 2005) a descrição de como a fusão nuclear se processa no meio estelar, trabalho que lhe garantiu o Nobel de Física de 1967. Nesse processo, a colisão entre núcleos de hidrogênio no interior da estrela (sua região de maior densidade), dá origem a núcleos de hélio com liberação e energia na forma de radiação eletromagnética.

A energia flui das camadas mais internas para as mais externas, sendo dissipada ao meio externo pela superfície. Conforme detalha Kepler & Saraiva, 2014, p. 286: “Sabemos, com certeza, que o Sol converte aproximadamente 600 milhões de toneladas de hidrogênio em hélio por segundo, mantendo a vida aqui na Terra.”.

Naturalmente, o estoque de hidrogênio não é infinito e, tão logo inteiramente consumido, a estrela passa a ter o hélio como novo combustível. Como veremos, a dinâmica como se dará essa transição, bem como quais as alterações morfológicas dela decorrentes, dependerão da massa original. Via de regra, após fusão do hidrogênio disponível, havendo condições, inicia-se a fusão hélio em Berílio, posteriormente em Carbono e Oxigênio. Esse processo é conhecido como nucleossíntese estelar e, a partir da fusão do hélio passa a ocorrer de forma cada vez mais rápida. Para a continuidade da fusão, a partir de elementos progressivamente mais pesados, são necessárias temperaturas e pressões cada vez mais elevadas. O estado limite é alcançado quando da fusão do Silício em Ferro, situação na qual a energia de ligação não é capaz de gerar energia para a estrela. Nesse caso, a vida da estrela chega ao seu final, conforme explica Dottori, 2009:

A abrupta interrupção de produção de energia no centro leva ao seu colapso. As camadas à volta do caroço central também caem em direção ao centro. Ao serem rebatidas para fora pelo denso e sólido caroço central, estas regiões são expelidas explosivamente a velocidades próximas à da luz. Trata-se de uma *supernova*.

A *supernova*, conforme dito, não é um objeto astronômico e sim um fenômeno “instantâneo” que marca a extinção de uma estrela de grande massa. Isso não é tudo, os restos da estrela originam um novo ente astronômico: o *remanescente estelar* ou *objeto compacto* que será melhor discutido na seção 2.3.

2.2.2 A Cor e o Brilho das estrelas

Sem dúvida, grande parte do fascínio humano em relação às estrelas advém da observação das diferentes cores e intensidades luminosas com as quais se manifestam. Essa particularidade é melhor explicada por Silva, 2016, p. 90, que aponta:

Há duas propriedades das estrelas que são de interesse imediato: a sua cor e o seu brilho. A cor de uma estrela é determinada pela *temperatura* em que se encontra a sua superfície, enquanto que o seu brilho é determinado pela *quantidade de luz que ela irradia por segundo*, através de toda a sua superfície.

Essa propriedade esclarece o fato de que estrelas gigantes vermelhas, a despeito de suas temperaturas superficiais relativamente baixas, serem brilhantes. Inversamente, anãs brancas possuem altas temperaturas superficiais e, dado serem comparativamente pequenas, são praticamente invisíveis a olho nu. A coloração estelar, formada por emissões na faixa visível do espectro eletromagnético, em ordem crescente de temperatura, varia do vermelho escuro ao branco azulado. A luminosidade estelar (indicada por L ou L_{\odot}) é expressa como múltiplo da luminosidade solar, cujo valor aproximado é de $L_{\odot} = 3,8 \times 10^{26}$ watts. Logo, dizer que *Pólux* da constelação de Gêmeos tem luminosidade de $43 L_{\odot}$ significa afirmar que ela irradia energia equivalente a 43 vezes aquela emitida pelo Sol.

Assim sendo, o brilho estelar fornece indicativos sobre as dimensões e a provável massa da estrela, ao passo que a coloração revela em qual estágio de seu ciclo de vida ela se encontra. As classificações estelares atualmente utilizadas levam em consideração esses dois aspectos, sendo fundamentais para a sistematização dos processos da Evolução Estelar.

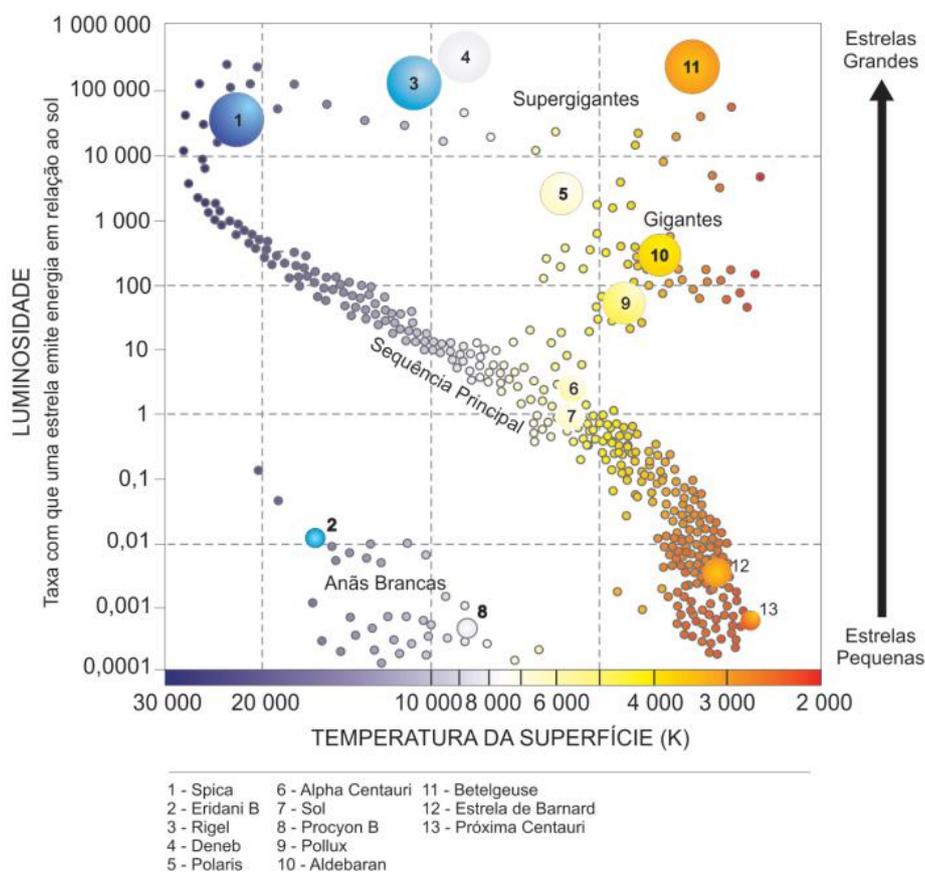
2.2.3 O Diagrama de Hertzsprung-Russell

O diagrama de Hertzsprung-Russell, ou simplesmente **H-R**, consiste em uma representação gráfica na qual se expressa a relação existente entre a luminosidade (eixo das ordenadas – em L_{\odot}) e a temperatura superficial (eixo das abcissas – em K), de um conjunto arbitrário de estrelas. Por conveniência, o eixo horizontal (das temperaturas) apresenta orientação decrescente. Esse diagrama, de acordo com Kepler & Saraiva, 2014, p. 241, foi desenvolvido de forma independentemente pelo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967), em 1911, e pelo americano Henry Norris Russell (1877-1957), em 1913.

A figura 2.2 apresenta um exemplo de diagrama H-R, representando a disposição de conjunto de estrelas, em razão de suas características astronômicas. Na porção inferior esquerda do diagrama estão localizadas estrelas quentes e pouco luminosas, na superior esquerda vê-se estrelas quentes e muito luminosas. Por outro lado, tem-se estrelas frias e pouco luminosas na porção inferior direita e estrelas frias e muito luminosas na superior esquerda. A faixa diagonal, que será melhor caracterizadas adiante, apresenta-se como uma zona de transição para as quatro tipologias descritas.

Curiosamente, em sua abordagem, Hertzsprung descobriu que estrelas da mesma cor podiam ser divididas entre luminosas, que ele chamou de *gigantes*, e estrelas de baixa luminosidade, que ele chamou de *anãs*. Russel usou uma ideia análoga, mas, agora considerando as dimensões e a temperatura de estrelas conhecidas.

Figura 2.2: Exemplo de diagrama H-R



Fonte: Kepler & Saraiva (2014, p. 242)

A despeito de as estrelas serem artisticamente grafadas e/ou coloridas, o diagrama não pode ser confundido com um mapa celeste e qualquer analogia deve ser evitada. O diagrama H-R permite, em termos comparativos, quantificar os elementos estruturais, bem como identificar o estágio evolucionário de uma estrela específica daquela amostragem.

Com efeito, a observação da figura 2.2, ou de qualquer outro diagrama H-R tomado ao acaso, percebe-se que a distribuição das estrelas não é homogênea e tampouco aleatória. Fica evidente a presença de áreas de concentração. Constata-se que a grande parte das estrelas se concentra ao longo de uma linha diagonal que ocupa do extremo superior esquerdo (estrelas quentes e luminosas) ao extremo inferior direito (estrelas frias e pouco luminosas). Essa área “nobre” é chamada de **Sequência Principal**.

A posição ocupada por uma estrela ao longo da Sequência Principal é determinada pela sua massa. Estrelas de pequena massa (anãs) são frias e pouco luminosas, inversamente, estrelas de grande massa (gigantes) são quentes e muito

luminosas. Por convenção, de acordo Arany-Prado (2017, p. 103), adotou-se que as estrelas anãs apresentam luminosidade V, ao passo que às supergigantes atribuiu-se luminosidade I. Como já dito, a cor depende da temperatura superficial do astro cuja sua extensão vai da branca azulada (até 30 000 K) à vermelha (cerca de 3 500 K).

Fora da Sequência Principal há duas áreas de interesse: aquela localizada no canto superior direito, formada por estrelas frias e muito luminosas chamadas de gigantes vermelhas e, outra situada no canto inferior esquerdo, composto por estrelas quentes e pouco luminosas, denominadas anãs brancas. A Sequência Principal é composta por estrelas cuja fonte primária de energia é a fusão de hidrogênio em hélio. De acordo com esse modelo, toda estrela nasce na Sequência Principal e tem sua jornada evolutiva delineada a partir dela. Essa sucessão é descrita por Arany-Prado, 2017, p. 126:

Enquanto podemos associar a sequência principal ao *local* no qual as estrelas queimam o hidrogênio, podemos associar a região das gigantes com o local onde as estrelas queimam o hélio, produzindo carbono e, também, oxigênio. Ainda, podemos associar algumas supergigantes com a queima do carbono, produzindo, principalmente, o neônio e o magnésio e, também, com a queima do oxigênio, produzindo, principalmente, o silício e o enxofre.

Deste modo, tão logo esgotem-se as reservas de hidrogênio inicia-se a fusão do hélio, situação na qual a estrela sai da Sequência Principal. Caso sua massa situe-se entre 0,08 e 0,45 M_{\odot} ele tornar-se-á em uma anã branca com núcleo de hélio, migrando para o canto inferior esquerdo do diagrama H-R. Estrelas com massa superior a 0,45 M_{\odot} expandem suas superfícies tornando-se gigantes (supergigantes para as mais massivas) vermelhas, passando a integrar o grupo situado na região superior direita do diagrama.

2.3 O ESTÁGIO FINAL DA VIDA DE UMA ESTRELA

Já temos por estabelecido que a extinção de uma estrela se dá com o esgotamento de seu combustível nuclear, ou seja, os elementos passíveis de fusão nuclear exotérmica. Também adiantamos que o tempo de vida e a dinâmica com a qual se dará a extinção guarda relação com a massa da estrela. Portanto, nesta seção discutiremos as condições e o produto final da morte de uma estrela, com sua consequente exclusão do diagrama H-R.

Há certo consenso na literatura de que, salvo as ainda não totalmente compreendidas possíveis estrelas “exóticas” ou às raras supernovas de carbono-oxigênio, o produto final da evolução estelar (remanescente estelar) será um objeto compacto: uma anã branca, uma estrela de nêutrons ou um buraco negro.

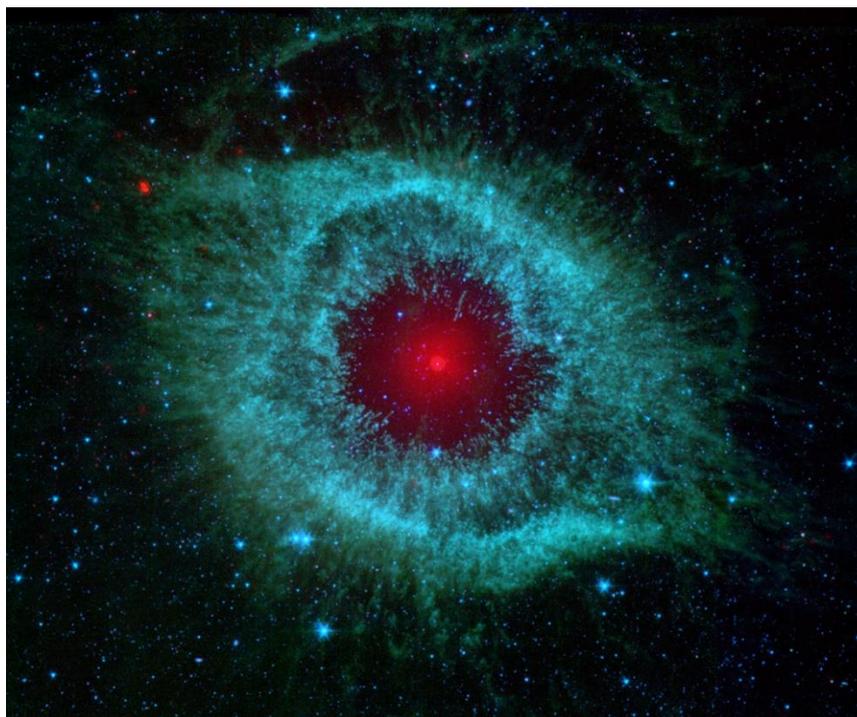
Para as estrelas que já saíram da sequência principal na condição de anãs brancas, cuja massa originária era inferior a $0,45 M_{\odot}$, sua gravidade é pequena para gerar pressões e temperaturas suficientes para fundir o hélio elementos mais pesados. Desta forma, a expectativa é que elas brilhem por milhões de anos até se apagarem lentamente.

Estrelas cuja massa originária é maior que $0,45 M_{\odot}$ e menor que $8 M_{\odot}$ sairão da Sequência Principal na condição de gigantes vermelhas. Conforme descrito na seção 2.2.1, a fusão dos elementos mais pesados ocorrerá até a situação limite na qual ocorre a formação de um núcleo de carbono. Nessas condições não há pressões e temperatura o bastante para fundir carbono, fazendo com que o invólucro (“casca”) desse núcleo seja liberada para meio interestelar. Como resultado dessa fragmentação das camadas externas, formar-se-á um disco de matéria residual entorno da região que abrigava o antigo núcleo, a *Nebulosa Planetária*.

Segundo Arany-Prado (2017, p. 113), “O limite de massa para as estrelas que terminam suas vidas na forma de nebulosas planetárias é de $8 M_{\odot}$ ”. A região central da nebulosa conterá, então, uma anã branca com massa máxima de $0,6 M_{\odot}$ e raio da ordem de 10 000 km. Na figura 2.3 tem-se o detalhamento do aspecto de uma nebulosa planetária.

Para um estrela de massa inicial entre 8 e $20 M_{\odot}$, uma supergigante, a fusão nuclear do carbono não apenas é possível, mas, também, progride para elementos mais pesados, chegando ao ferro. Conforme descreve Arany-Prado (2017, p. 130), nesse ponto haverá a implosão das camadas externas da estrela (*supernova*) de modo que núcleo original será substituído por uma estrela de nêutrons, cuja massa terá entre 1,4 e $3 M_{\odot}$, com temperatura superficial superior a 10^6 K, acondicionada em um raio de aproximadamente 20 km.

Figura 2.3: Nebulosa planetária Hélix ou NGC 7293



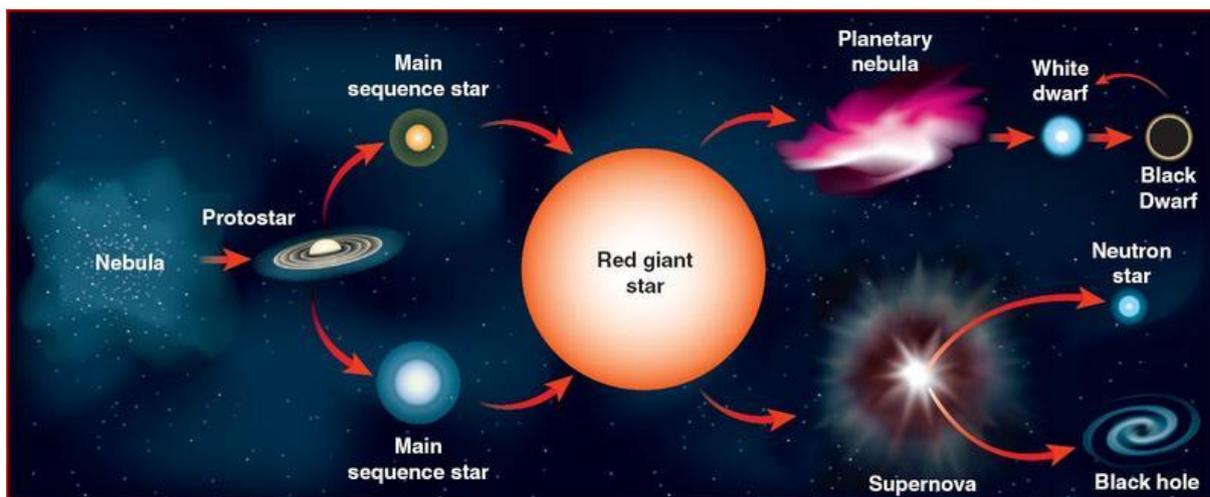
Fonte: Astronoo.com /Spitzer ST (2013)

No caso de uma estrela de massa original entre 20 e 100 M_{\odot} , dissipada a supernova, restará um buraco negro com massa de até 6 M_{\odot} e horizonte de eventos estimado em 18 km. O raio do horizonte de eventos delimita a distância da qual, conforme Marranghello (2014, p. 28), nem a mesmo a luz escapa.

A existência de um buraco negro é a manifestação do máximo efeito da força gravitacional sobre a matéria, ao ponto de o considerarmos como um objeto de densidade infinita e cujos constituintes não podem mais ser descritos pelas atuais leis da Física. Além disso, evidências observacionais indicam que qualquer porção de matéria próxima o suficiente de um buraco negro, formará um *disco de acreção* em torno dele, de forma que essas partículas circundantes se tornem tão comprimidas e quentes que emitirão radiação eletromagnética da forma de raios X.

A trajetória evolutiva de uma estrela, de forma bastante sintética (sem perspectiva temporal), está ilustrada na figura 2.4 a qual mostra os distintos estágios do processo.

Figura 2.4: Quadro-resumo da evolução estelar



Fonte: socratic.org (2016)

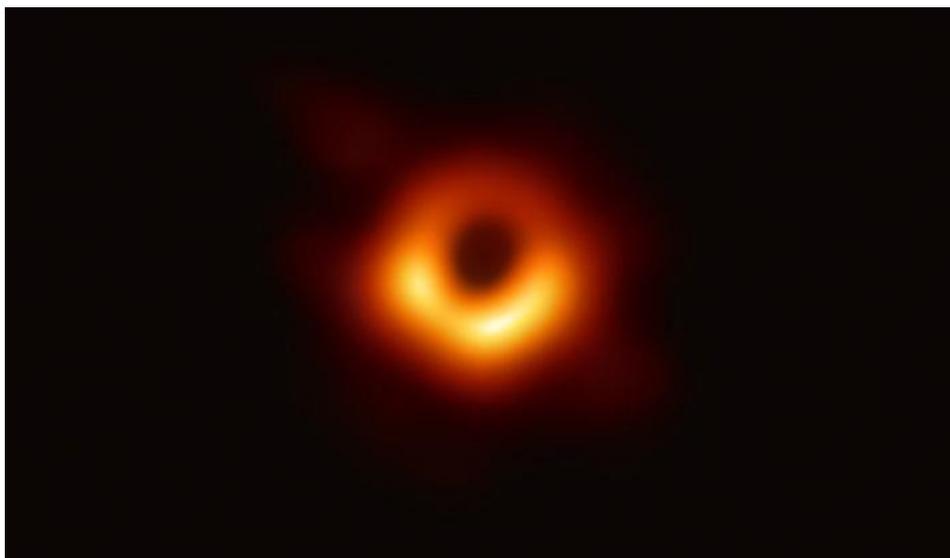
2.3.1 Buracos negros e suas controvérsias

A obtenção da primeira imagem associada a um buraco negro (figura 2.5), é a do objeto **M87*** localizado na galáxia Messier 87, registrada pelo projeto *Event Horizon Telescope*, foi um dos fatos científicos mais memoráveis do ano 2019. No entanto, há que se esclarecer que aquele objeto é um buraco negro supermassivo, assim entendido aquele que possui milhões (e até bilhões) de vezes a massa solar e, por isso, não são resultado da evolução de uma estrela, mas, a partir do colapso de enormes nuvens de gás quando o universo era mais jovem e denso. Os buracos negros resultantes da morte de uma estrela são comumente chamados de buracos negros de massa estelar. Sobre a grande repercussão midiática, comenta D'Amico (in Capelato *et al*, 2019, p. 7-17):

Os buracos negros são, com certeza, os objetos astrofísicos que mais fascinam o público leigo em Astrofísica. São objetos que cativam a curiosidade e a imaginação de todos que, um dia, ouviram falar de uma *estrela* tão densa que não deixa nem a luz escapar do seu potente campo gravitacional.

A imaginação popular é alimentada em razão de não haver qualquer consenso sobre o comportamento das leis da Física no “interior” do buraco negro ou dos processos que ocorrem com a matéria por ele absorvida.

Figura 2.5: Imagem do buraco negro supermassivo M87*.



Fonte: natgeo.pt / EHT Collaboration (2019)

O ponto controverso na divulgação da imagem acima, é no sentido de que ela não é a imagem do buraco negro, mas, a do seu disco de acreção. O objeto astronômico em si, por sua natureza, não reflete nem emite radiação, fato que impede a obtenção de sua imagem direta. A respeito disso, esclarece Marranghello, 2014, p. 28:

Buracos negros não possuem uma superfície, em seu lugar aparece o que chamamos de horizonte de eventos. Como já indica o nome, este horizonte define a região a partir de onde não recebemos mais informação do que ocorre em seu interior. Como não podemos ver um buraco negro diretamente, deve-se inferir sua existência indiretamente. Uma forma de fazer isto é estudando o movimento de planetas, estrelas e galáxias que possam estar orbitando ao seu redor. Outra forma bastante interessante de descobrir um buraco negro é feita ao observar matéria que possa estar caindo em sua direção (antes do horizonte de eventos) devido à proximidade de uma estrela e, esta sim, emitindo radiação em diferentes regiões do espectro.

O horizonte de eventos, acima referido, é definido como a distância de proximidade na qual nenhum objeto escapa à atração gravitacional do buraco negro. Conforme explica Arany-Prado (2017, p. 131): “Para um buraco negro sem rotação, o raio de Schwarzschild estabelece sua fronteira, denominada *horizonte de eventos*. Eventos que ocorrem dentro deste limite não podem ser observados de fora do buraco negro.” O raio de Schwarzschild (r) é dado por: $r = \frac{2GM}{c^2}$. Onde M é massa do objeto, G é a constante gravitacional e c é a velocidade da luz no vácuo.

2.4 ESTRUTURA E DESTINO DO SOL

É uma prática consagrada, senão canônica, que todo tratado sobre Evolução Estelar inicie com uma pormenorizada descrição do Sol. Tal posição é justificável, afinal, trata-se da estrela sobre a qual há mais conhecimento acumulado. O Sol é o centro geométrico e gravitacional do sistema solar, bem como a fonte de energia que torna a vida possível no planeta Terra. Além disso, os dados astronômicos solares servem de valor base para diversas unidades astrofísicas utilizadas no presente. Abaixo seguem as principais medidas astronômicas solares:

Quadro 2.1: Características do Sol.

Massa	$1,989 \times 10^{30}$ kg
Raio Equatorial	695.500 km
Raio Médio	109 raios terrestres
Densidade Média	1410 kg/m ³
Densidade Central	160000 kg/m ³
Período de Rotação Equatorial*	26,8 dias
Velocidade de Escape na “Superfície”	617,7 km/s
Distância Média à Terra	149,6 milhões de km
Luminosidade	$3,86 \times 10^{26}$ W
Temperatura Média na Superfície	5780 K
Idade	$4,6 \times 10^9$ anos
Tipo espectral	G2V
Magnitude visual	-26,74
Magnitude absoluta	+4,83 (5ª. magnitude)
Distância ao centro galáctico	~ 30000 anos-luz
Velocidade orbital	250 km/s
Período orbital	250×10^6 anos
Aceleração gravitacional (“superfície”)	274 m/s ²

* O Sol apresenta rotação diferencial, isto é, o período de rotação depende da latitude.

Nas regiões polares, a rotação dura cerca de 32 dias.

Fonte: Capelato (2019, p. 4-12)

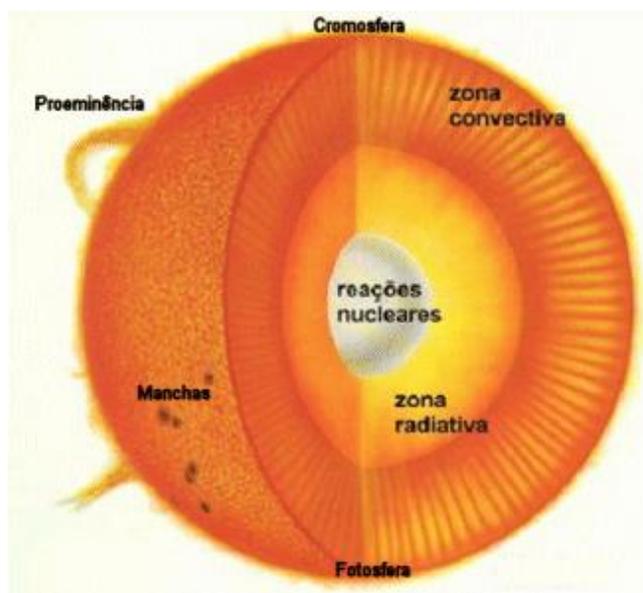
Desconsiderando sua relevância local, o Sol é uma estrela anã da sequência principal (classe espectral G2V), uma tipologia estelar que, além de possuir uma composição físico-química simples, é bastante comum na Via Láctea. Do ponto de vista astrofísico, não há nada de especial nele. Entretanto, a compreensão da estrutura e da dinâmica solar subsidiaram as bases teóricas iniciais para a interpretação dos demais objetos estelares.

2.4.1 Caracterização das camadas solares

O **núcleo** solar é sua região mais densa, nele ocorrem as reações termonucleares e sua temperatura é estimada em 15 milhões de kelvin. Logo acima está a **zona radiativa**, a qual, segundo Kepler & Saraiva, 2019, a energia gerada no núcleo flui por radiação, não havendo movimentação de gases nesta camada, apenas de fótons. Acima da zona radiativa está a **zona convectiva**, na qual ocorre a interação mecânica entre os gases constituintes. Sobre a zona convectiva está a **fotosfera**, que é a camada visível do Sol, assumida como sua superfície, cuja espessura é superior a 300 km. Um modelo para a estrutura solar consta na figura 2.6 abaixo.

Logo acima da fotosfera encontra-se a **cromosfera**, de coloração avermelhada e cuja extensão é de até 10 mil km acima da mesma. Envolvendo a cromosfera, prolongando-se por até dois raios solares sem ter uma limite físico bem definido, está a **coroa** solar cuja temperatura por chegar a 1 milhão de kelvin. A observação da cromosfera e da coroa ficam prejudicadas à medida que são ofuscadas pela fotosfera, exceto na ocorrência de um eclipse total do Sol, quando tem suas imagens registradas.

Figura 2.6: Modelo da estrutura solar



Fonte: Kepler & Saraiva (2019)

Conforme o estabelecido na seção 2.3, considerando que o Sol é uma estrela de baixa massa, dentro de 5 bilhões de anos seu percurso evolutivo passará pelo estágio de gigante vermelha, cuja dissolução se dará na forma de uma nebulosa

planetária. O objeto compacto resultante será uma anã branca e, como tal, destinada a esfriar lentamente ao longo dos bilhões de anos seguintes. A figura 2.7, a seguir, ilustra a evolução solar de acordo com os modelos correntes.

Figura 2.7: Linha temporal do ciclo de vida solar



Fonte: wikipedia.org/wiki/Sol (2011)

3 TEORIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

3.1 CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E O ENSINO DE FÍSICA

Caracterizar o perfil do professor de Física brasileiro seria uma tarefa trabalhosa, controversa e, além do mais, traria resultados de utilidade bastante questionável. Oriundos das mais variadas formações acadêmicas, detentores de trajetórias profissionais e ambientes de atuação bastante distintos, eleger um elemento de convergência mais assertivo que “ministram aulas de Física na educação básica” é pouco viável, tornando a formação continuada desses profissionais um desafio. Os indicadores de adequação da formação docente no Estado de Santa Catarina (2020) mostram que 64,8 % dos professores possuem formação adequada, assim entendida à aquela composta por graduação em licenciatura plena ou o bacharelado acompanhado de formação pedagógica na disciplina específica na qual atuam. O relatório não fornece dados específicos por disciplina, entretanto, é de público e notório conhecimento que a disciplina de Física possui um dos menores coeficientes de adequação deste universo.

Existe, como ocorre com a maioria dos profissionais atuantes no ensino de ciências, uma expectativa de que o professor de Física possua uma afinidade (ao menos afetiva) visceral com esse domínio do conhecimento e, que esta seja anterior à formação inicial. Verdadeira ou não, a referida expectativa sustenta a crença de que o professor de Física assume a sala de aula com um conjunto bem definido de premissas pedagógicas. Em geral, tais premissas não possuem registro formal e, tampouco, estão articuladas em um discurso coeso.

Cada profissional, ainda que de modo não estruturado, sustenta convicções particulares sobre: “o que é” a Física, qual sua relevância social, qual a função da escola, em que consiste seu papel de professor, quem é o aluno, quais são os objetos de conhecimento (conteúdos) e como ensiná-los. Além disso, nesse escopo, incluem-se noções elementares do que é e como ocorre a aprendizagem, quais recursos didáticos utilizar, o que e de que modo avaliar, ideias gerais sobre o que é válido no seu universo de atuação. Esse conjunto de parâmetros prévios, isto é, de premissas, constitui a *Concepção Pedagógica* do professor. Uma descrição mais esclarecedora do que seja concepção pedagógica é dada por Libâneo, 1985, p. 3:

A prática escolar assim, tem atrás de si condicionantes sociopolíticos que configuram diferentes concepções de homem e de sociedade e, conseqüentemente, diferentes pressupostos sobre o papel da escola, aprendizagem, relações professor-aluno, técnicas pedagógicas etc. Fica claro que o modo como os professores realizam seu trabalho, selecionam e organizam o conteúdo das matérias, ou escolhem técnicas de ensino e avaliação tem a ver com pressupostos teórico-metodológicos, explícita ou implicitamente.

O autor supracitado promove uma discussão bastante abrangente sobre as concepções pedagógicas, estimulando a reflexão do docente sobre o tema. Assim, resta evidente que, há mais fatores de influência sobre a prática em sala de aula que aqueles registrados às pressas no plano de aula semanal. Há aqui uma sutil provocação, no sentido de que as concepções, ou melhor, os pressupostos do professor são escolhas, são decisões por ele assumidas, as quais servirão de parâmetro para novas decisões e assim progressivamente.

Então, ainda que professor em tempo algum de sua trajetória laboral, tenha dedicado tempo a refletir, a escrever ou a discutir seriamente o tema, ele possui uma concepção pedagógica. Ela está implícita em sua visão de mundo. Por outro lado, ao tratá-la de modo superficial, ignorando sua relevância, o mesmo incorre no risco de assumir posturas pedagógicas incoerentes e contraditórias ou, pior, simplesmente replicar inconscientemente a concepção hegemônica, a da “moda”. Sobre isso, acrescenta Libâneo, 1985, p. 03:

Uma boa parte dos professores, provavelmente a maioria, baseia sua prática em prescrições pedagógicas que viraram senso comum, incorporadas quando de sua passagem pela escola ou transmitidas pelos colegas mais velhos; entretanto, essa prática contém pressupostos teóricos implícitos.

Cabe lembrar que o professor não é o consumidor final de seu trabalho, está a serviço de terceiros, de modo que há uma expectativa da comunidade escolar referente ao seu desempenho. Esse conjunto de expectativas, ao menos formalmente, integra o Projeto Político Pedagógico (PPP) e o Currículo/Programa da instituição de ensino. Com isso em mente, ao elaborar seu planejamento periódico, cabe ao professor promover a conciliação (a “*articulação*”) entre suas concepções pedagógicas e as expectativas escolares, no sentido de que sua prática em sala de aula privilegie a aprendizagem.

Assentadas as bases, assumimos nesse trabalho, uma concepção epistemológica de Física que pouco tem a haver com a descrição formal de uma ciência que busca a compreensão das leis da natureza ou formas de, com isso,

maximizar nossa qualidade vida. Outrossim, a Física é fruto do inegável ímpeto humano por transcender os limites de sua diminuta percepção sensorial. É uma pura manifestação de que somos investigadores, exploradores, curiosos por excelência, sempre desejosos por expandir nossos horizontes para todos os universos possíveis e imagináveis e, quem sabe, encontrar a nós mesmos em algum deles.

Assim sendo, concebemos uma proposta de ensino de Física que, embora alinhada com os documentos normativos oficiais, fomente o encantamento, a descoberta, a construção de situações mobilizadoras nas quais os objetos de conhecimento da Física sejam efetivamente vivenciados pelos alunos. Vislumbramos que tais experiências possam trazer impactos positivos que extrapolem os limites da sala de aula.

3.1.1 O Desenvolvimento e Aprendizagem de acordo com a teoria de Vygotsky

Dentre os inúmeros pensadores que se propuseram a investigar o processo de aprendizagem, ou seja os mecanismos pelos quais os seres humanos se apropriam do conhecimento, destaca-se o psicólogo bielorrusso de origem judaica Lev Semyonovic Vygotsky (1896 – 1934), cujo sobrenome foi por ele alterado para Vygotsky, com o qual é mundialmente conhecido. Graduado em Direito pela Universidade de Moscou (1918), Vygotsky sempre demonstrou ávido interesse pela Filosofia, História, Letras e Artes (conforme Valsiner & Van der Veer, 1998, p. 20) e, posteriormente, tornou-se um dos precursores da psicologia contemporânea da aprendizagem.

A abordagem de Vygotsky inova em relação aos antecessores pelo fato de, embora não menosprezar os fatores biológicos, assumir que o desenvolvimento cognitivo é fundamentalmente construído na interação social do indivíduo com seu meio social (ambiente histórico-cultural). Essa abordagem, em alguns casos, também é referida como socioconstrutivismo ou sociointeracionismo. Assim, para Vygotsky e seus seguidores, é a *atividade* do indivíduo sobre o meio, e do meio sobre ele, que constitui a força motriz do desenvolvimento intelectual, bem como a progressiva construção de conhecimentos inerente à aprendizagem.

É justamente nessa interação do indivíduo com seu universo histórico-cultural que ele, gradativamente, afasta-se das formas inferiores de pensamento e comportamento (típico dos animais) dirigindo-se às formas superiores (tipicamente

humanas). Vygotsky assume como formas superiores de pensamento, também chamadas de funções psicológicas superiores, aquelas que envolvam o pensamento consciente, a memória, a atenção dirigida, e os mecanismos mais sofisticados de abstração, como o uso da linguagem. De forma genérica, pode-se interpretar a distinção entre as duas formas de pensamento (ou comportamento) aquele existente entre o voluntário e o instintivo, no qual o primeiro é notadamente “superior”. Para migrar de uma forma à outra, o indivíduo serve-se de *instrumentos*, conforme ensina Queiroz, 2016, p. 29:

Em sua teoria, é dado destaque às possibilidades do indivíduo a partir do ambiente em que vive e que dizem respeito ao acesso que o ser humano tem a “instrumentos” físicos (objetos) e simbólicos (valores, crenças, cultura, conhecimentos) desenvolvidos em gerações anteriores.

Pelo emprego dos *instrumentos* é que o ser atua sobre o meio, o experimenta, vivencia, de modo a captar seus elementos concretos da realidade e *internalizá-los*, ou *interiorizá-los*, ambos sinônimos que indicam a construção de uma representação intelectual abstrata (generalizada) dos mesmos. Neste sentido, o pensamento e a linguagem trabalham cooperativamente para construir a internalização e, posteriormente, dar um novo significado a ação do sujeito sobre o meio.

Isto posto, os conceitos centrais da teoria histórico-cultural de Vygotsky são as Zonas ou Níveis de desenvolvimento, a saber:

- **Zona ou Nível de Desenvolvimento Real (NDR):** Representa o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes já internalizadas pelo sujeito, as quais ele consegue desenvolver ou utilizar voluntariamente, de forma autônoma, isto é, sem o auxílio de terceiros;
- **Zona ou Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP):** Refere-se aquele corpo de conhecimentos, habilidades e atitudes que ainda não foram apreendidas (internalizadas) pelo sujeito, mas, considerando o seu **Nível de Desenvolvimento Real** sobre aquela atividade ou categoria de objetos conceituais, presume-se ser possível, ou seja, vislumbram-se condições de que o mesmo as apreenda. Nesse nível,

as habilidades podem ser desenvolvidas com auxílio ou orientação, isto é, com apoio de um indivíduo mais experiente.

- **Zona ou Nível de Desenvolvimento Proximal (ZDP):** É o estágio intermediário entre o potencial e o real, compreende os saberes, conhecimentos, habilidades e atitudes não internalizadas pelo sujeito, mas, que estando em sua **Zona de Desenvolvimento Potencial**, pela intervenção de um *mediador*, são passíveis de alcançarem a **Zona de Desenvolvimento Real**.

Outra forma de se referir à ZDP é resgatada por Rosso & Souza, 2011:

A zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real, constituído por funções já consolidadas pelo sujeito, que lhe permitem realizar tarefas com autonomia, e o nível de desenvolvimento potencial, caracterizado pelas funções que, segundo Vygotsky, estariam em estágio embrionário e não amadurecidas.

A ZDP é um conceito chave na psicologia de Vygotsky, principalmente por introduzir o conceito de *mediação*. Acrescentam Rosso & Souza, 2011, p.4:

Vygotsky desenvolveu o conceito de zona de desenvolvimento proximal para discutir e explicar a relação existente entre desenvolvimento e aprendizagem. Para ele, as situações de aprendizagem vividas pelo sujeito e mediadas por sujeitos mais experientes geram mudanças qualitativas e impulsionam o processo de desenvolvimento do indivíduo.

Assim, a *mediação* caracteriza-se como um processo dinâmico no qual um terceiro, o *mediador*, interage com o sujeito no sentido de auxiliar à aprendizagem, permitindo a transição do Nível de Desenvolvimento Potencial para o Real. A condição, implícita, é de que o *mediador* detenha as aptidões (experiência, conhecimentos, habilidades, atitudes, etc.) necessárias para conduzir o processo.

Desta forma, nesta perspectiva de desenvolvimento e aprendizagem, o espaço de atuação do professor (entendido como *mediador*) está situado na ZDP, já que não é finalidade do processo educativo tergiversar indefinidamente sobre aquilo que o indivíduo já domina (NDR), tampouco fornecer-lhe auxílio permanente (NDP). Deve-se contemplar o NDR e NDP, respectivamente, como limites superior e inferior sob os quais o professor deve intervir, de modo que, atuando na ZDP, seu NDP seja convertido em NDR e o ciclo virtuoso de ampliação e consolidação de saberes se perpetue.

O papel de *mediador* não é exclusivo. Em sociedade, todos os indivíduos interagem diariamente com inúmeros mediadores, em diversas circunstâncias, e sob distintas formas de comunicação. O mesmo ocorre no ambiente escolar, no qual há incontáveis interações. Contudo, cabe ao professor, no exercício de sua função pedagógica, liderar o processo de *mediação* em sala de aula, usando-se dos diversos instrumentos, ferramentas e estratégias de intervenção das quais dispuser.

Os subsídios fornecidos pela teoria histórico-cultural, principalmente no que tange ao conceito das zonas de desenvolvimento, permitem que o profissional da educação repense sua prática pedagógica, em particular no que se refere ao planejamento da atuação mediadora. É mister que o professor, ao iniciar sua unidade temática, identifique os respectivos NDR e NDP de seus respectivos alunos, com vistas a decidir com propriedade os objetos de conhecimento, atividades e estratégias de mediação que sejam mais adequadas para promover a apropriação das competências e habilidades alvejadas.

3.1.2 O modelo de Comunicação Não-Violenta (CNV)

Conforme estabelecido na teoria histórico-cultural, a *mediação* é a atividade interativa na qual há a possibilidade de que os saberes até então emergentes no NDP sejam elaborados para comporem o NDR. Para que a *mediação* se concretize é fundamental que o professor se comunique com o aluno de forma efetiva, favorecendo a troca de significados inerente à aprendizagem. Embora ainda não tenha tradição no meio acadêmico, o modelo de Comunicação Não-Violenta (CNV), mostra-se como um arsenal teórico promissor para fins de ressignificar o processo de comunicação em sala de aula.

O processo da CNV foi desenvolvido e disseminado pelo Dr. Marshall Rosenberg (1934-2015), psicólogo clínico norte-americano que obteve seu doutorado pela universidade de Wisconsin em 1961. Dr. Rosenberg trabalhou e estudou com o eminente psicólogo Carl Rogers (1902-1987) nessa mesma universidade, tendo dedicado os 40 últimos anos de sua vida na divulgação de seu método de comunicação e na solução de conflitos internacionais. Atualmente, seus “discípulos” continuam a divulgar e promover às práticas da CNV em diversos países.

O enfoque principal da CNV é propiciar um ambiente de comunicação empático, favorável à conciliação e a solução pacífica de conflitos, independente da

natureza dos mesmos. Para o Dr. Rosenberg, o padrão de comunicação utilizado pelos indivíduos (consigo próprio e para com os demais) é impregnado de juízos valorativos, exigências, ameaças e coerção. A vergonha, a culpa, os comentários depreciativos e a manipulação são usados como recursos para se mobilizar (controlar) os pares. Trata-se de um modelo de comunicação violento, no qual a ação ou a omissão dos indivíduos é motivada pelo medo das represálias ou pelo desejo de recompensas. Comunicar-se dessa maneira transforma a existência humana em um desgastante e contínuo ato de “negociação”. É um modelo de interação social insustentável, já que seus participantes estão constantemente em conflito consigo mesmos e com os outros, ferindo-se mutuamente e competindo para satisfazer suas necessidades. Em seu processo de CNV, Rosenberg (2006, p. 12) apresenta aquilo que ele define como “*quatro componentes da CNV*”, são etapas que podem ser descritas conforme segue:

- 1. Observação:** Consiste na atitude de observar as atitudes, comportamentos, fatos e circunstâncias sem fazer nenhum julgamento ou avaliação, apenas busca-se identificar quais elementos captados “agradam” ou “desagradam” ao observador. Prima-se pela objetividade da descrição.
- 2. Sentimentos:** É o ato de identificar quais os sentimentos são evocados no observador em função das observações “agradáveis” e “desagradáveis” que ele experimentou.
- 3. Necessidades:** Consiste em associar cada sentimento identificado, na etapa anterior, a uma necessidade não atendida. Naturalmente, um sentimento positivo estará associado a uma necessidade satisfeita, e, inversamente, um sentimento negativo a uma necessidade não atendida.
- 4. Pedido:** É a etapa na qual o indivíduo, honesta e objetivamente, descreve a experiência observada, seus sentimentos em relação a ela, assim como a necessidade não atendida, seguida do pedido específico que atenderá essa necessidade.

Esse fluxo de comunicação, estrutural na *CNV*, adota como premissa fundamental a ideia de que os grupos humanos sobreviveram, evoluíram e se desenvolveram em termos civilizatórios de forma colaborativa. Diante disso, postula-se que é natural à condição humana auxiliar e solicitar o auxílio de seus semelhantes, visando o atendimento às necessidades individuais ou coletivas (“necessidades universais”).

Nessa metodologia as posturas dogmáticas e moralistas devem ser afastadas, priorizam-se os fatos e suas conexões objetivas em detrimento aos juízos de valor. Retira-se da comunicação o “certo” e o “errado” o “bom” e o “mau”. Neste ponto, um questionamento padrão seria: Tudo bem, mas, a unidade de medida utilizada pelo aluno não pode estar “errada”? No contexto da *CNV*, não! Se a unidade de medida apresentada na resposta for diferente daquela prescrita no SI, o argumento simplesmente não é a resposta da questão. O conhecimento científico possui um critério objetivo de validação. Simples assim.

Sobre os sentimentos, o que educação tem a ver com sentimentos? Tudo! Os mecanismos psicológicos associados à afetividade e à percepção sentimental foram (e são) estruturas cruciais para a sobrevivência da espécie humana, são esquemas adaptativos que não podem ser desprezados. Sentimentos negativos (medo, raiva, indiferença, etc.) indicam ao sistema nervoso situações de ameaça, desconforto ou perigo, induzindo o indivíduo a um estado de alerta incompatível com a aprendizagem.

No que se refere à última etapa, os “pedidos”, mostra-se como alternativa às exigências, cobranças e chantagens cuja efetividade se enfraquece ao longo do ano letivo. Todo sistema baseado em “autoridade” entra em crise rapidamente. Assemelha-se a um remédio de efeito limitado, para que seja eficaz as doses devem ser aumentadas continuamente: punições cada vez mais severas e recompensas progressivamente mais atrativas. É uma aposta que a escola não consegue bancar, por isso há a necessidade de “empurrar” os alunos “indisciplinados” para fora do sistema e, com isso, renovar o “estoque” com indivíduos não iniciados nessa expertise.

Desde modo, com a gradativa adoção de práticas de *CNV* vislumbra-se o aprimoramento das interações aluno-aluno e professor-aluno, estabelecendo um ambiente em que a *mediação* ocorra de modo mais fluido.

A tarefa docente contempla (mas não se limita) o planejamento, a execução das situações didáticas, respectiva condução e avaliação dos processos de ensino-

aprendizagem. Em face disso, todo e qualquer recurso que promova a melhoria dos processos de comunicação em sala de aula é uma contribuição positiva à conquista dos objetivos instrucionais. É nessa perspectiva que a *CNV*, em todo seu teor, pode ser incorporada aos pressupostos da prática docente.

3.2 ADOÇÃO DE JOGOS NO ENSINO DE FÍSICA

A utilização de jogos como recurso didático ganhou bastante ênfase na última década, principalmente com a expansão dos jogos para smartphones. Os milhares de aplicativos disponíveis acrescentam um grau de interatividade nunca antes proporcionado pelas mídias eletrônicas. Os jogos podem ser utilizados de diversas formas e em diferentes momentos, seja para simplesmente instigar a curiosidade sobre um assunto, ou até mesmo para fins de efetivar uma avaliação ou retomada de conteúdo. Nesse sentido, os jogos devem ser entendidos como mais uma ferramenta disponível para enriquecer o processo de mediação, caso em que os meios devem ajustar-se aos fins e não o contrário.

O valor formativo dos jogos é melhor descrito por Ribeiro, 2012, p. 22:

Em contraposição a um modelo de escola que privilegia atividades repetitivas e rotineiras sem qualquer estímulo à criação e a investigação, um trabalho com jogos pode representar a mudança para uma nova configuração escolar, voltada ao desenvolvimento de sujeitos críticos, criativos, reflexivos, inventivos, entusiastas, num exercício permanente de promoção da autonomia.

Nessa perspectiva, reconhecemos nos jogos analógicos, por sua maior acessibilidade e por favorecer à interação aluno-aluno, uma melhor adequação à realidade escolar. Ademais, para o desenvolvimento das habilidades elencadas pela Dr.^a Ribeiro, pressupomos que o jogo de regras é o mais proveitoso para tal. Nisso também concorda Brenelli, 1996, p. 98 (*apud* Ribeiro, 2012, p. 24), a qual acrescenta que “... os jogos de regras exigem que sejam construídos procedimentos e compreendidas as relações que levam ao sucesso ou ao fracasso, ou seja, o êxito no jogo depende da compreensão do mesmo”. Deste modo, entendemos que os conceitos físicos cuja internalização se pretenda mediar devem estar infundidos nas regras do jogo, de forma que a familiaridade (ou a familiarização no decorrer do mesmo) sejam decisivos na definição do vencedor.

Naturalmente, toda ferramenta mal empregada produz resultado ineficaz, os jogos não são exceção. O que se deseja é, a partir de um jogo criteriosamente

escolhido ou desenvolvido pelo professor, haja uma portentosa experiência de aprendizado de Física, ao que nos alerta Ribeiro, 2012, p. 20:

Naturalmente, para a concretização dessa ideia, é necessário um estudo minucioso que se pretende propor ao alunos, bem como as estratégias que serão adotadas. Esse fator é considerado fundamental para que o uso do jogo não se reduza a uma mera atividade desconectada do processo de ensino-aprendizagem, caracterizada como uma “apêndice” em sala de aula ou mesmo como resultado de um modismo.

Essa orientação, bem oportuna, chama a atenção para que o professor não se deixe enganar pelo entusiasmo com o qual os alunos recebem e operacionalizam os jogos. Há que se verificar em que contexto tal recurso surtirá os melhores resultados, bem como o processo de avaliação mais indicado para medir quais aprendizagens foram efetivamente facilitadas pela atividade mediadora.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A presente proposta didática tem como alvo o 3º ano ensino médio, a última etapa da educação básica, razão pela qual é necessário ter clareza sobre os direitos de aprendizagem para ela previstos, de forma a compreender se e como os conceitos de Evolução Estelar podem nela se inserir. Por isso, uma consulta aos documentos curriculares oficiais se faz necessária.

Sobre os temas que devem ser contemplados nas áreas do conhecimento trabalhadas no ensino médio, o art. 12º, inciso II da Resolução nº 3 de 21 de novembro de 2018, que atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, assim descreve:

III - ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em **astronomia**, metrologia, física geral, clássica, molecular, quântica e mecânica, instrumentação, ótica, acústica, química dos produtos naturais, análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, microbiologia, imunologia e parasitologia, ecologia, nutrição, zoologia, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino.

O texto legal acima faz menção direta à Astronomia (grifo nosso) como um dos objetos de conhecimento que deve ser contemplado nos currículos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Prevê-se que, em breve, não mais haja a tradicional separação em disciplinas (Física, Química e Biologia), no entanto, dentro da compartimentalização curricular vigente, a Física é que apresenta maior sinergia conceitual com tópicos de Astronomia.

Em concordância com as citadas diretrizes, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), estabelece competências e habilidades relacionadas aos domínios conceituais da Astronomia. Neste documento consta a competência específica 2, da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias (2018, p. 553), que faz referência a “realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo” que não é adequadamente desenvolvida sem a base científica propiciada pela Astronomia.

No que se refere às habilidades, a BNCC (2018, p. 557) aquelas que guardam maior relação com a aprendizagem de Astronomia são as seguintes:

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(**EM13CNT209**) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(**EM13CNT303**) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

A habilidade **EM13CNT209** elencada acima, alude explicitamente a processos decorrentes da Evolução estelar. Isto posto, há elementos categóricos para sustentar que a aplicação da proposta didática sugerida neste trabalho está em conformidade com as Diretrizes Curriculares Nacionais e com a BNCC do Ensino Médio. Ademais, por força de lei, as instituições de educação básica não podem negligenciar às orientações da BNCC, sob risco de estarem negando aos alunos direitos legítimos de aprendizagem.

As recomendações da BNCC do Ensino Médio ainda não foram formalmente incorporadas pelo Estado de Santa Catarina em um documento curricular próprio. A redação de tal dispositivo está em vias de conclusão. No entanto, o dispositivo vigente (Santa Catarina, 2014, p. 164) já fornece todo o respaldo necessário para uma proposta de ensino de Evolução Estelar no ensino médio, pois, sobre o ensino de Física afirma:

A amplitude das questões que mobilizam a Física é quase ilimitada em sua variedade e no âmbito em que se situam: Qual a origem do universo? Como ele é composto? O que caracteriza os estados físicos da matéria? Do que ela é constituída? Qual a relação entre matéria e energia? Quais os tipos de energia? O sol é fonte inesgotável de energia?

Enfim, o documento curricular encoraja a uma abordagem mais ampla e sistêmica do ensino de Física, compatível com o aqui fomentado.

Em consulta ao repositório de dissertações da Sociedade Brasileira de Física – SBF, atualmente com 589 trabalhos, bem como ao acervo da Revista Brasileira de Ensino de Física – RBEF (<https://www.scielo.br/j/rbef/>), não foram localizadas propostas de ensino da Evolução Estelar em moldes aqui apresentados. A absoluta maioria dos *papers* propunha sequências didáticas envolvendo o ensino de Astronomia sob uma aspecto mais geral, dando prioridade ao uso de ferramentas digitais.

5 A ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 STAR'S RESCUERS: DO CONCEITO AO CONCRETO

STAR'S RESCUERS (“*Resgatadores de Estrelas*” em tradução livre) é um jogo cooperativo multijogador baseado nas habilidades de raciocínio, memória, dedução e argumentação, desenvolvido exclusivamente como material de apoio didático ao ensino dos conceitos da Evolução Estelar. Ele foi concebido dentro da temática dos jogos de investigação, na qual os jogadores transitam por um *mapa* (tabuleiro) a procura de *pistas* que, quando tomadas em conjunto e adequadamente relacionadas, permitem a resolução das questões em aberto propostas pelo caso. As mecânicas de jogo nele presente são: narração de histórias, rolagem de dados, movimento, compilação de registros, dedução e argumentação.

O enredo proposto atribui aos jogadores o papel de jovens astrofísicos (“investigadores”), contratados *ad hoc* para recuperar e sistematizar dados sobre estrelas específicas, os quais foram acidentalmente dispersos durante a mudança de endereço do fictício instituto de pesquisas espaciais *João Evangelista Steiner*¹. Assim, a equipe deve dividir-se para percorrer os diversos setores do centro de pesquisas, ler e interpretar as pistas, bem como realizar reuniões de integração, com o intuito de chegar a um consenso sobre a solução do caso escolhido.

O término da partida se dá com a revelação da solução correta, hipótese na qual os jogadores saíram-se vencedores ou, quando esgotam-se os pontos de confiança da equipe para com o diretor, situação em que todos perdem. A condição de vitória da equipe depende da habilidade dos jogadores em associar as informações fornecidas pelas pistas com seus conhecimentos sobre o ciclo de vida das estrelas, de modo a produzir um argumento concordante com a solução do caso.

A descrição detalhada das regras, bem como da jogabilidade, consta no Guia do Jogador. De semelhante forma, orientações indicativas ao professor foram abordadas no Guia do Professor, ambos documentos disponíveis no apêndice A deste volume. Um significativo número de horas foi dedicado à definição das regras, de modo que fossem razoáveis e consistentes com a proposta do jogo, algo que não o

¹ Nome atribuído em homenagem ao célebre astrofísico catarinense João Evangelista Steiner (1950 -2020), professor do Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), o qual ocupou vários cargos de relevância para a expansão da Astronomia no Brasil.

isenta de lapsos. Eventuais omissões ou dúvidas decorrentes da customização das regras podem ser deliberadas de comum acordo entre os jogadores, sob a supervisão do professor.

A principal fonte de inspiração para **STAR'S RESCUERS** veio do clássico jogo de tabuleiro *221B Baker Street: The Master Detective Game*, originalmente produzido pela editora *Antler Productions* no ano de 1975. O jogo, bem como suas posteriores atualizações, é comercializado internacionalmente desde 1977. A autoria é atribuída ao designer e escritor norte americano *Jay Moriarty* cujo nome é, provavelmente, um pseudônimo. O título faz uma alusão direta ao endereço de Sherlock Holmes, o mais célebre detetive da literatura mundial. Em *221B Baker Street* os jogadores assumem o papel de Sherlock Holmes e seu fiel assistente Dr. Watson, visitando diversos locais (14 ao todo) da cidade de Londres do final do século XIX, coletando pistas e desvendando crimes compatíveis com imaginário da época. O número de casos disponíveis varia conforme a versão, o conjunto inicial possuía 20 casos e, com as sucessivas expansões, chegou a um total de 200.

A edição brasileira de *221B Baker Street*, totalmente traduzida para a língua portuguesa, é publicada e vendida pela empresa *Grow Jogos e Brinquedos* desde 1981. Excepcionalmente no Brasil, o jogo é distribuído sob o nome de *Scotland Yard* e, atualmente, possui três versões disponíveis: *Scotland Yard* (120 casos, do original), *Scotland Yard* (60 casos selecionados) e *Scotland Yard Máquina do Tempo* (40 casos inéditos, lançamento de 2016). A primeira delas, apesar de facilmente encontrada em lojas on-line, não é mais produzida. Todas as versões são competitivas (PvP) e indicadas para grupos de 2 a 6 jogadores. A restrição de idade é a partir de 10 anos para as duas primeiras e 14 anos para a terceira.

Figura 5.1: Embalagem antiga do jogo Scotland Yard (1987)



Fonte: Ludopédia (2021)

O tempo estimado de jogo é de 90 minutos para *Scotland Yard* e 50 minutos para *Scotland Yard Máquina do Tempo*. Naturalmente essa duração é apenas indicativa e varia muito em função da experiência e do nível de habilidade dos participantes. As versões brasileiras sempre tiveram qualidade gráfica (impressão e acabamento) modesta, principalmente as mais recentes. A versão “de luxo” ou “para colecionadores” de *221B Baker Street* não foi lançada no Brasil nem há perspectiva de que o seja.

Figura 5.2: Tabuleiro e marcadores atuais de *Scotland Yard*



Fonte: Ludopédia / Omar Khayam (2021)

Segundo a narrativa presente nos manuais de *Scotland Yard* a intenção do criador, Jay Moriarty, era produzir “um jogo de detetive” mais desafiador e interessante do que aqueles que jogava com os amigos quando criança. Para ele, os casos deveriam ter um enredo mais elaborado e não limitar os jogadores à mera descoberta do autor do crime. Nisso, certamente, ele foi muito bem sucedido. Por outro lado, a edição brasileira, comercialmente direcionada aos adolescentes de 12 a 14 anos, teve problemas iniciais de aceitação.

O tamanho dos textos na descrição dos casos, as charadas presentes em algumas das pistas e, talvez, a falta de referências advindas da literatura, conduziram a uma falsa reputação de complexidade ao jogo. Conforme relatos da época, a medida

que o tempo transcorria e nenhum dos jogadores chegava a uma conclusão, o jogo competitivo tornava-se cooperativo: os detetives frustrados (coletivamente) passavam a discutir o teor de suas anotações para deduzir às respostas exigidas para a solução do caso.

Mesmo considerando as discrepâncias e inovações implementadas, **STAR'S RESCUERS** esmerou-se em incorporar a essência de *Scotland Yard*, a saber, uma mecânica de jogo simples e intuitiva, atrelada a casos intrincados, com grande apelo literário e apreço pelo raciocínio dedutivo. Características que, do ponto de vista deste projeto, são essenciais a um jogo que possua pretensões didáticas.

5.1.1 Os fundamentos da jogabilidade

Para jogos que adotam uma perspectiva multijogador, cada partida é estruturada em três etapas bem definidas: o pré-jogo, o jogo e o pós-jogo. A primeira é marcada por procedimentos de organização, aí compreendidos o esclarecimento das regras e a distribuição de papéis/funções. Na segunda etapa - o jogo - há a efetiva aplicação das regras, com a realização das ações nelas previstas, as quais devem ser suficientes e consistentes (válidas) para a concretização das condições de vitória previamente conhecidas por todos os jogadores. Já na última etapa, o pós-jogo, deve-se realizar uma avaliação da experiência de jogo, em geral subjetiva e informal, materializada com uma rápida reflexão sobre o resultado final da partida como decorrência da assertividade (ou não) das decisões e ações realizadas em jogo. Há consenso de essa última etapa é primordial para a evolução das habilidades individuais de cada jogador. Após a conclusão das três etapas, havendo interesse e disponibilidade, o ciclo reinicia dando origem à uma nova partida.

Outra característica marcante, embora menos explícita que a anterior, é a de que jogos multijogador possuem ao menos um instrumento para o controle disciplinar dos jogadores, ou seja, algo similar a um “código de ética” que serve como parâmetro individual e coletivo de conduta. Algumas modalidades on-line possuem, também, instâncias disciplinares e aplicam punições a jogadores que manifestem comportamento contrário ao decoro da comunidade, medidas classificadas como combate à “toxicidade”.

Em um jogo colaborativo, um instrumento desta natureza é essencial, não apenas como regra de etiqueta, mas, também para que não haja burla às regras. No

exemplar aqui desenvolvido essa necessidade é sanada, de forma não diretiva, pelo Código de Comunicação Não-Violenta dos **STAR'S RESCUERS**. O código não estabelece punições, ao contrário, fornece indicações de como proceder para que a comunicação entre os jogadores seja empática e facilite os diálogos necessários ao atingimento dos objetivos da equipe.

Resta evidente que, do ponto de vista operacional, a principal diferença entre um jogo eletrônico e um analógico está na gestão dos processos de jogo, os quais são automatizados no primeiro caso e subordinados à intervenção humana no segundo. Ao invés de apenas reagir à inteligência artificial (ou ser por ela conduzido), em uma plataforma não digital a interação entre os jogadores é fundamental para a construção da experiência. Por esta razão, os jogos analógicos demandam mais atenção, estimulam uma quantidade maior de funções cognitivas e habilidades sociais de seus participantes.

STAR'S RESCUERS, que não possui quaisquer aspirações comerciais, não está comprometido com a “*rejongabilidade*”, assim entendidos os requisitos que fazem com que o jogador queira jogá-lo mais de uma vez ou por um tempo prolongado. Por isso, o número inicial de casos ficou restrito a cinco, entendendo-os como suficientes para os fins didáticos por ele almejados.

Embora aceitando as limitações impostas pelo contexto didático, ao longo da pesquisa formou-se a plena convicção de que é impossível ao ser humano ficar indiferente ao jogo. Essa premissa é reforçada pela temática de investigação/dedução, a qual induz, ainda que de forma sutil, a representação de papéis e a vivência de situações extravagantes ao cotidiano dos alunos. O jogo transcende a realidade. Esse aspecto é bastante reforçado por Huizinga, 2000, p. 13, “Dentro do círculo do jogo, as leis e costumes da vida quotidiana perdem validade. Somos diferentes e fazemos coisas diferentes.”. Sobre a representação de papéis, inerentes ao ato de jogar, Huizinga, 2000, p. 14, enfatiza:

A criança representa alguma coisa diferente, ou mais bela, ou mais nobre, ou mais perigosa do que habitualmente é. Finge ser um príncipe, um papai, uma bruxa malvada ou um tigre. A criança fica literalmente "transportada" de prazer, superando-se a si mesma a tal ponto que quase chega a acreditar que realmente é esta ou aquela coisa, sem contudo perder inteiramente o sentido da "realidade habitual". Mais do que uma realidade falsa, sua representação é a realização de uma aparência: é "imaginação", no sentido original do termo.

Convém ressaltar que as citadas habilidades de abstrair, representar e imaginar fazem parte das funções mentais superiores definidas por Vygotsky em sua teoria de desenvolvimento e aprendizagem.

5.1.2 Sobre a confecção do produto educacional

A intenção de desenvolver um jogo didático como produto educacional, no qual figurassem os pressupostos da *CNV*, é anterior ao ingresso no MNPEF. Vontade esta que foi formalmente expressa no memorial descritivo de admissão ao programa (Edital 001/2018). No decorrer do curso, as experiências oportunizadas pelas disciplinas curriculares, bem como os diálogos mantidos com o orientador, favoreceram ao amadurecimento desta proposta.

O desenvolvimento do produto educacional, iniciado há cerca de um ano, teve como primeiro ato a confecção de um esboço descrevendo as premissas do enredo e da mecânica de jogo. O desafio inicial era estabelecer quais elementos garantiriam a aderência entre o plano de ensino, isto é, os objetivos instrucionais, e uma jogabilidade fluida. Superada essa primeira etapa, passou-se à definição e à produção dos componentes do jogo, que deveriam ser facilmente reproduzíveis por qualquer interessado.

Todas as artes aplicadas aos componentes de **STAR'S RESCUERS** foram produzidas pelo autor utilizando os recursos gratuitos de um editor gráfico convencional. De igual modo, as imagens vetorizadas nele presentes são de livre utilização para finalidades não comerciais, como é o caso. As imagens utilizadas nos crachás são das franquias “Scooby-Doo e sua Turma” e “Jimmy Nêutron: O Menino Gênio” as quais são protegidas por direitos autorais, no entanto, estão liberadas (acreditadas) para fins educativos mediante o uso em baixa resolução. Já as pastas de acondicionamento, peões e dados de seis lados, foram adquiridos em uma loja de departamentos. Componentes básicos para jogos são itens comuns, encontrados em qualquer papelaria de médio porte.

Os manuais, isto é, os guias destinados aos jogadores e ao professor, foram os primeiros documentos redigidos. Em seguida, passou-se ao design do tabuleiro e suas subdivisões. O caminho crítico consistiu na redação dos casos, com suas respectivas artes, aí inclusas a seleção das pistas e a compilação das respostas. Certamente a etapa mais trabalhosa em termos de pesquisa, criação e manipulação

gráfica. A edição do bloco de anotações e, posteriormente, do código de comunicação não-violenta foram as etapas finais da concepção.

Estando as artes “prontas”, as mesmas foram encaminhadas para impressão em uma pequena gráfica local, sendo que esta última também ficou responsável pela fixação dos adesivos que personalizam a embalagem. Foram utilizados papéis de média gramatura e alta qualidade de impressão. A produção, em sua íntegra, deu-se às expensas do autor, o qual não recebeu bolsa ao longo do programa, tampouco auxílio financeiro direto de qualquer instituição pública ou privada. Assim, o padrão de qualidade dos oito sets produzidos (figuras 5.3 a 5.5 abaixo), dos quais seis foram doados à escola de aplicação, adequaram-se às possibilidades orçamentárias impostas pelo contexto.

Figura 5.3: Verso personalizado da embalagem



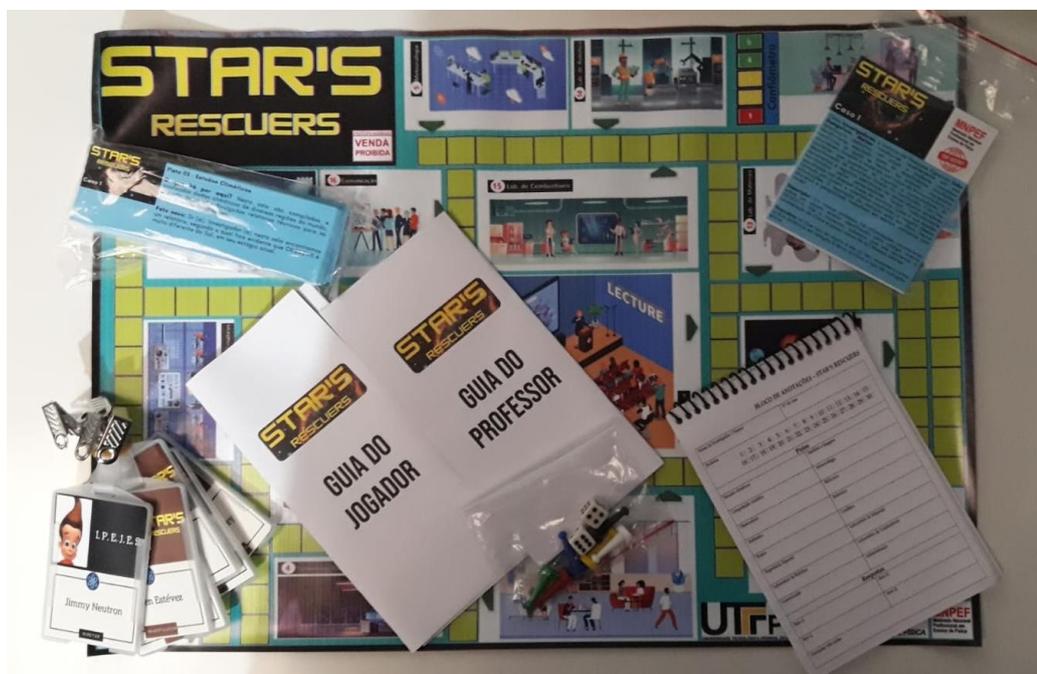
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5.4: Frente transparente da embalagem



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5.5: Elementos do jogo dispostos sobre o tabuleiro



Fonte: Autoria própria (2021)

6 A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação do produto educacional, conforme descrito na presente seção, reflete o conjunto de decisões metodológicas assumidas pelo autor. Elas levaram em conta os objetivos instrucionais bem como a interpretação da realidade e do ambiente no qual se deu a prática. No entanto, partindo de uma reflexão semelhante, **STAR'S RESCUERS** pode ser utilizado, a critério do professor que o adotar, em contextos e para finalidades bastante diferentes daquelas aqui relatadas.

Os maiores desafios inerentes à aplicação do produto educacional estiveram intimamente relacionados ao cenário pandêmico. A prática teve que adequar-se às medidas sanitárias previstas na portaria conjunta SES/SED/DC (SC) nº 476 de 06/05/2021 a qual, dentre outras providências, estipulou novas rotinas para as turmas e regras para a manutenção do distanciamento social entre os estudantes. Ainda assim, optou-se por não fazer concessões que descaracterizassem o conceito inicial do projeto: ele foi aplicado junto aos alunos e de forma presencial, respeitando as normas sanitárias vigentes.

Ao longo das aulas, em distintos momentos didáticos, as apresentações disponibilizadas pelo projeto Alquimia Cósmica (Brito, 2018) favoreceram à abordagem, especialmente em razão de seus recursos visuais diversificados. Além disso, quando da indicação dos documentários on-line, os alunos foram veementemente instruídos a ignorar “mentalmente” os adjetivos exagerados e antropomorfizados presentes na narração. Termos que fazem alusão a emoções e sentimentos humanos devem ser desconsiderados na interpretação da Astrofísica estelar, sob risco de perda da objetividade preconizada pela abordagem científica, bem como da indução de estados emocionais incompatíveis com a aprendizagem.

6.1 DIAGNÓSTICO DO ESPAÇO ESCOLAR

A escola selecionada para a aplicação do produto educacional é uma instituição pública estadual de educação básica, localizada no município de São Domingos, região geográfica imediata de Xanxerê, no extremo oeste do Estado de Santa Catarina. Segundo dados oficiais (Censo/IBGE, 2010), a população estimada da cidade é de 9 476 habitantes, 70% do quais residente na área urbana, com IDH de 0,765.

A instituição de ensino, atualmente, possui 28 turmas desde o Ensino Fundamental I (matutino e vespertino), Ensino Fundamental II (matutino e vespertino) até o Ensino Médio (matutino, vespertino e noturno), atendendo a cerca de 700 alunos da comunidade local.

A turma selecionada para a aplicação do produto educacional é a 3ª série 1 do Ensino Médio Inovador (internamente “3º EMI”), cuja grade de tempo integral encontra sua terminalidade no corrente ano de 2021. A escolha da referida turma, além da afinidade, deu-se em razão de ser única do Ensino Médio na qual a quantidade de matriculados (14) dispensou a necessidade do rodízio de frequência entre os estudantes. Assim, a continuidade unidade de ensino poderia ser priorizada.

6.2 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como já explicitado, o produto educacional **STAR’S RESCUERS** foi desenvolvido de forma a privilegiar a atividade mediadora direcionada à aprendizagem dos conceitos introdutórios da Evolução Estelar, mas, a sequência didática no qual ele será inserido é uma opção particular de cada professor. O roteiro a seguir descrito esboça o percurso empreendido pelo autor, não tendo a pretensão de qualificá-lo como o único nem como o melhor a ser replicado.

A sequência didática foi estruturada em seis encontros presenciais, os quatro primeiros compostos por uma hora-aula de 45 minutos e, os dois últimos, por duas aulas consecutivas, totalizando 90 minutos. O pleito pelas duas aulas consecutivas deu-se no sentido de nelas realizar a aplicação do jogo. Com o objetivo de otimizar as interações presenciais, houve a indicação de textos e/ou documentários introdutórios, os quais deveriam ser previamente explorados pelos alunos.

6.2.1 Encontro 1: Introdução à Evolução Estelar

O primeiro encontro, em razão do regramento sanitário vigente à época, foi realizado de forma on-line. Esta primeira aula sobre o tema foi dedicada às explanações introdutórias sobre a Evolução Estelar. Utilizando do método expositivo dialogado, partiu-se do conhecimento histórico que alunos possuem sobre a astronomia dos povos da antiguidade e, como este conhecimento influenciava nas decisões daquelas civilizações, para estabelecer uma diferenciação entre a

Astronomia e a Astrofísica. Em seguida, deu-se a discussão dos fundamentos que sustentam o estudo da Evolução Estelar e evidenciam sua relevância científica. A situação didática seguinte envolveu a realização de um *pré-teste* por meio da ferramenta Google formulários, findo o qual os alunos foram instados a visualizar (fora do horário de aula) o documentário on-line “Viagem ao Sol” (Discovery Science, 2017), como requisito prévio ao andamento do próximo encontro.

6.2.2 Encontro 2: Energia, temperatura e luminosidade estelar

O segundo encontro teve como ponto de partida um breve comentário aos alunos sobre o *pré-teste* por eles realizado na aula anterior. A seguir, realizou-se o resgate, por meio de questionamentos, dos aspectos centrais do documentário “Viagem ao Sol”. Tais procedimentos serviram de base para a conceituação formal de estrela, bem como da descrição dos processos químicos (fusão nuclear) responsáveis tanto pela energia estelar quanto pelo equilíbrio de forças que as mantêm estáveis. A etapa seguinte foi dedicada a uma descrição introdutória à espectroscopia, que estabelece a correspondência entre as propriedades da radiação emitida por um corpo aquecido e sua composição química. Posteriormente, descreveu-se a relação entre a temperatura superficial e a coloração estelar, bem como a classificação espectral das estrelas com base nessa métrica. A atividade de encerramento, consistiu na orientação para que os alunos visualizassem o documentário on-line “Como funciona o universo: estrelas” (Discovery, 2010), e a partir dele, estabelecer um roteiro mental do ciclo de vida de uma estrela.

6.2.3 Encontro 3: O diagrama H-R e a jornada evolutiva de uma estrela

Este terceiro encontro marca o ápice conceitual da unidade didática, isto por que aborda os conceitos fundamentais para o estabelecimento da teoria da Evolução Estelar, o diagrama de Hertzsprung-Russell dentre eles. A atividade inicial desta aula foi marcada pela exploração dos aplicativos para smartphone *Sky Map* e *Star Walk 2*, ambos destinados à visualização dinâmica do mapa celeste. Após testar as funções básicas, os alunos foram convidados a percorrer a trajetória aparente do Sol (eclíptica) atentando para os nomes das constelações e suas estrelas de maior destaque. No momento seguinte fez-se à retomada dos conceitos inerentes à classe espectral das

estrelas, usando-os como ponto de partida para apresentar o diagrama H-R. Procedeu-se um breve relato histórico sobre o diagrama H-R, seguido de sua estrutura (Temperatura superficial x Luminosidade) e zonas de aglutinação, com maior ênfase à sequência principal e suas “rotas de saída”. Posteriormente, a partir de oportunas contribuições dos alunos, passou-se à descrição da trajetória evolutiva de uma estrela a partir do nascimento até a condição de remanescente estelar. Uma importante questão levantada foi sobre a expectativa de vida da estrela em cada etapa evolutiva, a qual foi respondida com base no quadro abaixo:

Quadro 6.1: Expectativa de vida de uma estrela massiva.

Évolução: estrela de $25M_{\text{sol}}$		
Fonte	Temperatura Central	Tempo (anos)
H	$4 \times 10^7 \text{ K}$	7 Milhões
He	$2 \times 10^8 \text{ K}$	500.000
C	$6 \times 10^8 \text{ K}$	600
Ne	$1,2 \times 10^9 \text{ K}$	1
O	$1,5 \times 10^9 \text{ K}$	0,5
Si	$2,7 \times 10^9 \text{ K}$	1 dia

Fonte: Brito (2018)

Conforme fica evidente, cada novo “combustível” reduz drasticamente o tempo de vida estelar. Aproveitou-se a oportunidade para lembrar que a permanência da estrela da sequência principal corresponde apenas à primeira etapa, na qual o hidrogênio é a fonte de energia. O encerramento da aula deu-se com a indicação de visualização do documentário “Como funciona o universo: supernovas” (Discovery, 2010), requisito obrigatório para o adequado aproveitamento da próxima reunião.

6.2.4 Encontro 4: Remanescentes estelares, conceito e características

A quarta aula teve como ponto de partida a retomada sobre a relevância do diagrama H-R, pois, ele consolida de forma brilhante as informações sobre o estágio evolutivo de um grupo de estrelas previamente selecionando. Nesse sentido, foi

demonstrado aos alunos o simulador disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.das.inpe.br/simuladores/diagrama-hr/>), que indica a posição da estrela no diagrama H-R em função de sua temperatura superficial e luminosidade. Infelizmente, dada a inadequação momentânea da sala de informática da instituição de ensino, não foi possível aos alunos interagir com o simulador durante a aula. Essa interação inicial com os alunos ocasionou, por parte deles, o levantamento de dois questionamentos bastante interessantes. O primeiro deles dizia respeito ao fato de que, embora teoricamente previsto, seria improvável à nossa civilização presenciar a “mudança de posição” de um objeto estelar no diagrama H-R. Já o segundo versou sobre a duração e/ou destino posterior do remanescente estelar, um aspecto da teoria da Evolução Estelar que, reconhecidamente, apresenta diversas lacunas. Em ambos os casos, aludimos ao argumento do “universo jovem”, ou seja, muitos dos modelos teóricos ainda não podem ser confirmados por evidências observacionais em razão de seus fenômenos ainda não terem sido produzidos pelo universo em sua idade atual.

A etapa seguinte priorizou a descrição das condições para a formação de cada um dos remanescentes estelares (mecânica estelar do limite), bem como das características de cada um dos remanescentes estelares. Inevitavelmente, a “estrela” da discussão foi o buraco negro de massa estelar. Aproveitou-se a oportunidade para resgatar a concepção atual da jornada evolutiva do Sol, que seguirá o caminho de uma estrela de baixa massa, deixando uma anã branca como legado de sua existência.

A etapa final, além de uma sucinta descrição das ondas gravitacionais, foi marcada pela solicitação aos alunos para que, em pequenos grupos, confeccionassem painéis-resumo sobre as características de cada um dos remanescentes estelares estudados, atividade que não pôde ser concluída naquela oportunidade. Seguindo o padrão estabelecido nas aulas anteriores, para a visualização prévia ao próximo encontro, houve a indicação da aula “Estrelas mortas” ministrada pelo professor João Steiner (Univesp, 2014). Além disso, como uma introdução, sugeriu-se o vídeo “O que é Comunicação Não Violenta (CNV)?” (CNV em rede, 2018).

6.2.5 Encontros 5 e 6: A aplicação de STAR'S RESCUERS

Para a aplicação do produto educacional, de acordo com as diretrizes de segurança sanitárias preconizadas pela escola, com as mãos previamente higienizadas, os alunos foram conduzidos à área coberta. Em seguida, ocorreu a disponibilização dos sets de **STAR'S RESCUERS** aos grupos previamente definidos de estudantes. A ocupação das mesas e a manipulação dos itens respeitou os padrões de distanciamento social. Passadas as orientações iniciais aos grupos, deu-se à leitura dos guias do jogador e à atribuição dos papéis, bem dos respectivos itens, aos participantes, conforme pode ser visto na figura 6.1.

Figura 6.1: Alunos organizando o início da partida



Fonte: Autoria própria (2021)

As dúvidas apresentadas nessa fase inicial fizeram referência às formas de finalização do jogo, seja pelo cômputo das respostas, seja pelo esgotamento dos pontos de confiança. A fase de investigação começou de forma lenta, mas, depois de alguns minutos, transcorreu com naturalidade. A figura 6.2 ilustra esta etapa. Dentre os três grupos formados, todos concluíram o caso selecionado, sendo que um dos grupos chegou iniciar a investigação de um segundo caso.

O principal indício do êxito de **STAR'S RESCUERS**, foi obtido pela observação dos diálogos estabelecidos entre os alunos, em especial nas “reuniões de integração” previstas no fluxo do jogo. As reuniões, de fato, se estabeleceram em torno da formação de argumentos válidos para a solução do caso escolhido. Uma cena

memorável, nesse contexto, correspondeu a um momento no qual um dos estudantes gesticulava energicamente para os demais, tentando lembrá-los da localização das anãs brancas no diagrama H-R (canto inferior esquerdo), por serem estrelas muito quentes e pouco luminosas, dadas suas pequenas dimensões. Assim, foi possível identificar a construção de representações mentais, bem como de interações que caracterizam o processo de mediação. Foi possível, sob diversos aspectos transportar habilidades e competências que estavam na zona de desenvolvimento potencial para a zona de desenvolvimento real.

Figura 6.2: Partida de *STAR'S RESCUERS* em andamento.



Fonte: A autoria própria (2021)

No que se refere ao andamento das partidas, tudo ocorreu conforme a expectativa. Para o temor de alguns dos jogadores, o encerramento dos casos ocorreu restando apenas um ou dois pontos de confiança. Com o término da atividade, os sets foram recolhidos e os alunos orientados a responder ao pós-teste (avaliativo) que seria liberado naquela tarde na plataforma Google sala de aula, juntamente com o questionário de avaliação sobre a experiência com o jogo, sendo este último anônimo e sem atribuição de conceito avaliativo.

7 CONDUÇÃO DA PESQUISA

7.1 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Os processos de pesquisa, planejados e executados ao longo deste projeto, tiveram como objetivo mensurar a efetividade da sequência didática e a adequação do produto educacional aos objetivos didáticos previamente definidos. Para isso foram empregados dois instrumentos de coleta de dados: o *questionário* e a *observação* em razão de mostrarem-se adequados ao contexto da pesquisa.

A respeito da ferramenta *questionário*, Gil, 2008, p. 121, assim o conceitua:

Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.

No que se refere aos questionários utilizados no âmbito desta pesquisa, foram aplicados três deles: O *pré-teste*, o *pós-teste* e o questionário de avaliação de **STAR'S RESCUERS**. Os citados questionários foram aplicados aos alunos por meio da plataforma Google sala de aula, usando a ferramenta Google formulários. As citadas ferramentas, utilizadas de acordo com os critérios específicos abaixo descritos, foram acessadas gratuitamente pelo professor e alunos, com o respaldo e apoio da instituição estadual de ensino.

No que se refere aos dois primeiros questionários, a saber, o *pré* e o *pós-teste*, ambos versaram sobre tópicos essenciais da teoria da Evolução Estelar e compunham-se exatamente das mesmas 14 (quatorze) questões objetivas de múltipla escolha. Com eles, buscou-se obter elementos quantitativos sobre a apropriação, por parte dos alunos, dos conhecimentos sobre o tema proposto na unidade didática, bem como sobre o nível de interesse dos mesmos em relação a ele. O primeiro foi ofertado antes do início, de modo a diagnosticar os conhecimentos prévios e, o segundo, após o encerramento das atividades didáticas. A variação no percentual de acerto das questões forneceu subsídios para a avaliação da aprendizagem, bem como da assertividade na condução dos processos de ensino.

Ainda em relação aos dois primeiros questionários, cujo teor encontra-se no apêndice B deste volume, considerando a atribuição de caráter avaliativo de 11 das 14 questões, houve a necessidade de configurar o formulário de modo a reduzir a possibilidade de colaboração não autorizada entre os alunos (a famosa “cola”). Dentre

essas configurações destacaram-se: a) exigir que a autenticação do aluno ocorresse pelo e-mail institucional do domínio “@estudante.sed.sc.gov.br”; b) limitar o número de tentativas a UMA; c) estabelecer tempo limite para início e término do preenchimento; d) definir que a plataforma exibisse as questões e suas respectivas alternativas em ordem aleatória; e) desabilitar a correção e a devolução automática das avaliações. Como dito, apenas medidas de mitigação, em prol da lisura do procedimento.

Em se tratando do terceiro questionário, listado no apêndice C, contemplando a avaliação de **STAR'S RESCUERS**, por ser uma avaliação qualitativa ordinal, optou-se pelo formato escala de concordância. Além de não possuir as configurações restritivas inseridas nos dois primeiros, a coleta deste questionário preservou o anonimato dos avaliadores. Assim, ele foi estruturado em quatorze questões, sendo as treze primeiras de múltipla escolha e, a última (de preenchimento facultativo) dissertativa. Cada uma das questões objetivas apresentou uma sentença afirmativa referente à experiência com o jogo didático, devendo o aluno marcá-la com um conceito entre 1 a 5, inclusive, sendo 1 (não concordo) o menor e 5 (concordo plenamente) o maior índice de concordância.

Ao utilizar o instrumento *observação*, adotou-se a perspectiva de observador participante, como definida em Gil (2008, p. 103). Assim, assumindo a forma de um integrante do grupo, buscou-se captar os elementos (verbais e não verbais) que indicassem a apropriação das competências e habilidades fomentada pelas dinâmicas de interação social promovidas nos encontros didáticos.

Os dados capturados a partir das ferramentas acima descritas serão adequadamente explanados no capítulo seguinte, para que deles se possam extrair as informações relevantes da prática pedagógica.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Conforme descrito no capítulo anterior, a coleta dos dados teve no questionário a sua principal ferramenta. A utilização do recurso Google formulários agregou agilidade na captura e na sistematização das respostas, mostrando-se uma solução adequada ao tratamento dos questionários.

8.1.1 Ponderações sobre o pré-teste

A aplicação do pré-teste esteve associado à identificação dos conhecimentos prévios, isto é, à necessidade de mensurar o nível de desenvolvimento real dos alunos em relação aos conceitos elementares da Evolução Estelar. As questões selecionadas para o pré-teste (apêndice B) guardam íntima relação com os objetivos de aprendizagem definidos no escopo deste projeto. As três primeiras questões tiveram como objetivo conhecer o nível de interesse e afinidade dos alunos com o tema em estudo, de modo que não atribuiriam pontuação. Deste modo, a interpretação das respostas forneceu importantes subsídios para as ações pedagógicas posteriores.

O aproveitamento médio da turma no pré-teste foi de 45%, percentual interpretado como bastante promissor, quando se leva em conta a fragmentação curricular das disciplinas científicas nesse nível de ensino. A amplitude efetiva do aproveitamento esteve no intervalo 9 a 90%, com valor modal de 36%. Um único aluno atingiu o valor de 90%, atribuindo seu desempenho a “*visualização de vídeos e documentários na internet*” (Apêndice B, questão 3-c).

A análise do pré-teste chamou a atenção para tópicos delicados, que deveriam ser densamente explorados na unidade didática. Em especial aqueles relacionados às questões de nº 8 (tratando da classificação do Sol), nº 9 (sobre o fim da vida estelar) e a nº 12 (referente à radiação emitida pelas estrelas), as quais tiveram índices de acerto inferior a 20%. Os citados tópicos possuem natureza mais técnica e não costumam ser discutidos nos materiais ordinários disponibilizados aos alunos.

Os alunos receberam a devolutiva com seus respectivos percentuais de acerto, mas, sem acesso ao gabarito que a embasou. Ademais, eles também foram cientificados de que o quantitativo não seria levado em consideração para a formação da média avaliativa semestral.

8.1.2 A análise do pós-teste

O pós-teste foi solicitado imediatamente à aplicação do jogo didático, tendo-se utilizado as mesmas quatorze questões oferecidas no pré-teste. Em que pese o efeito repetição, os alunos não receberam o gabarito do pré-teste nem foram informados de que as mesmas questões seriam revisitadas no pós-teste.

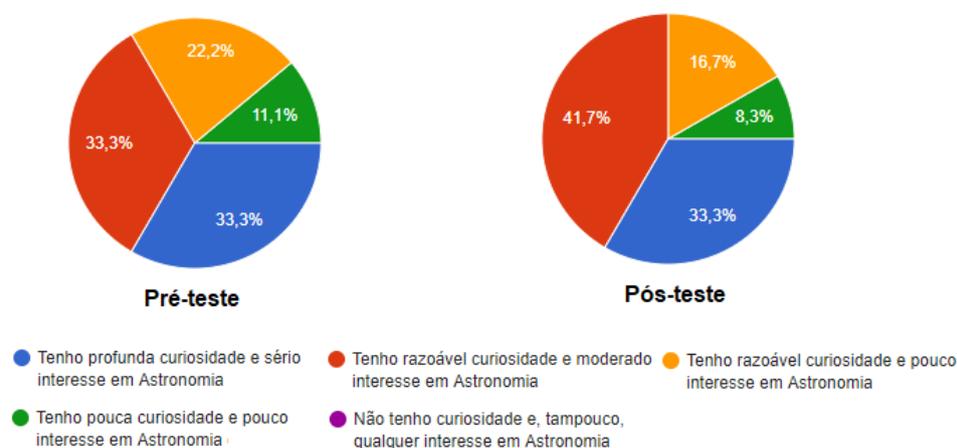
No pós-teste o aproveitamento médio da turma foi de 80%, ou seja, incremento de 35% em relação ao pré. Já a amplitude efetiva do aproveitamento assumiu o intervalo de 55 a 100%, com valor modal de 100%. Nenhuma das questões apresentou índice de acerto inferior a 50%, indicando que os pontos frágeis percebidos no pré-teste foram adequadamente sanados.

Assim, do ponto de vista quantitativo, constatou-se superlativa evolução de aproveitamento dos alunos em todos aspectos contemplados no questionário. Essa constatação é reforçada quanto se leva em conta a métrica oficial, que estabelece 60% como o aproveitamento mínimo para progressão. O pré-teste indicou que 33% dos alunos já estaria em conformidade com o aproveitamento mínimo, percentual que, quando da realização do pós-teste, elevou-se para 77%. Mesmo os alunos que não atingiram “a média” apresentaram rendimento superior a 50% e tiveram progressos significativos em relação ao preenchimento anterior.

No que tange às questões associadas ao interesse dos alunos pelo estudo do tema, a figura 8.1 abaixo retrata com precisão a análise da questão 1:

Figura 8.1: Comparação gráfica questão 1.

1) Qual das afirmações abaixo, no momento presente, melhor representa sua opinião em relação ao estudo da Astronomia, bem como da realização de atividades astronômicas?



Fonte: Autoria própria (2021)

Diante do exposto foi possível elevar, discretamente, nível de interesse dos alunos pela Astronomia, os detentores de “razoável curiosidade e moderado interesse” aumentaram de 33,3 para 41,7%.

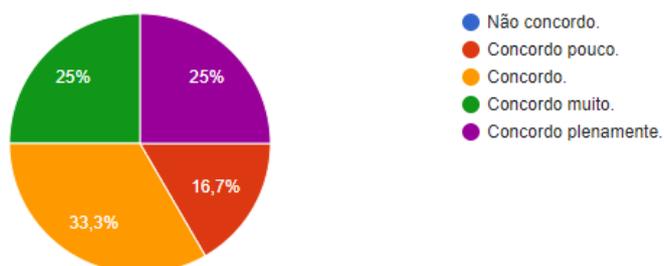
8.1.3 A avaliação de **STAR'S RESCUERS**

O questionário avaliativo referente à experiência com o jogo didático, conforme já explanado, utilizou-se de treze questões objetivas (escala de concordância) e uma dissertativa, todas disponíveis no anexo C. Nesse sentido, convém dar a devida reflexão aos índices de concordância que destoaram da expectativa, bem como às análises dissertativas apresentadas pelos alunos.

Nenhuma das questões apresentou baixo índice de concordância, no entanto, merece nota aquela que apresentou maior dispersão em relação às demais. Curiosamente, conforme mostra a figura 8.2, ela está relacionada ao trabalho em equipe.

Figura 8.2: Representação gráfica da questão 8.

8) O grupo de jogadores do qual fiz parte soube trabalhar em equipe de forma satisfatória.

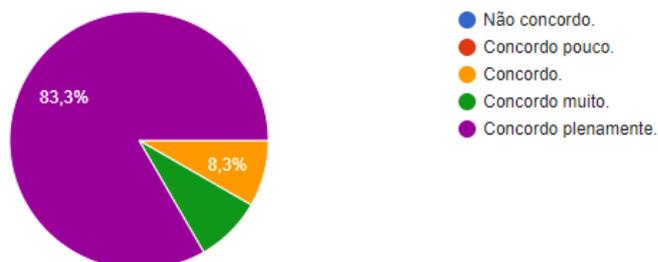


Fonte: Autoria própria (2021)

No que se refere aos maiores índices de concordância, destacaram-se às questões 10 e 11 (figuras 8.3 e 8.4), cujos percentuais superaram em muito a expectativa. Ambas questões eram muito relevantes para mensurar a aceitação (ou não) de **STAR'S RESCUERS** como recurso de ensino.

Figura 8.3: Representação gráfica da questão 10.

10) A quantidade e a qualidade dos componentes do jogo (Embalagens, tabuleiro, marcadores, dados, cartas, crachás, etc..) é compatível com a experiência que o jogo se propõe a criar.

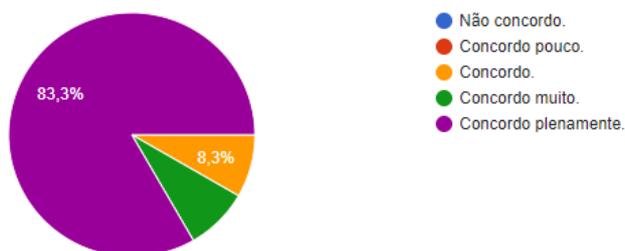


Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8.4: Representação gráfica da questão 11.

11) A experiência com Star's Rescuers contribuiu positivamente para minha aprendizagem e/ou a consolidação dos meus conhecimentos sobre a Evolução Estelar.

12 respostas



Fonte: Autoria própria (2021)

Ao tomar as avaliações dissertativas, foram identificadas contribuições valiosas à interpretação dos resultados, assim como para uma provável “versão 2” de **STAR’S RESCUERS**. Ademais, deve-se ter em mente que o jogo foi por eles experimentado uma única vez, de modo que os relatos (nove ao todo) são, de fato, um registro de primeiras impressões.

Em relação aos pontos identificados como frágeis pelos alunos, três citações fazem menção à quantidade de pistas (apenas uma por área visitada!) e, ao fato de as pistas iniciais apresentarem muitas informações circunstanciais, a partir das quais nenhuma conclusão sobre o caso pode ser obtida. Em relação a isso, duas considerações devem ser feitas:

1ª) O fluxo estabelecido para o jogo preconiza que cada setor do mapa seja visitado apenas uma única vez e, caso o investigador deixe de

anotar ou interprete incorretamente uma pista, a equipe seja “punida” tendo o retrabalho de visitá-lo novamente.

2ª) Trata-se de um jogo colaborativo de investigação, então, ele deve ter progressão lenta, não linear, dependente da intervenção coletiva, cabendo aos jogadores manter sua ansiedade sob controle.

Outros dois apontamentos que, embora citados uma única vez, são bastante contundentes dizem respeito às limitações da função de Diretor e, também, da qualidade gráfica do tabuleiro. Ambas as alusões são procedentes. De fato, o Diretor exerce uma função de “gerenciador” de eventos da partida, não tendo um papel decisivo na investigação, de modo que é um papel pouco gratificante para o jogador que o representa.

No entanto, em condições normais, o produto educacional seria aplicado para turmas de trinta ou mais alunos, de perfis muito heterogêneos entre si, assim, a função de coordenador da partida é essencial. Assim, o escolhido para Diretor deve ter habilidades sociais e afinidade com a tarefa que vai desempenhar na partida. Com relação à qualidade gráfica do tabuleiro, realmente ele está pouco cativante em relação aos demais componentes e mereceria ajustes por parte de um profissional da área de design gráfico, infelizmente, tais incrementos excederam às possibilidades do atual projeto.

A maioria das avaliações ressaltaram os aspectos positivos, as quais reforçam a percepção da assertividade de muitas das decisões tomadas no decorrer do projeto, como o citado pelo aluno (a) A5:

Gostei muito, de início achei que seria apenas um jogo didático, mas fui surpreendida com a capacidade dele em nos entreter e divertir. A questão do tempo (para ler as pistas e para as reuniões) torna tudo mais competitivo, o que eu acho bom e o tabuleiro é muito prático e bonito.

No que se refere à inclusão da *CNV* como elemento do jogo, ocorreram apenas duas referências, ambas positivas, com ênfase ao registrado pelo aluno (a) A1, “Trazer o Código para lembrar de uma comunicação não violenta foi inteligente, já que o jogo tem discussões nas reuniões”.

Uma sugestão bastante interessante, digna de nota, foi esboçada pelo aluno (a) A1, cogitando que o jogo poderia incluir o papel de um “sabotador” oculto, o qual

traria informações incorretas e incrementaria o nível de desafio para os investigadores. O conceito é brilhante. Por outro lado, adicionar o papel de sabotador, elevaria substancialmente o nível de complexidade para um jogo de pretensões didáticas, já que novas rotinas e regras deveriam ser criadas para sustentar sua atuação na partida.

8.1.4 Reflexões sobre as evidências observacionais

Sobre a *observação*, conforme ensina Gil, 2008, p. 101, “A observação constitui elemento fundamental para a pesquisa”, optou-se por adotá-la em conjunto com os questionários, assumindo que nenhum instrumento de pesquisa é totalmente eficaz quando adotado isoladamente. Durante todos os encontros didáticos foram realizadas observações, cujos objetivos centraram-se na reorientação do processo de mediação, com vistas ao alcance dos objetivos de aprendizagem definidos.

Ao longo das aulas, período que correspondeu aos quatro primeiros encontros, as intervenções dos alunos foram tímidas e o volume de perguntas inferior ao identificado nas aulas regulares de outrora. As atividades em grupo, igualmente, apresentaram uma dinâmica mais lenta que a prevista. Essa mesma postura foi observada também em outras turmas e, em grande parte, atribui-se às medidas sanitárias restritivas que regulamentam às atividades presenciais. Em situações pontuais foi possível identificar a apropriação de conceitos e, a elaboração comentários que indicavam a presença das representações mentais associadas à adequada aprendizagem.

Propôs-se o ensino da Evolução Estelar e, por mais multidisciplinar que tenha sido a abordagem, ela foi introdutória, não superando o fato de que não existe uma disciplina de astronomia no ensino médio.

Na aplicação do produto educacional, por outro lado, mesmo com as medidas de controle e a vigilância a eles dirigida, perceberam-se posturas mais aguerridas. As interações em grupo ocorreram de forma bastante satisfatória, a intensidade e a frequência dos diálogos evidenciou o intercâmbio de significados inerentes à atividade mediadora. Nesse sentido, o jogo oportunizou uma experiência válida, na qual foi possível presenciar genuínas discussões sobre um tema científico intrigante e, cujo repertório está em constante expansão.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluir um projeto sempre coaduna com um sentimento de vitória e, quando de não, de alívio. Por certo, entre o começo e o fim de qualquer jornada, há infinitos “recomeços” cada um marcado por seus singulares desafios. É inegável que a suspensão das aulas presenciais adotada por Santa Catarina no período de 03/2020 a 04/2021, por conta das medidas de combate à propagação da Covid-19, afetou drasticamente o andamento das atividades. Em razão disso, o produto educacional foi aplicado em apenas uma turma, cujo contingente antes de 24 passou a ter 15 alunos, dois quais aderiram ao regime integralmente remoto. Assim, grande esforço foi dedicado para que a aplicação ocorresse de forma presencial e com uma versão física do jogo **STAR’S RESCUERS**.

A partir da perspectiva adotada neste trabalho, entendemos que tanto os objetivos acadêmicos, associados à construção de um produto educacional compatível com as diretrizes do MNPEF, quanto os instrucionais, ligados à inclusão da Evolução Estelar como conteúdo de Física no ensino médio, foram suficientemente atendidos.

A análise dos dados obtidos por meio dos instrumentos de pesquisa permitiu formar convicção sobre o atingimento dos objetivos inicialmente propostos. Os alunos tiveram êxito em compreender, reconhecer e diferenciar os estágios do processo de Evolução Estelar, assim em compreender a relação existente entre a temperatura, a composição química, a liberação de energia e a luminosidade estelar. Além disso, demonstraram ter condições de presumir as características de uma estrela em função de sua posição no diagrama H-R e entender o ciclo de vida de uma estrela como determinado por sua massa inicial, identificando as leis da Física associadas ao processo. Verificou-se que a habilidade de conceituar e distinguir entre os objetos compactos está na zona de desenvolvimento real dos alunos, de modo que, caso queiram possam se aprofundar sobre o tema. Ao elevar o nível de interesse da turma pela Astronomia, criaram-se condições para despertá-los para cultura e pela atividade técnico-científica.

REFERÊNCIAS

- ARANY-PRADO, L. I. **À Luz das estrelas**. 2017. Edição da autora. *E-Book*. Disponível em: https://www.academia.edu/36803100/%C3%80_luz_das_estrelas. Acesso em 11 jun. 2021.
- ASTRONOO. **Nebulosas planetárias**. Astronoo.com, 2013. Disponível em: <http://www.astronoo.com/pt/nebulosas-p3.html>. Acesso em 11 jun. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução nº 3 de 21 de novembro de 2018**. Brasília, 2018.
- BRITO, A. **Alquimia cósmica: a origem dos elementos da tabela periódica**. Plataforma Lúmina. Porto Alegre: UFRGS, 2018. Disponível em: <https://lumina.ufrgs.br/course/view.php?id=85b>. Acesso em 15 set. 2020.
- CAPELATO, H. V. *et al.* **Introdução à astronomia e astrofísica**. São José dos Campos: INPE, 2019.
- CNV EM REDE. **O que é comunicação não violenta (CNV)?** 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=6pbpOV7_8RY&t=46s. Acesso em: 15 mai. 2021.
- DISCOVERY. **Viagem ao Sol**. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CqdVSD5RlyI>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- _____. **Como funciona o universo - estrelas**. 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4Tzi-otUdro&t=2343s>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- _____. **Como funciona o universo: supernovas**. 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=j96TeoPKSQY&t=1951s>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- DRAKE, N. **Imagem de buraco negro revelada pela primeira vez**. National Geographic, 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/espaco/2019/04/buraco-negro-primeira-vez-telescopio-planeta-terra-astronomia-astronomo-m87-galaxia-messier-87>. Acesso em 11 jun. 2021.
- DOTTORI, H. **O final de uma estrela**. Hipertextos do Observatório Educativo Itinerante – Departamento de Astronomia. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/death/death_st.htm. Acesso em 15 set. 2020.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

KEPLER, S.O., OLIVEIRA SARAIVA, M. F. **Astronomia e astrofísica**. 2014. *E-Book*. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em 15 jun. 2021.

KEPLER, S.O., OLIVEIRA SARAIVA, M. F. **O Sol**. Astronomia e astrofísica, versão eletrônica, 2019. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>. Acesso em 15 jun. 2021.

LIBÂNEO, José Carlos. **Democratização da escola pública**: A pedagogia crítico-social dos conteúdos. 19ª ed. São Paulo: Loyola, 1985.

LUDOPÉDIA. **Scotland Yard (1975)**. Ludopédia on-line, 2013. Disponível em: <https://www.ludopedia.com.br/jogo/scotland-yard>. Acesso em 15 set. 2020.

LUDOPÉDIA. **Scotland Yard (1975)**. Ludopédia on-line, 2016. Disponível em: <https://www.ludopedia.com.br/jogo/221b-baker-st-sherlock-holmes-the-time-machine>. Acesso em 15 set. 2020.

MARRANGHELLO, G. F. **Estrelas de nêutrons**. Itajaí: Casa Aberta, 2014.

QUEIROZ, E. M. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: UNINOVE, 2016.

RIBEIRO, F. D. **A aprendizagem da docência na prática de ensino e no estágio**: contribuições da teoria da atividade. 2011. 196 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

RIBEIRO, F. D. **Jogos e modelagem na educação matemática**. Curitiba: Intersaberes, 2012.

ROSENBERG, M. B. **Comunicação não-violenta**: técnicas para aprimorar relacionamentos pessoais e profissionais. São Paulo: Ágora, 2006.

ROSSO, A. J; SOUZA, A. P. **Mediação e zona de desenvolvimento proximal (ZDP)**: Entre pensamentos e práticas docentes. X Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. Curitiba: PUCPR, 2011.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. **Adequação da formação docente 2013-2020**. Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://www.sed.sc.gov.br/documentos/censo-278/indicadores-disponibilizados-pelo-inep/adequacao-formacao-docentes>. Acesso em 15 jun. 2021.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. **Proposta curricular de Santa Catarina**: formação integral na educação básica. Florianópolis, 2014.

SILVA, D. L. M. **Tópicos de astronomia e astrofísica**. Canoas: ULBRA, 2016.

SOCRATIC. **What is the life cycle of a star?** Socratic Q&A, 2016. Disponível em: <https://socratic.org/questions/what-is-the-life-cycle-of-a-star-2>. Acesso em 15 jun. 2021.

SOL. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2021. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>. Acesso em 15 jun. 2021.

STEINER, J. E. **Estrelas mortas**: buracos negros. 2014. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=WcX-ms9e0mk&t=680s>. Acesso em: 15 mai. 2021.

TYSON, N. D. **The most astounding fact**. 2012. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=kl0J6Le5MpM>. Acesso em: 15 mai. 2021.

VASCONCELLOS, P. S. **Mitos gregos**. São Paulo: Objetivo, 1998.

VALSINER, J.; VAN DER VEER, R. **Vygotsky**: uma síntese. 2. ed. São Paulo: Loyola, 1998.

APÊNDICE A – Materiais do produto educacional *STAR'S RESCUERS*

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MARCOS ANTONIO GUIZZO

**STAR'S RESCUERS: UM JOGO DE TABULEIRO COLABORATIVO PARA O
ENSINO DA EVOLUÇÃO ESTELAR**

MEDIANEIRA

2021



PRODUTO EDUCACIONAL

STAR'S RESCUERS: UM JOGO DE TABULEIRO COLABORATIVO PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO ESTELAR

Star's Rescuers: A collaborative board game for teaching Stellar Evolution

MARCOS ANTONIO GUIZZO

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jaziel Goulart Coelho

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Verso personalizado da embalagem	6
Figura 1.2 – Frente transparente da embalagem.....	7
Figura 1.3 – Elementos do jogo dispostos sobre o tabuleiro.....	7
Figura 2.1 – Ilustrações da embalagem externa do jogo – frente.....	8
Figura 2.2 – Ilustrações da embalagem externa do jogo – verso.....	8
Figura 3.1 – Ilustrações da embalagem externa – Lateral 1.....	9
Figura 3.2 – Ilustrações da embalagem externa – Lateral 2.....	9
Figura 3.3 – Ilustrações da embalagem externa – Lateral 3.....	9
Figura 4.1 – Arte do tabuleiro do jogo.....	10
Figura 5.1 – Guia do jogador – página 1.....	11
Figura 5.2 – Guia do jogador – página 2.....	12
Figura 5.3 – Guia do jogador – página 3.....	13
Figura 6.1 – Guia do professor – página 1.....	14
Figura 6.2 – Guia do professor – página 2.....	15
Figura 8.1 – Ficha do Caso 1.....	17
Figura 8.2 – Ficha do Caso 2.....	17
Figura 8.3 – Ficha do Caso 3.....	18
Figura 8.4 – Ficha do Caso 4.....	18
Figura 8.5 – Ficha do Caso 5.....	19
Figura 9.1 – Resposta do Caso 1.....	20
Figura 9.2 – Resposta do Caso 2.....	20
Figura 9.3 – Resposta do Caso 3.....	21
Figura 9.4 – Resposta do Caso 4.....	21
Figura 9.5 – Resposta do Caso 5.....	22
Figura 10.1 – Pistas 02 a 04 do Caso 1.....	23
Figura 10.2 – Pistas 05 a 07 do Caso 1.....	24

Figura 10.3 – Pistas 08 a 10 do Caso 1.....	25
Figura 10.4 – Pistas 11 a 13 do Caso 1.....	26
Figura 10.5 – Pistas 14 a 17 do Caso 1.....	27
Figura 11.1 – Pistas 02 a 04 do Caso 2.....	28
Figura 11.2 – Pistas 05 a 07 do Caso 2.....	29
Figura 11.3 – Pistas 08 a 10 do Caso 2.....	30
Figura 11.4 – Pistas 11 a 13 do Caso 2.....	31
Figura 11.5 – Pistas 14 a 17 do Caso 2.....	32
Figura 12.1 – Pistas 02 a 04 do Caso 3.....	33
Figura 12.2 – Pistas 05 a 07 do Caso 3.....	34
Figura 12.3 – Pistas 08 a 10 do Caso 3.....	35
Figura 12.4 – Pistas 11 a 13 do Caso 3.....	36
Figura 12.5 – Pistas 14 a 17 do Caso 3.....	37
Figura 13.1 – Pistas 02 a 04 do Caso 4.....	38
Figura 13.2 – Pistas 05 a 07 do Caso 4.....	39
Figura 13.3 – Pistas 08 a 10 do Caso 4.....	40
Figura 13.4 – Pistas 11 a 13 do Caso 4.....	41
Figura 13.5 – Pistas 14 a 17 do Caso 4.....	42
Figura 14.1 – Pistas 02 a 04 do Caso 5.....	43
Figura 14.2 – Pistas 05 a 07 do Caso 5.....	44
Figura 14.3 – Pistas 08 a 10 do Caso 5.....	45
Figura 14.4 – Pistas 11 a 13 do Caso 5.....	46
Figura 14.5 – Pistas 14 a 17 do Caso 5.....	47
Figura 15.1 – Página do bloco de anotações.....	48
Figura 16.1 – Crachás dos investigadores.....	49

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	75
2 ARTE DA EMBALAGEM TABULEIRO (Frente / Verso)	79
3 ARTE DA EMBALAGEM TABULEIRO (Laterais)	80
4 TABULEIRO	81
5 GUIA DO JOGADOR.....	82
6 GUIA DO PROFESSOR	85
7 CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO NÃO-VIOLENTA	87
8 CASOS PARA INVESTIGAÇÃO COM PRIMEIRA PISTA	88
9 RESPOSTA DOS CASOS	91
10 PISTAS DO CASO 1	94
11 PISTAS DO CASO 2	99
12 PISTAS DO CASO 3	104
13 PISTAS DO CASO 4	109
14 PISTAS DO CASO 5	114
15 FICHA DO BLOCO DE ANOTAÇÕES	119
16 CRACHÁS	120
17 CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
REFERÊNCIAS	122

1 APRESENTAÇÃO

Neste anexo forneceremos uma breve descrição, bem como toda a documentação (manuais, formulários e artes), do produto educacional **STAR'S RESCUERS**. Este documento contém elementos suficientes para o entendimento, a confecção e o uso de **STAR'S RESCUERS** em sala de aula. Inobstante a isso, cabe ao professor decidir sobre a finalidade didática, bem como sobre o momento mais adequado à aplicação do mesmo. Caso haja interesse, todo o processo de desenvolvimento deste produto, sua fundamentação teórica, assim como da unidade didática na qual ele foi originalmente utilizado, estão retratados na respectiva dissertação de mestrado.

STAR'S RESCUERS é um jogo cooperativo multijogador baseado nas habilidades de raciocínio, memória, dedução e argumentação, desenvolvido exclusivamente como material de apoio didático ao ensino dos conceitos da Evolução Estelar. Ele foi concebido dentro da temática dos jogos de investigação, na qual os jogadores transitam por um *mapa* (tabuleiro) a procura de *pistas* que, quando tomadas em conjunto e adequadamente relacionadas, permitem a resolução das questões em aberto propostas pelo caso. As mecânicas de jogo nele presente são: narração de histórias, rolagem de dados, movimento, compilação de registros, dedução e argumentação.

O enredo proposto atribui aos jogadores o papel de jovens astrofísicos (“investigadores”), contratados *ad hoc* para recuperar e sistematizar dados sobre estrelas específicas, os quais foram acidentalmente dispersos durante a mudança de endereço do fictício instituto de pesquisas espaciais *João Evangelista Steiner*¹. Assim, a equipe deve dividir-se para percorrer os diversos setores do centro de pesquisas, ler e interpretar as pistas, bem como realizar reuniões de integração, com o intuito de chegar a um consenso sobre a solução do caso escolhido.

O término da partida se dá com a revelação da solução correta, hipótese na qual os jogadores saíram-se vencedores ou, quando esgotam-se os pontos de confiança da equipe para com o diretor, situação em que todos perdem. A condição de vitória da equipe depende da habilidade dos jogadores em associar as informações

¹ Nome atribuído em homenagem ao célebre astrofísico catarinense João Evangelista Steiner (1950 -2020), professor do Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), o qual ocupou vários cargos de relevância para a expansão da Astronomia no Brasil.

fornecidas pelas pistas com seus conhecimentos sobre o ciclo de vida das estrelas, de modo a produzir um argumento concordante com a solução do caso.

A descrição detalhada das regras, bem como da jogabilidade, consta no Guia do Jogador. De semelhante forma, orientações indicativas ao professor foram abordadas no Guia do Professor, ambos documentos disponíveis neste volume. Um significativo número de horas foi dedicado à definição das regras, de modo que fossem razoáveis e consistentes com a proposta do jogo, algo que não o isenta de lapsos. Eventuais omissões ou dúvidas decorrentes da customização das regras podem ser deliberadas de comum acordo entre os jogadores, sob a supervisão do professor.

A principal fonte de inspiração para **STAR'S RESCUERS** veio do clássico jogo de tabuleiro *221B Baker Street: The Master Detective Game*, originalmente produzido pela editora *Antler Productions* no ano de 1975. O jogo, bem como suas posteriores atualizações, é comercializado internacionalmente desde 1977. A autoria é atribuída ao designer e escritor norte americano *Jay Moriarty* cujo nome é, provavelmente, um pseudônimo. O título faz uma alusão direta ao endereço de Sherlock Holmes, o mais célebre detetive da literatura mundial. Em *221B Baker Street* os jogadores assumem o papel de Sherlock Holmes e seu fiel assistente Dr. Watson, visitando diversos locais (14 ao todo) da cidade de Londres do final do século XIX, coletando pistas e desvendando crimes compatíveis com imaginário da época. O número de casos disponíveis varia conforme a versão, o conjunto inicial possuía 20 casos e, com as sucessivas expansões, chegou a um total de 200.

Mesmo considerando as discrepâncias e inovações implementadas, **STAR'S RESCUERS** esmerou-se em incorporar a essência de *Scotland Yard*, a saber, uma mecânica de jogo simples e intuitiva, atrelada a casos intrincados, com grande apelo literário e apreço pelo raciocínio dedutivo. Características que, do ponto de vista deste projeto, são essenciais a um jogo que possua pretensões didáticas.

STAR'S RESCUERS, que não possui quaisquer aspirações comerciais, não está comprometido com a “*rejongabilidade*”, assim entendidos os requisitos que fazem com que o jogador queira jogá-lo mais de uma vez ou por um tempo prolongado. Por isso, o número inicial de casos ficou restrito a cinco, entendendo-os como suficientes para os fins didáticos por ele almejados.

Todas as artes aplicadas aos componentes de **STAR'S RESCUERS** foram produzidas pelo autor usando os recursos gratuitos de um editor gráfico convencional. De igual modo, as imagens vetorizadas nele presentes são de livre utilização para

finalidades não comerciais, como é o caso. As imagens utilizadas nos crachás são das franquias “Scooby-Doo e sua Turma” e “Jimmy Nêutron: O Menino Gênio” as quais são protegidas por direitos autorais, no entanto, estão liberadas (acreditadas) para fins educativos mediante o uso em baixa resolução. Já as pastas de acondicionamento, peões e dados de seis lados, foram adquiridos em uma loja de departamentos. Componentes básicos para jogos são itens comuns, encontrados em qualquer papelaria de médio porte.

Estando as artes “prontas”, as mesmas foram encaminhadas para impressão em uma pequena gráfica local, sendo que esta última também ficou responsável pela fixação dos adesivos que personalizam a embalagem. Foram utilizados papéis de média gramatura e alta qualidade de impressão. A produção, em sua íntegra, deu-se às expensas do autor, o qual não recebeu bolsa ao longo do programa, tampouco auxílio financeiro direto de qualquer instituição pública ou privada. Assim, o padrão de qualidade dos oito sets produzidos (figuras 1.1 a 1.3 abaixo), dos quais seis foram doados à escola de aplicação, adequaram-se às possibilidades orçamentárias impostas pelo contexto.

Figura 1.1: Verso personalizado da embalagem



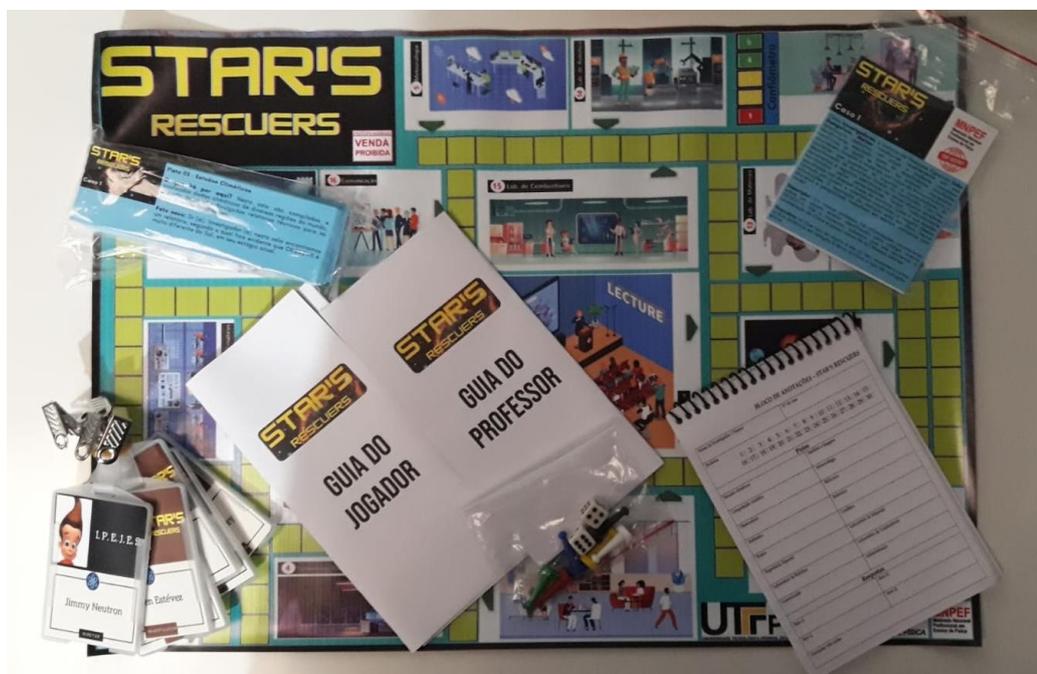
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 1.2: Frente transparente da embalagem



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 1.3: Elementos do jogo dispostos sobre o tabuleiro



Fonte: Autoria própria (2021)

2 ARTE DA EMBALAGEM TABULEIRO (Frente / Verso)

Figura 2.1: Ilustrações da embalagem externa do jogo – frente



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 2.2: Ilustrações da embalagem externa do jogo – verso



Fonte: Autoria própria (2021)

3 ARTE DA EMBALAGEM TABULEIRO (Laterais)

Figura 3.1: Ilustrações da embalagem externa – Lateral 1



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 3.2: Ilustrações da embalagem externa – Lateral 2



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 3.3: Ilustrações da embalagem externa – Lateral 3



Fonte: Autoria própria (2021)

4 TABULEIRO

Figura 4.1: Arte do tabuleiro do jogo



Fonte: Autoria própria (2021)

5 GUIA DO JOGADOR

Figura 5.1: Guia do jogador – página 1



Guia do jogador

- 3 a 6 jogadores
- Idade: + 12 anos
- Duração estimada: 50 min
- Para uso didático / escolar

COMPONENTES

1 Tabuleiro
2 Dados
1 Código de comunicação não-violenta dos STAR'S RESCUERS
6 Peões
6 Crachás
5 Pacotes de casos e respectivas pistas
1 Envelope de respostas
1 Bloco de anotações

VOCÊ PRECISA SABER...

a) Este é um jogo didático e parte do princípio de que os jogadores tiveram um contato preliminar com os conceitos elementares da evolução estelar, bem como serão orientados e/ou supervisionados por um professor de Física (ainda que remotamente), durante a realização das partidas.

b) STAR'S RESCUERS foi inspirado em jogos de tabuleiro de investigação/dedução populares no século passado. Assim, qualquer experiência prévia que os jogadores possuam sobre esse gênero de jogo ou literatura, será muito útil.

c) Esta versão de STAR'S RESCUERS é livre, desde que sua utilização seja restrita ao apoio didático. Sua venda ou exploração comercial é terminantemente proibida.

d) Com exceção aos dados astronômicos nele contidos, o enredo deste jogo é uma obra de ficção, qualquer semelhança com nomes, pessoas, fatos ou situações da vida real terá sido mera coincidência.

POR ONDE COMEÇAR?

Antes de começar o jogo confira se todos os componentes estão presentes e em condições de uso. Informe seu (sua) professor (a) sobre quaisquer divergências. Um cronômetro também será necessário. Cada jogador deve possuir um lápis ou caneta para realizar anotações.

Primeiramente, faz-se a rolagem dos dados para definir qual dos jogadores exercerá a função de **Diretor**. Devendo ser aquele que obter maior soma, repetindo o lançamento para decidir os empates. Os demais jogadores serão os **Investigadores**. Em seguida, cada um dos jogadores pega um crachá, um peão e uma folha do bloco de anotações. **Diretor** e **Investigadores** trabalharão em conjunto para resolver os casos propostos em STAR'S RESCUERS.

A primeira tarefa da equipe de **investidores** é ler código de comunicação não-violenta dos STAR'S RESCUERS, o qual deve ser respeitado durante a partida e, por isso, ficará visível a todos durante o decorrer da mesma. O passo seguinte é escolher, de comum acordo, UM entre os casos disponíveis para tentar resolvê-lo. Nesse momento, os pacotes com os demais casos, assim como todos os componentes que não estarão em uso na partida devem ser guardados na caixa.

O **Diretor**, ou o **investigador** por ele indicado, realizará pausadamente, em voz alta, a leitura do caso escolhido. É fundamental que todos os jogadores saibam das circunstâncias que envolvem o caso e, com exatidão, entendam quais as questões que devem ser respondidas para sua adequada solução. Além disso, durante o decorrer da partida, qualquer dos jogadores poderá ler, em silêncio ou em voz alta desde que a pedido dos colegas, a descrição do caso objeto da partida.

*É da maior importância, na arte da dedução, saber distinguir, dentre os vários fatos, quais são os de vital importância

Sherlock Holmes

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5.2: Guia do jogador – página 2

SOBRE OS CASOS ...

Existem ao menos cinco casos neste jogo, cada um dos quais está diretamente relacionado ao fato de que os arquivos do departamento de Astrofísica Estelar do Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** foram extraviados e seus computadores danificados. Mas..., não há ocasião para lamentar! Pelo contrário, o tempo não é seu aliado. Você é um jovem e promissor cientista que, com o auxílio de sua equipe, deve recuperar os dados disponíveis e usar seus conhecimentos para deduzir aqueles que não mais estão.

Para encerrar o caso, deve-se responder corretamente (embora não literalmente) à todos os itens exigidos, do contrário sua confiança junto ao **Diretor** decresce (-1 ponto) e, quando chegar a **zero**, sua equipe será destituída da missão em curso. Sim... Nesse caso, TODOS perdem, inclusive a ciência. Portanto, colete as pistas com cuidado, ouça seus colegas e colabore para a resolução do caso.

CERTO... MAS, COMO JOGO ISSO?

Todos os **Investigadores** iniciam com seus peões na área 1 *Recepção e Segurança*, ao passo que o **Diretor** na área 17 *Administração*. Pode-se lançar o dado para definir a ordem na qual os **Investigadores** farão suas jogadas, as quais devem prosseguir no sentido horário.

Na sua vez de jogar, cada **Investigador** anuncia a qual departamento do Instituto de Pesquisas Espaciais está se dirigindo e lança os dados para saber quantas casas movimentará seu peão naquela direção. Você terá acesso a diversos locais: Biblioteca, Refeitório, departamento de Meteorologia, etc. Não há uma ordem definida. São 16 as áreas disponíveis. Quando estiver dentro de uma área, coloca-se o crachá sobre ela e o **Diretor** entrega a pista correspondente àquele local. O Investigador tem 30 s para ler a pista (em silêncio) e dela anotar o que julgar relevante, em seguida, devolvendo-a ao **Diretor**.

Ao andar pelo mapa o **Investigador** pode mover seu peão sempre na horizontal ou na vertical, mas, nunca na diagonal. É permitido pular sobre outros peões, assim como dois ou mais peões ocuparem o mesmo espaço.

O **Diretor** não se move pelo mapa, ele controla as atividades dos **Investigadores** a partir da *Administração* e, por isso, utiliza seu peão para indicar o grau de confiança em relação a eles. No início do jogo a confiança é máxima (**5 pontos**), podendo diminuir no decorrer da partida.

O QUE FAÇO COM AS PISTAS?

Sempre que um **Investigador** entrar em um local, colocando seu crachá sobre ele, terá acesso à leitura do cartão contendo a pista correspondente. Ele tem apenas 30 segundos, por isso deve anotar (e não copiar) a ideia chave da mesma. A investigação é sigilosa, por isso, os **Investigadores** NÃO falam sobre o teor das pistas durante a fase de buscas. Para ler novamente a pista deve-se sair do local e voltar a ele novamente. Apesar de não ser recomendável, outro (s) **Investigador** (es) da equipe podem visitar locais já explorados por outro (s) **Investigador** (es).

Para uma melhor experiência com este jogo saiba que, a rigor, existem DOIS diferentes tipos de pistas:

1) As *circunstanciais*: Aquelas que, embora possam trazer novos conhecimentos sobre o tema deste jogo, NÃO estão relacionadas com o caso. Assim, além de inúteis para obter a solução, podem confundir um **Investigador** desatento.

2) As *essenciais*: São aquelas que, além de estarem intimamente ligadas ao caso, estão relacionadas entre si de modo a permitir a solução do mesmo. Encontrar e reconhecer essas pistas é prioridade para chegar à vitória.

A escolha de uma estratégia ou rota inicial fica a critério da equipe. A interpretação do conteúdo das pistas, bem a classificação de seu teor em *circunstancial* ou *essencial* é responsabilidade individual de cada **Investigador**.

O **Diretor** faz a entrega e o recolhimento dos cartões de pistas, controla o tempo de leitura, assim como número de rodadas concluídas. Caso queira, ele pode ler o conteúdo das pistas, desde que o faça depois do **Investigador** e NÃO realize anotações ou comentários sobre elas. Não cabe ao **Diretor** auxiliar na interpretação das pistas nem interferir nas conclusões dos **Investigadores**.

Figura 5.3: Guia do jogador – página 3

HORA DE ENCERRARMOS O JOGO!

Os **Investigadores** devem ter em mente que para solucionar um caso (ou seja: responder na íntegra aos itens propostos), na maioria das vezes, não será necessário revelar todas as pistas disponíveis. Por outro lado, existirão casos que, mesmo após a leitura de todas as pistas, demandarão esforço dedutivo para se chegar à uma resposta aceitável. Para esses últimos, um bom trabalho em equipe é a chave.

Nesse ponto, vale lembrar da importância de os **Investigadores** estarem bem "afiados" com os conhecimentos sobre o ciclo de vida das estrelas, como elas evoluem e como são classificadas de acordo com sua massa e luminosidade. Do contrário, será difícil perceber a conexão existente entre as pistas e formular uma resposta.

Isto posto, após a conclusão de cada 5 rodadas de investigação (ou seja, antes da 6ª, 11ª, 16ª, ..., rodadas) o **Diretor** convocará todos os **Investigadores** para uma chamada segura do **Comitê de Investigação**, com duração de 5 minutos. Nesse momento, respeitando a ordem de jogo, cada investigador faz um breve relato de suas pistas conclusões.

Caso os **Investigadores** cheguem a um consenso sobre as respostas, devem comunicá-la ao **Diretor** que, então, retira o cartão resposta do envelope e verifica a compatibilidade. Se TODOS os itens estiverem corretos, a missão foi bem sucedida e equipe é declarada vencedora. A reputação do Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está salva!

Do contrário, isto é, não houve consenso ou a resposta fornecida está incorreta, o **Diretor** recua seu peão em uma casa (-1 ponto), sinalizando a redução de sua confiança na equipe. Nesse caso, a etapa de investigação é retomada até a próxima reunião. O **Diretor** não deve fazer comentários sobre quais itens da solução estavam corretos e quais não, já que essa reflexão é um dos objetivos implícitos do jogo.

Um **Investigador** pode, individualmente, convocar uma reunião de emergência do **Comitê de Investigação**, mas, para isso, deve ir com seu peão até a **Administração** e a solicitar ao **Diretor**. Ela será realizada imediatamente e nas mesmas condições daquela realizada periodicamente, por convocação do **Diretor**. No entanto, caso não se chegue a resposta correta, o **Investigador** que a solicitou entrega seu crachá ao **Diretor** e fica uma rodada sem jogar.

A qualquer tempo, quaisquer dos **Investigadores** pode dirigir-se à **Administração**, e pedir para dar a resposta individualmente ao **Diretor**. Caso esteja ele correto, conquista a vitória para sua equipe. Mas, se não estiver, deve entregar seu crachá ao **Diretor** e estará excluído da partida. Nessa situação a equipe perde um integrante mas mantém seus pontos de confiança intactos.

Como já dito, o jogo termina de duas formas: Com a solução do caso por parte dos **Investigadores**, o que só acontece quando TODOS os itens são respondidos corretamente (vitória!) ou, quando os pontos de confiança concedidos pelo **Diretor** se esgotam (não há vencedores).

Independente do resultado, é recomendável investir alguns minutos após a partida para discutir quais circunstâncias, decisões e ações mais pesaram no resultado final. Em seguida, parta para o próximo caso!

SOBRE ESSE JOGO

STAR'S RESCUERS foi desenvolvido com o objetivo de estimular a curiosidade e o interesse dos jovens (de todas as idades) pelo estudo da Astronomia e da Astrofísica, nesta edição priorizando a evolução estelar. Ele é parte da dissertação de mestrado denominada "**Star's Rescuers: Um jogo de tabuleiro colaborativo para o ensino da Evolução Estelar**" apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal Tecnológica do Paraná – Campus Medianeira, vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, coordenado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). A íntegra deste documento está disponível em:



Dúvidas, críticas e sugestões podem ser encaminhadas para o e-mail: starsrescuers@gmail.com

Fonte: Autoria própria (2021)

6 GUIA DO PROFESSOR

Figura 6.1: Guia do professor – página 1



Guia do Professor

- 3 a 6 jogadores
- Idade: + 12 anos
- Duração estimada: 50 min
- Para uso didático / escolar

INTRODUÇÃO

Prezado colega, muito obrigado por seu interesse em STAR'S RESCUERS! Esse jogo representa nossa singela contribuição para a modernização do ensino da Física no Brasil. Sinceramente, desejamos que ele lhe proporcione boas experiências e contribua positivamente para seu trabalho em sala de aula.

Abaixo apresentamos algumas indicações orientativas, cuja adoção fica completamente a seu critério, mas, que em nosso entendimento serão muito úteis na condução de atividades com o uso deste jogo.

VOCÊ PRECISA SABER...

a) Este é um jogo didático e parte do princípio que os jogadores tiveram um contato preliminar com os conceitos elementares da evolução estelar, bem como serão orientados e/ou supervisionados por um professor de Física (ainda que remotamente), durante a realização das partidas.

b) STAR'S RESCUERS foi inspirado em jogos de tabuleiro de investigação/dedução populares no século passado. Assim, qualquer experiência prévia que os jogadores possuam sobre esse gênero de jogo ou literatura, será muito útil.

c) Esta versão de STAR'S RESCUERS é livre, podendo ser copiada, compartilhada, distribuída ou alterada de acordo com as necessidades do usuário, desde que sua utilização seja restrita ao apoio didático. Sua venda ou exploração comercial é terminantemente proibida.

d) Com exceção dos dados astronômicos nele contidos, o *enredo deste jogo é uma obra de ficção, qualquer semelhança com nomes, pessoas, fatos ou situações da vida real terá sido mera coincidência.*

COMO POSSO USAR ESSE MATERIAL?

STAR'S RESCUERS foi concebido para servir de material de apoio à aquisição da Competência específica nº 2 e das habilidades EM13CNT201, EM13CNT209 e EM13CNT303 previstas pela BNCC do Ensino Médio (BRASIL, 2018) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Adotou-se como tema central a evolução estelar, partindo do entendimento que sua compreensão é chave na interpretação da evolução do universo e dos objetos intra-galácticos, aí incluso o próprio sistema solar.

Em geral, uma breve introdução à Cosmologia e/ou a Física Moderna é realizada no último trimestre do 3º ano do Ensino Médio, razão pela qual assumimos que este é o momento mais oportuno para a aplicação do jogo.

Pode parecer uma descrição genérica, mas, STAR'S RESCUERS pode ser utilizado de inúmeras formas e para as mais diversas finalidades. Optando por uma abordagem mais conservadora, pode-se aplicá-lo como uma atividade de revisão de conteúdos antecedendo a avaliação escrita ou, mediante critérios preestabelecidos, em substituição a ela. Pode-se fruí-lo como atividade de encerramento do conteúdo ou como fonte de pesquisa complementar para uma atividade de portfólio. Que tal aplicar o jogo na introdução ao conteúdo, como motivação para o tema? Naturalmente a viabilidade de tais possibilidades deve ser avaliada em função das especificidades de cada turma e do contexto cultural da escola na qual ela está inserida.

Uma preocupação que certamente lhe ocorreu é em relação ao tempo. A duração da partida é estimada em 50 minutos, ou seja, compatível com 1 hora-aula. A duração depende muito do nível de habilidade e familiaridade da turma com atividades da espécie, tendendo a cair drasticamente à medida que os alunos dominam a mecânica do jogo.

"É da maior importância, na arte da dedução, saber distinguir, dentre os vários fatos, quais são os de vital importância"

Sherlock Holmes

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 6.2: Guia do professor – página 2

SOBRE OS CASOS ...

Existem ao menos cinco casos neste jogo, cada um dos quais está diretamente relacionado ao fato de que os arquivos do departamento de Astrofísica Estelar do Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** foram extraviados e seus computadores danificados. Mas..., não há ocasião para lamentar! Pelo contrário, o tempo não é um aliado. Por isso, jovens e promissores cientistas, foram convocados para recuperarem os dados disponíveis e usarem seus conhecimentos de astrofísica estelar para deduzir aqueles que não mais estão.

Para encerrar um caso, ou melhor: resolvê-lo, deve-se responder corretamente (embora não literalmente) à todos os itens exigidos. As instruções a cerca de como explorar o mapa, coletar pistas e conduzir a investigação estão no *Guia do Jogador*. Se, ao longo da partida, os pontos de confiança, atribuídos pelo **Diretor**, chegarem a **zero**, a equipe de **Investigadores** será destituída da missão. Sim... Nesse caso, TODOS perdem, inclusive a ciência. Portanto, coletar pistas com acuidade, ouvir os colegas nos momentos adequados, colaborar para a correta dedução das respostas, são atividades-chave em STAR'S RESCUERS.

Inobstante a isso, queremos encorajá-lo a ampliar o número de casos para além dos cinco originais. Seja seguindo o enredo inicialmente proposto ou desenvolvendo um paralelo a ele, crie seus próprios mistérios estelares! Os cuidados essenciais se restringem a garantir que os dados astronômicos sejam verossímeis, e que as pistas sejam coerentes (não se contradigam) e minimamente suficientes para a resolução dos itens em aberto. Seja criativo nas pistas "inúteis". E, o mais importante: divirta-se!

ALGUMAS DICAS ÚTEIS

- a) Planeje com antecedência a forma de aplicação do jogo e esclareça previamente a finalidade do mesmo. Lembre aos alunos que é uma atividade didática e, embora desejável, a diversão é um benefício secundário;
- b) Leia atentamente o Manual do Jogador e dê uma rápida olhada nos casos (pistas e soluções). Se possível, teste o jogo (sim.. jogue você mesmo!) junto a um pequeno grupo com o qual tenha mais afinidade. É provável que os alunos recorram a você para resolver interpretações divergentes e dar a palavra final em discussões inconclusivas;
- c) Antes de entregar os kits aos alunos, certifique-se de que estão completos e em condições adequadas de uso, tenha consigo componentes de reposição;
- d) Para otimizar a gestão do tempo, oriente os alunos a formarem os grupos antecipadamente ou, para obter equipes mais equilibradas, defina você próprio (a) a composição das mesmas;
- e) No que for possível, oriente-os sobre a estrita observância das regras, assim como a importância do respeito à dinâmica colaborativa imposta pelo jogo. A dimensão ética é essencial e deve estar presente em todas as atividades de cunho pedagógico;
- f) Nomeie um aluno por grupo para ficar responsável pela conferência, recolhimento e guarda dos componentes do jogo ao final da aula;
- g) Colete algum registro escrito, mesmo que apenas um por equipe, a respeito da experiência com o jogo. Essa medida auxiliará na verificação do atendimento aos objetivos propostos;
- h) Além da inclusão de novos casos, sinta-se à vontade para incluir, suprimir ou modificar regras que, com base na sua experiência, tornem a jogabilidade do mesmo mais adequada aos objetivos didáticos alvejados;
- i) Pondere que a aplicação do jogo é apenas um dos tópicos de sua sequência didática sobre evolução estelar, mas, permitirá a obtenção de subsídios para as intervenções futuras - com ou sem o uso desse ou qualquer outro jogo didático.

PARA SABER MAIS...

STAR'S RESCUERS foi desenvolvido com o objetivo de estimular a curiosidade e o interesse dos jovens (de todas as idades) pelo estudo da Astronomia e da Astrofísica, nesta edição priorizando a evolução estelar. Ele é parte da dissertação de mestrado denominada "**Star's Rescuers: Um jogo de tabuleiro colaborativo para o ensino da Evolução Estelar**" apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal Tecnológica do Paraná - Campus Medianeira, vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, coordenado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF).

Dúvidas, críticas e sugestões podem ser encaminhadas para o e-mail: starsrescuers@gmail.com

Fonte: Autoria própria (2021)

7 CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO NÃO-VIOLENTA

CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO NÃO-VIOLENTA DOS STAR'S RESCUERS

Em *Star's Rescuers* cooperação e trabalho em equipe são fundamentais para uma boa experiência de jogo e, também, de aprendizado. Para isso, é essencial que os integrantes da equipe se comuniquem de forma efetiva, seja consigo mesmos ou com seus colegas de partida.

Assim, neste jogo, adotaremos as premissas do modelo de comunicação não violenta - CNV, desenvolvida pelo psicólogo norte-americano Marshall Rosenberg (1934-2015), quais são:

- I. Um comportamento humano está sempre associado à satisfação de uma necessidade. Logo, comportamentos negativos (violentos) são expressões inadequadas para as necessidades não atendidas.
- II. Ao longo da história da civilização, os grupos humanos trabalharam colaborativamente para enfrentar situações adversas, estabelecendo relações virtuosas para o mútuo atendimento das suas necessidades.

Passos da Comunicação Não-Violenta:

#1 Observação

Em primeiro lugar, é necessário observar o que realmente está acontecendo em determinada situação. Questione se a mensagem que está sendo recebida, seja por meio de fala ou de ações, tem algo a acrescentar de forma positiva. O segredo é fazer essa observação sem criar um juízo de valor, apenas compreender aquilo que “gosta” e o que não, no que está acontecendo e nas ações do outro.

#2 Interpretação dos sentimentos

Em seguida, procure entender quais sentimentos a situação desperta depois da observação. É importante nomear o que se sente, por exemplo, mágoa, medo, felicidade, raiva, entre outros. É importante se permitir ser vulnerável para resolver conflitos e saber a diferença entre o que se sente, o que se pensa ou interpreta a partir dos fatos concretos.

#3 Identificação das necessidades

A partir da compreensão de qual sentimento foi despertado, é preciso reconhecer quais necessidades estão ligadas a ele. Rosenberg ressalta que quando alguém expressa suas necessidades, há uma possibilidade maior de que elas sejam atendidas e que a consciência desses três componentes vem de uma análise pessoal clara e honesta.

#4 Elaboração do pedido

Por meio de uma solicitação específica, ligada a ações concretas, é possível deixar claro o que se quer da outra pessoa. Diga o que você realmente precisa! Use uma linguagem positiva, em forma de afirmação, para fazer o pedido. Evite frases abstratas, vagas, ou ambíguas.

Divirta-se!

8 CASOS PARA INVESTIGAÇÃO COM PRIMEIRA PISTA

Figura 8.1: Ficha do Caso 1



Caso 1

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Caros **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** instalou-se recentemente em sua localização definitiva: um amplo e moderno complexo devidamente equipado para as desafiadoras atividades científicas as quais se dedica. No entanto... imprevistos acontecem. Durante a mudança, por culpa da transportadora, o *container* que guardava os arquivos e computadores do departamento de Astrofísica Estelar foi danificado. Com isso, documentos e registros eletrônicos de vários objetos estelares monitorados pelos pesquisadores foram indevidamente espalhados nas diversas áreas do instituto. Cabe à sua equipe, formada por jovens e talentosos cientistas, o resgate dessas informações. A reputação do instituto está em risco. Sejam discretos e perspicazes, trabalhem em equipe, contamos com vocês!

Descrição: Em nossos sistemas, há informações incompletas sobre um objeto estelar identificado pelo código interno OE2021-11. Até o momento, sabemos que ele pertence à constelação do Cisne e possui cerca de 8,7 Massas solares.

Descubra: a) Que tipo de objeto é ele; b) Seu verdadeiro nome; c) Sua distância em relação à terra; d) Qual o tipo de radiação emite.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8.2: Ficha do Caso 2



Caso 2

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Caros **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** instalou-se recentemente em sua localização definitiva: um amplo e moderno complexo devidamente equipado para as desafiadoras atividades científicas as quais se dedica. No entanto... imprevistos acontecem. Durante a mudança, por culpa da transportadora, o *container* que guardava os arquivos e computadores do departamento de Astrofísica Estelar foi danificado. Com isso, documentos e registros eletrônicos de vários objetos estelares monitorados pelos pesquisadores foram indevidamente espalhados nas diversas áreas do instituto. Cabe à sua equipe, formada por jovens e talentosos cientistas, o resgate dessas informações. A reputação do instituto está em risco. Sejam discretos e perspicazes, trabalhem em equipe, contamos com vocês!

Descrição: Em nossos sistemas, há informações insuficientes sobre um objeto estelar identificado pelo código interno OE2021-12. Até o momento, sabemos que ele pertence à constelação de Órion e está a cerca de 650 anos-luz da Terra.

Descubra: a) Que tipo de objeto é ele; b) Seu verdadeiro nome; c) Sua posição no diagrama H-R; d) Qual evento marcará o estágio final de sua evolução;

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8.3: Ficha do Caso 3



Caso 3

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Caros **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** instalou-se recentemente em sua localização definitiva: um amplo e moderno complexo devidamente equipado para as desafiadoras atividades científicas as quais se dedica. No entanto... imprevistos acontecem. Durante a mudança, por culpa da transportadora, o *container* que guardava os arquivos e computadores do departamento de Astrofísica Estelar foi danificado. Com isso, documentos e registros eletrônicos de vários objetos estelares monitorados pelos pesquisadores foram indevidamente espalhados nas diversas áreas do instituto. Cabe à sua equipe, formada por jovens e talentosos cientistas, o resgate dessas informações. A reputação do instituto está em risco. Sejam discretos e perspicazes, trabalhem em equipe, contamos com vocês!

Descrição: Nossos técnicos constataram que informações sobre o objeto estelar identificado pelo código interno OE2021-13 foram perdidas. Até o momento, sabemos que ele pertence à constelação do Boieiro e possui cerca de 170 vezes a luminosidade do Sol.

Descubra: a) Qual a cor aparente da estrela?; b) Como terminará seu ciclo evolutivo?; c) Sua distância em relação à Terra; d) Qual sua idade estimada?.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8.4: Ficha do Caso 4



Caso 4

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Caros **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** instalou-se recentemente em sua localização definitiva: um amplo e moderno complexo devidamente equipado para as desafiadoras atividades científicas as quais se dedica. No entanto... imprevistos acontecem. Durante a mudança, por culpa da transportadora, o *container* que guardava os arquivos e computadores do departamento de Astrofísica Estelar foi danificado. Com isso, documentos e registros eletrônicos de vários objetos estelares monitorados pelos pesquisadores foram indevidamente espalhados nas diversas áreas do instituto. Cabe à sua equipe, formada por jovens e talentosos cientistas, o resgate dessas informações. A reputação do instituto está em risco. Sejam discretos e perspicazes, trabalhem em equipe, contamos com vocês!

Descrição: Em nossos sistemas, há informações insuficientes sobre um objeto estelar identificado pelo código interno OE2021-14. Até o momento, sabemos seu nome oficial: J1102 e que ele pertence à constelação da Ursa Maior.

Descubra: a) Que tipo de objeto é ele; b) Sua temperatura superficial; c) Sua posição no diagrama H-R; d) Sua distância em relação à Terra;

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8.5: Ficha do Caso 5



**STAR'S
RESCUERS**

Caso 5

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Caros **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** instalou-se recentemente em sua localização definitiva: um amplo e moderno complexo devidamente equipado para as desafiadoras atividades científicas as quais se dedica. No entanto... imprevistos acontecem. Durante a mudança, por culpa da transportadora, o *container* que guardava os arquivos e computadores do departamento de Astrofísica Estelar foi danificado. Com isso, documentos e registros eletrônicos de vários objetos estelares monitorados pelos pesquisadores foram indevidamente espalhados nas diversas áreas do instituto. Cabe à sua equipe, formada por jovens e talentosos cientistas, o resgate dessas informações. A reputação do instituto está em risco. Sejam discretos e perspicazes, trabalhem em equipe, contamos com vocês!

Descrição: Nossos técnicos constataram que informações sobre o objeto estelar identificado pelo código interno OE2021-15 foram perdidas. Até o momento, sabemos que ela é uma estrela da sequência principal do diagrama H-R, localizada à 50 anos-luz de distância da Terra.

Descubra: a) Quanto é a temperatura superficial da estrela?; b) No atual estágio evolutivo, qual sua fonte de energia?; c) Seu nome oficial; d) Qual sua idade estimada?.

Fonte: Autoria própria (2021)

9 RESPOSTA DOS CASOS

Figura 9.1: Resposta do Caso 1



Resposta: Caso 1

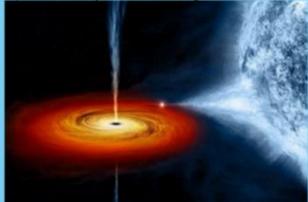
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Prezados **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está satisfeito com seus serviços, parabéns por terem chegado até aqui! Será uma grande honra, dentro de alguns anos, oferecer a oportunidade de que possam integrar o quadro efetivo de pesquisadores desta instituição. Ademais, não se acomode: sempre há novos desafios para mentes curiosas e perseverantes!

Respostas: Em relação ao objeto estelar OE2021-11,

a) Que tipo de objeto é ele? R: **Buraco negro**;
 b) Seu verdadeiro nome? R: **Cygnus X-1**;
 c) Sua distância em relação à terra? R: **6 197 anos-luz**;
 d) Que o tipo de radiação emite? R: **Raios X**.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9.2: Resposta do Caso 2



Resposta: Caso 2

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Prezados **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está satisfeito com seus serviços, parabéns por terem chegado até aqui! Será uma grande honra, dentro de alguns anos, oferecer a oportunidade de que possam integrar o quadro efetivo de pesquisadores desta instituição. Ademais, não se acomode: sempre há novos desafios para mentes curiosas e perseverantes!

Respostas: Em relação ao objeto estelar OE2021-12,

a) Que tipo de objeto é ele? R: Uma **Supergigante Azul**;
 b) Seu verdadeiro nome? R: **Saiph**;
 c) Posição no diagrama H-R? R: **Canto superior esquerdo**;
 d) Evento que marcará o final de sua evolução? R: **Supernova tipo II**.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9.3: Resposta do Caso 3



**STAR'S
RESCUERS**

Resposta: Caso 3



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Prezados **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está satisfeito com seus serviços, parabéns por terem chegado até aqui! Será uma grande honra, dentro de alguns anos, oferecer a oportunidade de que possam integrar o quadro efetivo de pesquisadores desta instituição. Ademais, não se acomode: sempre há novos desafios para mentes curiosas e perseverantes!

Respostas: Em relação ao objeto estelar OE2021-13,

a) A cor aparente da estrela? R: **Vermelha**;
 b) Como terminará seu ciclo evolutivo? R: como uma **anã branca**;
 c) Sua distância em relação à Terra? R: cerca de **33 anos-luz**;
 d) Qual sua idade estimada? R: **7 bilhões de anos**.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9.4: Resposta do Caso 4



**STAR'S
RESCUERS**

Resposta: Caso 4



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Prezados **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está satisfeito com seus serviços, parabéns por terem chegado até aqui! Será uma grande honra, dentro de alguns anos, oferecer a oportunidade de que possam integrar o quadro efetivo de pesquisadores desta instituição. Ademais, não se acomode: sempre há novos desafios para mentes curiosas e perseverantes!

Respostas: Em relação ao objeto estelar OE2021-14,

a) Que tipo de objeto é ele? R: Uma **anã branca**;
 b) Sua temperatura superficial? R: Entre **2000 e 2100 K**;
 c) Sua posição no diagrama H-R? R: Canto **inferior esquerdo**;
 d) Sua distância em relação à Terra? R: **100 anos-luz**.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9.5: Resposta do Caso 5



**STAR'S
RESCUERS**

Resposta: Caso 5



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

TOP SECRET

Prezados **Investigadores**, o Instituto de Pesquisas Espaciais **João Evangelista Steiner** está satisfeito com seus serviços, parabéns por terem chegado até aqui! Será uma grande honra, dentro de alguns anos, oferecer a oportunidade de que possam integrar o quadro efetivo de pesquisadores desta instituição. Ademais, não se acomode: sempre há novos desafios para mentes curiosas e perseverantes!

Respostas: Em relação ao objeto estelar OE2021-15,

- a) Temperatura superficial da estrela? R: **5 500 K**;
- b) Fonte de energia, no estágio atual? R: fusão do **hidrogênio**;
- c) Nome oficial? R: **Helvetios** (ou **51 Pegasi**);
- d) Qual sua idade estimada? R: **7,5 bilhões de anos**.



Fonte: Autoria própria (2021)

10 PISTAS DO CASO 1

Figura 10.1: Pistas 02 a 04 do Caso 1

 <p>STAR'S RESCUERS</p> <p>Caso 1</p>	<p>Pista 02 - Estudos Climáticos</p> <p>O que há por aqui? Nesta sala são compilados e analisados dados climáticos de diversas regiões do mundo, a partir deles são divulgados relatórios técnicos para as mais diversas finalidades.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i> nesta sala encontramos um relatório, segundo o qual fica evidente que OE2021-11 é muito diferente do Sol, em seu estágio atual.</p>
 <p>STAR'S RESCUERS</p> <p>Caso 1</p>	<p>Pista 03 - Satélites e Imagens</p> <p>O que há por aqui? Aqui os satélites do Instituto tem seu funcionamento monitorado, bem como há o tratamento das imagens por eles produzidas.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, o estudo das imagens mostra que o objeto OE2021-11 não pode ter sua existência confirmada apenas por informações visuais.</p>
 <p>STAR'S RESCUERS</p> <p>Caso 1</p>	<p>Pista 04 - Computação científica</p> <p>O que há por aqui? Neste centro, processamos grande quantidade de dados e, também, realizamos complexos cálculos por meio dos computadores de grande porte.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, a análise dos dados astronômicos indica que o objeto OE2021-11 está situado à 6 197 anos-luz da Terra.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 10.2: Pistas 05 a 07 do Caso 1



Pista 05 - Meteorologia

O que há por aqui? O departamento de meteorologia, com base em seus diversos instrumentos, emite boletins sobre a previsão do tempo e as condições atmosféricas nas áreas monitoradas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, tentamos lhe ajudar, mas, apenas encontramos aqui uma anotação indicando que OE2021-11 não pertence à sequência principal.



Pista 06 - Observatório

O que há por aqui? Neste observatório astronômico são recebidas e processadas imagens de diversas fontes e instrumentos de observação.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em relação ao objeto OE2021-11, identificamos tratar-se de uma fonte de emissão de raios-X.



Pista 07 - Biblioteca

O que há por aqui? Nesta biblioteca são guardados e disponibilizados, apenas para consulta, livros, revistas científicas e trabalhos de pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, fique atento à prática de que a unidade de medida mais usada para distâncias estelares é o **parsec**, símbolo pc, cuja equivalência é:

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ anos-luz} = 2,06 \times 10^5 \text{ UA} = 3,08 \times 10^{16} \text{ m}$$

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 10.3: Pistas 08 a 10 do Caso 1

**Pista 08 - Anfiteatro**

O que há por aqui? Neste auditório são ministradas palestras e apresentações de trabalhos dos pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em uma palestra aqui recentemente ministrada, revelou-se que a massa inicial é um fator determinante na jornada evolutiva de uma estrela.

**Pista 09 - Refeitório**

O que há por aqui? Nesta área são servidas as refeições e há espaço para convivência entre as pessoas do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, aqui ouvimos pesquisadores comentando que a "cor" da estrela está diretamente relacionada à temperatura de sua superfície.

**Pista 10 - Ensino**

O que há por aqui? Neste departamento são ministrados os cursos de Mestrado e Doutorado, nas áreas de atuação deste instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, recentemente estudamos as propriedades de algumas anãs marrons, às vezes também chamadas de anãs castanhas. Elas não chegaram a "nascer" como estrelas.

Figura 10.4: Pistas 11 a 13 do Caso 1



Pista 11 - Geofísica

O que há por aqui? Neste departamento são realizados estudos sismológicos terrestres e do comportamento geomagnético dos planetas vizinhos.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, nossos pesquisadores apoiam a tese de que os elementos químicos mais pesados do sistema solar foram herdados de estrelas que explodiram há bilhões de anos.



Pista 12 - Engenharia Espacial

O que há por aqui? Neste centro são desenvolvidos equipamentos para atividades de exploração espacial, inclusive módulos de solo.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, encontramos em nosso acervo um estudo referente ao objeto estelar OE2021-11, sugerindo que o mesmo possuía inicialmente cerca de 40 massas solares. Espero que essa informação o ajude.



Pista 13 - Laboratório de Materiais

O que há por aqui? Neste laboratório são realizados testes e análises de novos materiais para uso em atividades espaciais.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, no contexto astronômico, luminosidade e brilho são grandezas distintas. O primeiro se refere à quantidade total de energia por segundo irradiada pela estrela, já o brilho se refere a taxa de incidência dessa energia, para o observador, por unidade de área.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 10.5: Pistas 14 a 17 do Caso 1

	<p>Pista 14 - Laboratório de Robótica</p> <p>O que há por aqui? Aqui são desenvolvidos robôs para a realização de atividades perigosas ou de elevado risco.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, recuperamos parcialmente uma mídia danificada, nela afirma-se que o objeto OE2021-II é, na verdade, Cygnus X-1.</p>
	<p>Pista 15 - Laboratório de Combustíveis</p> <p>O que há por aqui? Neste laboratório são pesquisadas novas formas de gerar energia, mais seguras, limpas e eficientes.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, o nascimento de uma estrela se dá a partir do momento que ela começa transformar hidrogênio em hélio por meio de um processo denominado fusão nuclear.</p>
	<p>Pista 16 - Comunicação</p> <p>O que há por aqui? Neste departamento são editados os documentos oficiais, as publicações científicas e as atualizações do site do instituto.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, leve em consideração que a expectativa de vida de uma estrela é inversamente proporcional à sua massa. Estrelas anãs podem permanecer ativas por vários bilhões de anos, ao passo que as supergigantes apenas poucos milhões.</p>
	<p>Pista 17 - Administração</p> <p>O que há por aqui? Neste prédio, além dos procedimentos burocráticos, são tomadas importantes decisões sobre o futuro do instituto.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, a maioria das estrelas por nós conhecidas, a exemplo do Sol, estão situadas na sequência principal do diagrama H-R.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

11 PISTAS DO CASO 2

Figura 11.1: Pistas 02 a 04 do Caso 2

	<p>Pista 02 - Estudos Climáticos</p> <p>O que há por aqui? Nesta sala são compilados e analisados dados climáticos de diversas regiões do mundo, a partir deles são divulgados relatórios técnicos para as mais diversas finalidades.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i> nesta sala encontramos parte de um resumo técnico, nele afirma-se que OE2021-12 é a 6ª estrela mais brilhante da constelação de Órion.</p>
	<p>Pista 03 - Satélites e Imagens</p> <p>O que há por aqui? Aqui os satélites do Instituto tem seu funcionamento monitorado, bem como há o tratamento das imagens por eles produzidas.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, o estudo das imagens mostra que o objeto OE2021-12 é visível a olho nu no céu noturno. Por outro lado, a maior parte da radiação por ela emitida está na faixa do ultravioleta.</p>
	<p>Pista 04 - Computação científica</p> <p>O que há por aqui? Neste centro, processamos grande quantidade de dados e, também, realizamos complexos cálculos por meio dos computadores de grande porte.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, a análise dos dados astronômicos indica que o objeto OE2021-12 é massivo, possuindo cerca de 15 massas solares e temperatura superficial de mais de 26 000 K.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 11.2: Pistas 05 a 07 do Caso 2



Pista 05 - Meteorologia

O que há por aqui? O departamento de meteorologia, com base em seus diversos instrumentos, emite boletins sobre a previsão do tempo e as condições atmosféricas nas áreas monitoradas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, tentamos lhe ajudar, mas, apenas encontramos aqui uma anotação indicando que OE2021-12 pertence ao ramo das *Supergigantes*.



Pista 06 - Observatório

O que há por aqui? Neste observatório astronômico são recebidas e processadas imagens de diversas fontes e instrumentos de observação.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em relação ao objeto OE2021-12, identificamos tratar-se de uma estrela cujo raio equivale a 22,4 vezes ao do Sol e, ainda, que possui luminosidade 56 mil vezes maior que a solar.



Pista 07 - Biblioteca

O que há por aqui? Nesta biblioteca são guardados e disponibilizados, apenas para consulta, livros, revistas científicas e trabalhos de pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, fique atento ao fato de que a unidade de medida padrão para temperatura no Sistema Internacional de Unidades é o *kelvin*, símbolo **K**. Temperaturas estelares são apresentadas nesta unidade.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 11.3: Pistas 08 a 10 do Caso 2

**Pista 08 - Anfiteatro**

O que há por aqui? Neste auditório são ministradas palestras e apresentações de trabalhos dos pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em uma palestra aqui recentemente ministrada, destacou-se que a coloração aparente (ou seja, o espectro visível) varia do vermelho opaco ao branco-azulado em razão da temperatura superficial da estrela.

**Pista 09 - Refeitório**

O que há por aqui? Nesta área são servidas as refeições e há espaço para convivência entre as pessoas do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, aqui ouvimos pesquisadores comentando que, dentre os 12 elementos químicos mais abundantes no corpo humano, 11 são formados no interior das estrelas ou quando estas explodem em supernovas.

**Pista 10 - Ensino**

O que há por aqui? Neste departamento são ministrados os cursos de Mestrado e Doutorado, nas áreas de atuação deste instituto.

Fato novo: Sr(a). *Investigador (a)*, recentemente estudamos modelos para as anãs azuis, estrelas originadas a partir da evolução de anãs vermelhas. São objetos estelares hipotéticos, nosso universo é jovem demais para que uma delas tenha se formado.

Figura 11.4: Pistas 11 a 13 do Caso 2



Pista 11 - Geofísica

O que há por aqui? Neste departamento são realizados estudos sismológicos terrestres e do comportamento geomagnético dos planetas vizinhos.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, os pesquisadores sempre chamam nossa atenção para o fato de que, ao observarmos as estrelas, estamos contemplando o passado: estamos limitados pela velocidade da luz!



Pista 12 - Engenharia Espacial

O que há por aqui? Neste centro são desenvolvidos equipamentos para atividades de exploração espacial, inclusive módulos de solo.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, encontramos em nosso acervo um estudo referente ao objeto estelar OE2021-12, sugerindo que uma estrela com tamanha massa e luminosidade não pertence à sequência principal do diagrama H-R.



Pista 13 - Laboratório de Materiais

O que há por aqui? Neste laboratório são realizados testes e análises de novos materiais para uso em atividades espaciais.

Fato novo: Sr(a). *Investigador (a)*, reavemos parcialmente os dados de um banco de dados antigo. Nele o objeto OE2021-12 corresponde à estrela *Saiph* (lê-se "sáifi").

Figura 11.5: Pistas 14 a 17 do Caso 2



Pista 14 - Laboratório de Robótica

O que há por aqui? Aqui são desenvolvidos robôs para a realização de atividades perigosas ou de elevado risco.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), o ato de "dar nome" as estrelas chama-se nomenclatura ou designação estelar. Essa atividade é atribuição da União Astronômica Internacional (UAI). Muitos nomes antigos foram mantidos.



Pista 15 - Laboratório de Combustíveis

O que há por aqui? Neste laboratório são pesquisadas novas formas de gerar energia, mais seguras, limpas e eficientes.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), a evolução estelar é caracterizada por diferentes estágios nos quais a estrela transforma parte de sua massa em energia.



Pista 16 - Comunicação

O que há por aqui? Neste departamento são editados os documentos oficiais, as publicações científicas e as atualizações do site do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), leve em consideração que a expectativa de vida de uma estrela é inversamente proporcional à sua massa. Estrelas anãs podem permanecer ativas por vários bilhões de anos, ao passo que as supergigantes apenas poucos milhões.



Pista 17 - Administração

O que há por aqui? Neste prédio, além dos procedimentos burocráticos, são tomadas importantes decisões sobre o futuro do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), encontramos aqui um memorando esclarecendo que a explosão de estrelas massivas quando do final de sua evolução, fenômeno conhecido como *supernova*, é um fato instantâneo e não um dos estágios da evolução estelar.

12 PISTAS DO CASO 3

Figura 12.1: Pistas 02 a 04 do Caso 3

	<p>Pista 02 - Estudos Climáticos</p> <p>O que há por aqui? Nesta sala são compilados e analisados dados climáticos de diversas regiões do mundo, a partir deles são divulgados relatórios técnicos para as mais diversas finalidades.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i> nesta sala encontramos um relatório, segundo o qual fica evidente que OE2021-13, em algum dos estágios de sua evolução, foi muito semelhante ao Sol.</p>
	<p>Pista 03 - Satélites e Imagens</p> <p>O que há por aqui? Aqui os satélites do Instituto tem seu funcionamento monitorado, bem como há o tratamento das imagens por eles produzidas.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, o estudo das imagens mostra que o objeto OE2021-13 é visível a olho nu e está entre os dez objetos mais brilhantes no céu noturno.</p>
	<p>Pista 04 - Computação científica</p> <p>O que há por aqui? Neste centro, processamos grande quantidade de dados e, também, realizamos complexos cálculos por meio dos computadores de grande porte.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, a análise dos dados astronômicos indica que o objeto OE2021-13 possui cerca de 1,1 massas solares e temperatura superficial em torno de 4 300 K.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 12.2: Pistas 05 a 07 do Caso 3



Pista 05 - Meteorologia

O que há por aqui? O departamento de meteorologia, com base em seus diversos instrumentos, emite boletins sobre a previsão do tempo e as condições atmosféricas nas áreas monitoradas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, tentamos lhe ajudar, mas, apenas encontramos aqui uma anotação indicando que OE2021-13 é a estrela Arcturo, a mais brilhante da constelação do Boieiro.



Pista 06 - Observatório

O que há por aqui? Neste observatório astronômico são recebidas e processadas imagens de diversas fontes e instrumentos de observação.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em relação ao objeto OE2021-13, chamou nossa atenção o fato de ser uma estrela relativamente fria, cujo raio é cerca de 25 vezes o do Sol.



Pista 07 - Biblioteca

O que há por aqui? Nesta biblioteca são guardados e disponibilizados, apenas para consulta, livros, revistas científicas e trabalhos de pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, pondere que os objetos astronômicos, assim como tudo no universo, estão em constante mudança. Além disso, as medidas são frequentemente revisadas, com novos métodos e o uso de equipamentos mais sofisticados.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 12.3: Pistas 08 a 10 do Caso 3



Pista 08 - Anfiteatro

O que há por aqui? Neste auditório são ministradas palestras e apresentações de trabalhos dos pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em uma palestra aqui recentemente ministrada, discutiram-se as propriedades dos *buracos brancos*. São objetos astronômicos hipotéticos, cujo comportamento é o oposto ao dos buracos negros: uma região do espaço na qual nada pode adentrar. Cogita-se que eles seriam "vertedouros" de matéria.



Pista 09 - Refeitório

O que há por aqui? Nesta área são servidas as refeições e há espaço para convivência entre as pessoas do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em Astrofísica fala-se na **metalicidade** de uma estrela, para referir-se ao percentual de sua massa constituída por elementos químicos *distintos* do hidrogênio e do hélio. Esses elementos exóticos não são necessariamente metais, na forma como estão definidos pela Química.



Pista 10 - Ensino

O que há por aqui? Neste departamento são ministrados os cursos de Mestrado e Doutorado, nas áreas de atuação deste instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, as anãs vermelhas são muito abundantes no universo, pertencem à sequência principal, são relativamente frias, possuem baixa massa e luminosidade inferior a do Sol. Sugiro que avalies se OE2021-13 pode ser uma anã vermelha.

Figura 12.4: Pistas 11 a 13 do Caso 3



Pista 11 - Geofísica

O que há por aqui? Neste departamento são realizados estudos sismológicos terrestres e do comportamento geomagnético dos planetas vizinhos.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, nossos pesquisadores apoiam a tese de que os elementos químicos mais pesados do sistema solar foram herdados de estrelas que explodiram há bilhões de anos.



Pista 12 - Engenharia Espacial

O que há por aqui? Neste centro são desenvolvidos equipamentos para atividades de exploração espacial, inclusive módulos de solo.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, encontramos em nosso acervo um estudo referente ao objeto estelar OE2021-13, indicando, com os dados atuais, que está situado a cerca de 33 anos-luz da Terra.



Pista 13 - Laboratório de Materiais

O que há por aqui? Neste laboratório são realizados testes e análises de novos materiais para uso em atividades espaciais.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, a *espectroscopia astronômica*, consiste na análise da radiação eletromagnética emitida pelos corpos celestes. É uma técnica essencial para as pesquisas na área da Evolução Estelar. Dentre outras coisas, ela permite determinar a temperatura e a composição química de uma estrela.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 12.5: Pistas 14 a 17 do Caso 3



Pista 14 - Laboratório de Robótica

O que há por aqui? Aqui são desenvolvidos robôs para a realização de atividades perigosas ou de elevado risco.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), um dos robôs por nós projetados participa de um programa de monitoramento de estrelas. Com o auxílio dele, foi possível reavaliar e manter a idade estimada do objeto OE2021-13 em 7 bilhões de anos.



Pista 15 - Laboratório de Combustíveis

O que há por aqui? Neste laboratório são pesquisadas novas formas de gerar energia, mais seguras, limpas e eficientes.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), a maioria das estrelas conhecidas, inclusive o Sol, estão relacionadas na sequência principal do diagrama H-R. Nesse estágio de suas evoluções as estrelas obtêm energia fundindo hidrogênio em hélio.



Pista 16 - Comunicação

O que há por aqui? Neste departamento são editados os documentos oficiais, as publicações científicas e as atualizações do site do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), tomamos contato com publicações teorizando sobre as *anãs negras*. Elas, hipoteticamente, são remanescentes estelares originadas a partir de anãs brancas que esfriaram o bastante para não emitir mais luz ou calor. O universo é jovem demais para supor que algum desses objetos já tenha se formado.



Pista 17 - Administração

O que há por aqui? Neste prédio, além dos procedimentos burocráticos, são tomadas importantes decisões sobre o futuro do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), você já sabe, mas, entendemos oportuno reforçar que o diagrama H-R permite a classificação das estrelas em função da relação entre suas luminosidades e respectivas temperaturas. Ele não deve ser confundido com um mapa celeste.

Fonte: Autoria própria (2021)

13 PISTAS DO CASO 4

Figura 13.1: Pistas 02 a 04 do Caso 4

**Pista 02 - Estudos Climáticos**

O que há por aqui? Nesta sala são compilados e analisados dados climáticos de diversas regiões do mundo, a partir deles são divulgados relatórios técnicos para as mais diversas finalidades.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)* um remanescente estelar, também chamado de *objeto compacto*, é o produto final (o "resíduo") da evolução de uma estrela. Nessa categoria de objetos encontram-se os buracos negros, as anãs brancas, as estrelas de nêutrons e as estrelas exóticas.

**Pista 03 - Satélites e Imagens**

O que há por aqui? Aqui os satélites do Instituto tem seu funcionamento monitorado, bem como há o tratamento das imagens por eles produzidas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, o estudo das imagens mostra que o objeto OE2021-14, possivelmente, é um dos astros mais antigos de nosso universo, com idade estimada em até 12 bilhões de anos.

**Pista 04 - Computação científica**

O que há por aqui? Neste centro, processamos grande quantidade de dados e, também, realizamos complexos cálculos por meio dos computadores de grande porte.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, a análise dos dados astronômicos indica que o objeto OE2021-14 possui massa inferior a do Sol e temperatura superficial em torno de 2 100 K.

Figura 13.2: Pistas 05 a 07 do Caso 4



Pista 05 - Meteorologia

O que há por aqui? O departamento de meteorologia, com base em seus diversos instrumentos, emite boletins sobre a previsão do tempo e as condições atmosféricas nas áreas monitoradas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, tentamos lhe ajudar, mas, apenas encontramos aqui uma anotação indicando que OE2021-14 não pertence à sequência principal.



Pista 06 - Observatório

O que há por aqui? Neste observatório astronômico são recebidas e processadas imagens de diversas fontes e instrumentos de observação.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em relação ao objeto OE2021-14, identificamos, por meio dos diversos meios de que dispomos, que está cerca de 100 anos-luz de distância da Terra.



Pista 07 - Biblioteca

O que há por aqui? Nesta biblioteca são guardados e disponibilizados, apenas para consulta, livros, revistas científicas e trabalhos de pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, pondere que os objetos astronômicos, assim como tudo no universo, estão em constante mudança. Além disso, as medidas são frequentemente revisadas, com novos métodos e o uso de equipamentos mais sofisticados.

Fonte: Aatoria própria (2021)

Figura 13.3: Pistas 08 a 10 do Caso 4



Pista 08 - Anfiteatro

O que há por aqui? Neste auditório são ministradas palestras e apresentações de trabalhos dos pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em uma palestra aqui recentemente ministrada, explanou-se que a *zona habitável* de uma estrela corresponde à região do sistema estelar no qual poderia existir água líquida e, portanto, condições de temperatura para a manutenção da vida.



Pista 09 - Refeitório

O que há por aqui? Nesta área são servidas as refeições e há espaço para convivência entre as pessoas do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, há pouco, ouvimos alguns pesquisadores comentando que o destino de todas as estrelas cuja massa é de até 10 massas solares é findar seus dias (bilhões de anos, na verdade) como uma anã branca.



Pista 10 - Ensino

O que há por aqui? Neste departamento são ministrados os cursos de Mestrado e Doutorado, nas áreas de atuação deste instituto.

Fato novo: Sr(a). *Investigador (a)*, *estrelas exóticas* são objetos compactos (remanescentes estelares) cuja composição química ainda não é plenamente compreendida ou não está suficientemente esclarecida pela comunidade astronômica.

Figura 13.4: Pistas 11 a 13 do Caso 4



Pista 11 - Geofísica

O que há por aqui? Neste departamento são realizados estudos sismológicos terrestres e do comportamento geomagnético dos planetas vizinhos.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, os pesquisadores sempre chamam nossa atenção para o fato de que, ao observarmos as estrelas, estamos contemplando o passado: estamos limitados pela velocidade da luz!



Pista 12 - Engenharia Espacial

O que há por aqui? Neste centro são desenvolvidos equipamentos para atividades de exploração espacial, inclusive módulos de solo.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, ao contrário do que se costuma pensar, as além dos mais diversos tipos de telescópios ópticos, os estudos astronômicos empregam radiotelescópios, cuja finalidade é captar e identificar sinais cuja frequência está fora do espectro visível.



Pista 13 - Laboratório de Materiais

O que há por aqui? Neste laboratório são realizados testes e análises de novos materiais para uso em atividades espaciais.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, os *buracos negros* estão entre os objetos astronômicos mais intrigantes e misteriosos do universo. Em teoria, qualquer corpo celeste pode tornar-se um buraco negro, desde que se possua densidade o suficiente para dar origem ao colapso gravitacional.

Figura 13.5: Pistas 14 a 17 do Caso 4

 <p>STARIS RESQUERS</p> <p>Caso 4</p>	<p>Pista 14 - Laboratório de Robótica</p> <p>O que há por aqui? Aqui são desenvolvidos robôs para a realização de atividades perigosas ou de elevado risco.</p> <p>Fato novo: Sr (a). Investigador (a), o ato de "dar nome" as estrelas chama-se <i>nomenclatura</i> ou <i>designação</i> estelar. Estrelas recentemente descobertas, como a J1102, recebem uma designação alfanumérica, ao passo que aquelas conhecidas há séculos tiveram seus nomes antigos mantidos pela comunidade astronômica.</p>
 <p>STARIS RESQUERS</p> <p>Caso 4</p>	<p>Pista 15 - Laboratório de Combustíveis</p> <p>O que há por aqui? Neste laboratório são pesquisadas novas formas de gerar energia, mais seguras, limpas e eficientes.</p> <p>Fato novo: Sr (a). Investigador (a), a evolução estelar é caracterizada por diferentes estágios nos quais a estrela transforma parte de sua massa em energia.</p>
 <p>STARIS RESQUERS</p> <p>Caso 4</p>	<p>Pista 16 - Comunicação</p> <p>O que há por aqui? Neste departamento são editados os documentos oficiais, as publicações científicas e as atualizações do site do instituto.</p> <p>Fato novo: Sr (a). Investigador (a), preste atenção ao fato de que diversos corpos celestes possuem o termo "estrela" em seus nomes. No entanto, no estágio de evolução no qual se encontram, não realizam mais a fusão nuclear e, por isso, não são mais estrelas!</p>
 <p>STARIS RESQUERS</p> <p>Caso 4</p>	<p>Pista 17 - Administração</p> <p>O que há por aqui? Neste prédio, além dos procedimentos burocráticos, são tomadas importantes decisões sobre o futuro do instituto.</p> <p>Fato novo: Sr (a). Investigador (a), encontramos aqui um memorando esclarecendo que a explosão de estrelas massivas quando do final de sua evolução, fenômeno conhecido como <i>supernova</i>, é um fato instantâneo e não um dos estágios da evolução estelar.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

14 PISTAS DO CASO 5

Figura 14.1: Pistas 02 a 04 do Caso 5

	<p>Pista 02 - Estudos Climáticos</p> <p>O que há por aqui? Nesta sala são compilados e analisados dados climáticos de diversas regiões do mundo, a partir deles são divulgados relatórios técnicos para as mais diversas finalidades.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i> nesta sala encontramos um relatório, segundo o qual fica evidente que OE2021-15, em algum dos estágios de sua evolução, será uma gigante vermelha.</p>
	<p>Pista 03 - Satélites e Imagens</p> <p>O que há por aqui? Aqui os satélites do Instituto tem seu funcionamento monitorado, bem como há o tratamento das imagens por eles produzidas.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, <i>buracos negros supermassivos</i> são objetos astronômicos muito antigos, geralmente encontrados no centro das galáxias. Eles não devem confundido com os buracos negros de massa estelar, ou seja, aqueles que se formaram com a morte de uma estrela de grande massa.</p>
	<p>Pista 04 - Computação científica</p> <p>O que há por aqui? Neste centro, processamos grande quantidade de dados e, também, realizamos complexos cálculos por meio dos computadores de grande porte.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, a análise dos dados astronômicos indica que o objeto OE2021-15 possui massa 4% maior que a do Sol, bem como é 30% mais luminoso que ele.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 14.2: Pistas 05 a 07 do Caso 5



Pista 05 - Meteorologia

O que há por aqui? O departamento de meteorologia, com base em seus diversos instrumentos, emite boletins sobre a previsão do tempo e as condições atmosféricas nas áreas monitoradas.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, lembre que uma *estrela de nêutrons* é um remanescente estelar ("restos" de uma estrela), originada pela supernova de uma estrela massiva. São objetos extremamente densos e quentes, compostos quase exclusivamente por nêutrons.



Pista 06 - Observatório

O que há por aqui? Neste observatório astronômico são recebidas e processadas imagens de diversas fontes e instrumentos de observação.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em relação às descobertas astronômicas mais recentes, saiba que muitas delas se tornaram possíveis apenas graças aos radiotelescópios e aos telescópios espaciais, capazes de captar sinais e registrar fenômenos cuja frequências está fora do espectro visível.



Pista 07 - Biblioteca

O que há por aqui? Nesta biblioteca são guardados e disponibilizados, apenas para consulta, livros, revistas científicas e trabalhos de pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, fique atento ao fato de que a unidade de medida padrão para temperatura no Sistema Internacional de Unidades é o *kelvin*, símbolo **K**. Temperaturas estelares são apresentadas nesta unidade.

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 14.3: Pistas 08 a 10 do Caso 5



Pista 08 - Anfiteatro

O que há por aqui? Neste auditório são ministradas palestras e apresentações de trabalhos dos pesquisadores e alunos do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, em um seminário realizado neste ambiente, discorreu-se sobre os desafios inerentes à obtenção das medidas astronômicas: os corpos celestes são monitorados sistematicamente ao longo de vários anos, até que se estabeleça um consenso sobre o valor das medidas e respectivo intervalo de confiança.



Pista 09 - Refeitório

O que há por aqui? Nesta área são servidas as refeições e há espaço para convivência entre as pessoas do instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, há pouco, ouvimos alguns pesquisadores comentando que o destino de todas as estrelas cuja massa é de até 10 massas solares é findar seus dias (bilhões de anos, na verdade) como uma anã branca.



Pista 10 - Ensino

O que há por aqui? Neste departamento são ministrados os cursos de Mestrado e Doutorado, nas áreas de atuação deste instituto.

Fato novo: Sr (a). *Investigador (a)*, as anãs vermelhas são muito abundantes no universo, pertencem à sequência principal, são relativamente frias, possuem baixa massa e luminosidade inferior a do Sol. Sugiro que avalies se OE2021-15 pode ser uma anã vermelha.

Figura 14.4: Pistas 11 a 13 do Caso 5

	<p>Pista 11 - Geofísica</p> <p>O que há por aqui? Neste departamento são realizados estudos sismológicos terrestres e do comportamento geomagnético dos planetas vizinhos.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, nossos estudos ajudaram a explicar que o Sol, um típica anã amarela, emite radiação em um amplo espectro de frequências. Assim, sua verdadeira "cor" é branca. As frequências mais energéticas são espalhadas (refletidas) pela atmosfera, já as demais chegam à superfície, dando-lhe o aspecto alaranjado com o qual o percebemos.</p>
	<p>Pista 12 - Engenharia Espacial</p> <p>O que há por aqui? Neste centro são desenvolvidos equipamentos para atividades de exploração espacial, inclusive módulos de solo.</p> <p>Fato novo: Sr (a). <i>Investigador (a)</i>, encontramos em nosso acervo um estudo referente ao objeto estelar OE2021-15, indicando, com os dados atuais, que sua temperatura superficial é de 5 500 K.</p>
	<p>Pista 13 - Laboratório de Materiais</p> <p>O que há por aqui? Neste laboratório são realizados testes e análises de novos materiais para uso em atividades espaciais.</p> <p>Fato novo: Sr(a). <i>Investigador (a)</i>, reavemos parcialmente os dados de um banco de dados antigo. Nele o objeto OE2021-15 corresponde à estrela <i>Helvetios</i>, também chamada de <i>51 Pegasi</i>, situada na constelação de Pégaso.</p>

Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 14.5: Pistas 14 a 17 do Caso 5



Pista 14 - Laboratório de Robótica

O que há por aqui? Aqui são desenvolvidos robôs para a realização de atividades perigosas ou de elevado risco.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), robôs por nós projetados participam de um programa cuja finalidade é a descoberta de novos exoplanetas. Um exoplaneta é um planeta que pertence a outros sistemas estelares. Atualmente, são conhecidos mais de 4000 exoplanetas.



Pista 15 - Laboratório de Combustíveis

O que há por aqui? Neste laboratório são pesquisadas novas formas de gerar energia, mais seguras, limpas e eficientes.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), a maioria das estrelas conhecidas, inclusive o Sol, estão relacionadas na sequência principal do diagrama H-R. Nesse estágio de suas evoluções as estrelas obtém energia fundindo hidrogênio em hélio.



Pista 16 - Comunicação

O que há por aqui? Neste departamento são editados os documentos oficiais, as publicações científicas e as atualizações do site do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), leve em consideração que a expectativa de vida de uma estrela é inversamente proporcional à sua massa. Encontramos documentos em arquivo, indicando que OE2021-15 tem idade estimada em 7,5 bilhões de anos.



Pista 17 - Administração

O que há por aqui? Neste prédio, além dos procedimentos burocráticos, são tomadas importantes decisões sobre o futuro do instituto.

Fato novo: Sr (a). Investigador (a), encontramos aqui um memorando esclarecendo que a explosão de estrelas massivas quando do final de sua evolução, fenômeno conhecido como *supernova*, é responsável por "enriquecer" o meio interestelar com os mais diversos elementos químicos - muitos dos quais essenciais à vida.

15 FICHA DO BLOCO DE ANOTAÇÕES

Figura 15.1: Página do bloco de anotações

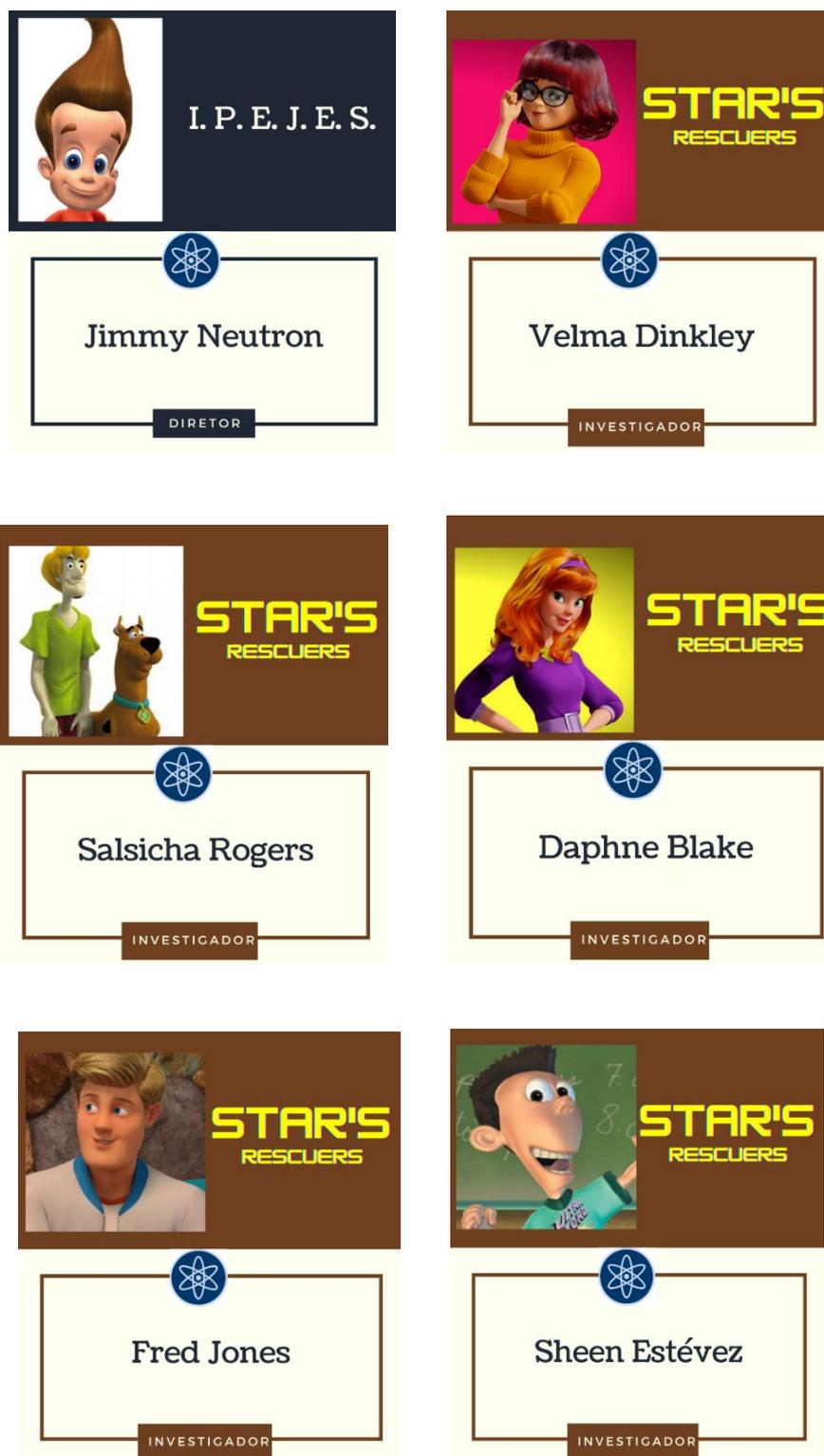
BLOCO DE ANOTAÇÕES - STAR'S RESCUERS

Nome do Investigador / Diretor	Nº do caso
Rodadas 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 16 <input type="checkbox"/> 17 <input type="checkbox"/> 18 <input type="checkbox"/> 19 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 22 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 24 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 26 <input type="checkbox"/> 27 <input type="checkbox"/> 28 <input type="checkbox"/> 29 <input type="checkbox"/> 30 <input type="checkbox"/>	
Pistas	
Estudos climáticos	Satélites e Imagens
Computação científica	Meteorologia
Observatório	Biblioteca
Anfiteatro	Refeitório
Ensino	Geofísica
Engenharia Espacial	Laboratório de Materiais
Laboratório de Robótica	Laboratório de Combustíveis
Comunicação	Administração
Respostas	
Item a)	Item b)
Item c)	Item d)
Anotações relevantes:	

Fonte: Autoria própria (2021)

16 CRACHÁS

Figura 16.1: Crachás dos investigadores



Fonte: Autoria própria (2021)

17 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de **STAR'S RESCUERS**, por nós conduzida, atendeu plenamente aos objetivos propostos para a unidade didática de Evolução Estelar cuja descrição consta na dissertação completa. Por outro lado, ainda que o professor decida replicar as atividades didáticas da forma mais fiel ao roteiro lá descrito, os resultados podem ser significativamente diferentes. Cada turma é singular e as intrincadas relações que seus integrantes estabelecem entre si modificam o curso da experiência com o jogo, bem como a profundidade das aprendizagens desenvolvidas.

A efetividade do jogo, enquanto recurso didático, reside no fato de que cada aplicação (e até cada partida!) é única e, portanto, capaz de mediar experiências de grande riqueza didática para todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

HUIZINGA, J. **Homo ludens**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LUDOPÉDIA. **Scotland Yard (1975)**. Ludopédia on-line, 2013. Disponível em: <https://www.ludopedia.com.br/jogo/scotland-yard>. Acesso em 15 set. 2020.

LUDOPÉDIA. **Scotland Yard (1975)**. Ludopédia on-line, 2016. Disponível em: <https://www.ludopedia.com.br/jogo/221b-baker-st-sherlock-holmes-the-time-machine>. Acesso em 15 set. 2020.

ROSENBERG, M. B. **Comunicação não-violenta: técnicas para aprimorar relacionamentos pessoais e profissionais**. São Paulo: Ágora, 2006.

APÊNDICE B – Questionário utilizado no pré e pós-teste

QUESTIONÁRIO DE PRÉ E PÓS-TESTE (EVOLUÇÃO ESTELAR)

Leia com atenção às perguntas elencadas no corpo de cada questão. Em seguida, assinale uma única alternativa correspondente à resposta que julgar mais correta.

O e-mail do participante foi registrado durante o envio deste formulário.

1) Qual das afirmações abaixo, no momento presente, melhor representa sua opinião em relação ao estudo da Astronomia, bem como da realização de atividades astronômicas? *

- Tenho profunda curiosidade e sério interesse em Astronomia e/ou atividades a ela relacionadas.
- Tenho razoável curiosidade e moderado interesse em Astronomia e/ou atividades a ela relacionadas.
- Tenho razoável curiosidade e pouco interesse em Astronomia e/ou atividades a ela relacionadas.
- Tenho pouca curiosidade e pouco interesse em Astronomia e/ou atividades a ela relacionadas.
- Não tenho curiosidade e, tampouco, qualquer interesse em Astronomia e atividades a ela relacionadas.

2) Considerando que o estudo das estrelas é parte significativa da Astronomia, assinale afirmação que melhor representa sua opinião sobre esse tema. *

- Não me interesso pela Astronomia, digo o mesmo em relação às estrelas.
- Possuo interesse pela Astronomia, no entanto, pouco ou nenhum interesse pelas estrelas.
- Possuo interesse pela Astronomia, assim, o mesmo se aplica às estrelas.
- Não me interesso pela Astronomia, mas, pelas estrelas, sim.

3) Considerando seu atual nível de conhecimento sobre Astronomia, qualquer que seja ele, sua obtenção se deve prioritariamente: *

- ... às disciplinas ministradas na escola.
- ... à leitura de livros e revistas impressas de divulgação científica.
- ... à visualização de vídeos e documentários na internet.
- ... à séries e filmes de TV sobre a temática espacial.
- ... à participação em eventos e/ou palestras de Astronomia fora da escola.

4) As leis da Física explicam, de forma satisfatória, a quase totalidade dos fenômenos macroscópicos observados na superfície da Terra. Em relação os fenômenos astronômicos, como os que ocorrem nas galáxias e estrelas, pode-se afirmar que: *

- São explicados por leis e princípios completamente separadas (os) da Física terrestre.
- Não podem ser explicados com base na Física atual.
- São explicados pelas mesmas leis da Física aplicáveis aos fenômenos terrestres.
- Podem ser explicados sem recorrer à Física.
- Não sei / Não tenho condições de responder.

5) A respeito da cor visível de uma estrela, pode-se afirmar que: *

- Está relacionada à temperatura da sua superfície.
- Depende do tamanho da estrela.
- Guarda relação com a distância da estrela à Terra.
- Não sei / Não tenho condições de responder.
- Depende da massa da estrela.

6) Sobre a expectativa de vida (tempo) de uma estrela, sabe-se que: *

- É determinada pela composição química inicial da estrela.
- Depende da temperatura do núcleo da estrela.
- Não sei / Não tenho condições de responder.
- É determinada pela massa inicial da estrela.
- Todas as estrelas tem a mesma expectativa de vida.

7) Uma estrela, continuamente, irradia luz e calor. O processo pelo qual uma estrela transforma sua matéria em energia é a: *

- Fissão nuclear.
- Fusão nuclear.
- Combustão nuclear.
- Neutralização nuclear.
- Não sei / Não tenho condições de responder.

8) Com relação ao Sol, a estrela sobre a qual mais sabemos, pode-se afirmar: *

- É um tipo muito raro de estrela.
- É uma estrela em estágio final de evolução.
- É um tipo de estrela muito comum na Via Láctea.
- Não sei / Não tenho condições de responder.
- É uma das maiores estrelas conhecidas.

9) Ao finalizar sua trajetória evolutiva, espera-se que uma estrela: *

- Evapore completamente, já que é uma "bola" de gás.
- Apague-se imediatamente após o cessar das reações nucleares.
- Exploda completamente, liberando cinzas e outros materiais residuais no meio interestelar.
- Torne-se outro objeto astronômico, cujo tipo dependerá da massa da estrela.
- Não sei / Não tenho condições de responder.

10) Sobre a surgimento das estrelas, ou seja, seu "nascimento", sabe-se que: *

- Ocorreram apenas no início ("origem") do universo.
- Não sei / Não tenho condições de responder.
- Novas estrelas estão constantemente se formando.
- Ocorrem apenas em galáxias mais jovens que a Via Láctea.
- Ocorrem somente na Via Láctea, que é uma galáxia "ativa".

11) Sobre a relação entre a evolução estelar e formação dos elementos químicos naturais da tabela periódica, aceita-se que: *

- Existe uma relação entre esses dois fenômenos, mas, ela não está satisfatoriamente explicada.
- Atualmente, sabe-se que não há qualquer relação entre esses dois fenômenos.
- Não sei / Não tenho condições de responder.
- Existe uma relação de causa e efeito entre esses fenômenos.
- Somente os elementos gasosos guardam relação com a evolução estelar.

12) A cerca da energia (radiação) liberada no decorrer da evolução estelar: *

- Não sei / Não tenho condições de responder.
- Assume uma ampla faixa de frequências do espectro eletromagnético.
- Consiste de radiação luminosa, a térmica (infravermelho) e a ultravioleta.
- Contempla a radiação luminosa, a térmica (infravermelho) e os raios X.
- É formada por ondas de rádio, radiação luminosa e a térmica (infravermelho).

13) Há diversas formas de classificar uma estrela em virtude do estágio evolutivo no qual ela se encontra. O principal método de classificação estelar leva em conta: *

- Não sei / Não tenho condições de responder.
- A cor e o brilho das estrela.
- A distância em relação ao sistema solar.
- A massa e a luminosidade, em relação à do Sol.
- As dimensões e a massa da estrela, em relação à do Sol.

14) Em relação às identificação e catalogação de estrelas é, correto afirmar que: *

- Não sei / Não tenho condições de responder.
- Novas estrelas são descobertas com frequência, assim como as estrelas conhecidas há séculos tem suas medidas revisadas.
- Os instrumentos atuais, extremamente sofisticados, dispensam a necessidade de rever dados estelares recentes.
- Descoberta de novas estrelas será possível apenas com o desenvolvimento de novos telescópios e tecnologias mais eficientes de processamento de imagens.
- Apenas astrônomos experientes e altamente graduados estão aptos a descobrir e a nomear novas estrelas.

APÊNDICE C – Questionário utilizado na avaliação de *STAR'S RESCUERS*

STAR'S RESCUERS - COLETA DE FEEDBACK

Por favor, responda ao questionário abaixo sobre sua experiência com o jogo de tabuleiro Star's Rescuers. Pedimos que o faça com a maior sinceridade possível, ele está sendo colhido de forma ANÔNIMA. Suas respostas serão de grande importância para a realização de ajustes / correções nas versões futuras do jogo, bem como para servir de parâmetro às pessoas que por ele se interessem. Obrigado!

O e-mail do participante NÃO foi registrado durante o envio deste formulário.

1) O gênero "Investigação / dedução" escolhido para Star's Rescuers foi adequada à abordagem do tema Evolução Estelar. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

2) Os conhecimentos dos quais tive prévio acesso, mediante os encontros presenciais, reuniões on-line e diversos materiais a mim disponibilizados, foram suficientes para interpretar os casos e as pistas do jogo. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

3) A documentação fornecida no set (manuais, casos e pistas) é suficiente para compreender a mecânica de jogo e iniciar a partida. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

4) A linguagem presente na documentação fornecida (manuais, casos e pistas) está adequada à proposta e aos objetivos do jogo. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

5) O tempo fornecido para a exploração de Star's Rescuers (90 minutos) foi suficiente para compreender sua jogabilidade e investigar pelo menos um dos casos propostos. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

6) O número de casos inicialmente propostos (5 ao todo) está adequado à proposta didática do jogo. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

7) O fato de Star's Rescuers ser colaborativo (o grupo contra o "jogo") o torna mais interessante do que se ele fosse competitivo (jogadores contra jogadores).

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

8) O grupo de jogadores do qual fiz parte soube trabalhar em equipe de forma satisfatória. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

9) O código de Comunicação Não-Violenta, presente na documentação de Star's Rescuers, contribuiu positivamente para as interação entre os participantes do jogo. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

10) A quantidade e a qualidade dos componentes do jogo (Embalagens, tabuleiro, marcadores, dados, cartas, crachás, etc..) é compatível com a experiência que o jogo se propõe a criar. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

11) A experiência com Star's Rescuers contribuiu positivamente para minha aprendizagem e/ou a consolidação dos meus conhecimentos sobre a Evolução Estelar. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

12) A experiência com Star's Rescuers aumentou meu interesse por temas associados à Astronomia, Astrofísica ou exploração espacial. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

13) Tive uma experiência positiva com Star's Rescuers e sinto-me motivado a explorar os casos não investigados neste primeiro contato. *

- Não concordo.
- Concordo pouco.
- Concordo.
- Concordo muito.
- Concordo plenamente.

14) Caso queira, registre sua avaliação sobre o jogo Star's Rescuers. Se possível, indique pontos fracos que podem ser melhorados / corrigidos e pontos fortes / satisfatório que podem ser melhor explorados.
