



DIAGRAMAS DE HERTZSPRUNG–RUSSELL COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA NO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE DE UM PROJETO COM DADOS REAIS DE AGLOMERADOS ESTELARES

Paulo Douglas Santos Pinheiro¹

Stela Adduci Faria²

Roberto D. D. Costa³

RESUMO: Este trabalho apresenta um projeto de ensino de astronomia desenvolvido com turmas do Ensino Médio, com foco na compreensão do ciclo de vida estelar e na utilização de ferramentas digitais para a construção do Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR). As atividades buscaram ampliar o repertório dos estudantes para além dos conteúdos tradicionais de astronomia escolar, como Gravitação Universal e modelos cosmológicos. O projeto envolveu aulas teóricas e práticas, incluindo a coleta de dados com o software Stellarium e a organização e visualização desses dados com o programa TOPCAT. Os estudantes identificaram padrões nos diagramas, classificaram estrelas e investigaram suas características e estágios evolutivos. Os resultados foram, em grande parte, satisfatórios, evidenciando o engajamento dos alunos e seu protagonismo no processo de aprendizagem. A experiência destaca o potencial de abordagens investigativas no ensino de astronomia, promovendo um aprendizado significativo e estimulando o interesse pela ciência.

PALAVRAS-CHAVE: Diagrama HR, Stellarium, TOPCAT, Ensino Médio, Ensino de Astronomia

¹Escola Marista Champagnat de Teresina, Teresina – PI. E-mail: paulo_the_pi@yahoo.com.br

² Instituto de Astronomia, Geofísica, e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. E-mail: stela.faria@usp.br

³ Instituto de Astronomia, Geofísica, e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. E-mail: roberto.costa@iag.usp.br

HERTZSPRUNG–RUSSELL DIAGRAMS AS AN INVESTIGATIVE TOOL IN HIGH SCHOOL EDUCATION: ANALYSIS OF A PROJECT USING REAL DATA FROM STELLAR CLUSTERS

ABSTRACT: This work presents an astronomy education project developed with high school students, focusing on understanding the stellar life cycle and using digital tools to construct the Hertzsprung–Russell (HR) diagram. The activities aimed to broaden students' knowledge beyond traditional school astronomy topics such as Universal Gravitation and cosmological models. The project combined theoretical lessons with practical activities, including data collection using the Stellarium software and data processing and visualization using TOPCAT. Students identified patterns in the diagrams, classified stars, and investigated their characteristics and evolutionary stages. The results were largely satisfactory, highlighting student engagement and protagonism in the learning process. This experience highlights the potential of investigative approaches in astronomy education, fostering meaningful learning and encouraging an interest in science.

KEYWORDS: HR Diagram, Stellarium, TOPCAT, High School, Astronomy Education

DIAGRAMAS DE HERTZSPRUNG–RUSSELL COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: ANÁLISIS DE UN PROYECTO CON DATOS REALES DE CÚMULOS ESTELARES

RESUMEN: Este trabajo presenta un proyecto de enseñanza de astronomía desarrollado con estudiantes de nivel secundario, centrado en la comprensión del ciclo de vida estelar y en el uso de herramientas digitales para construir el diagrama de Hertzsprung–Russell (HR). Las actividades buscaron ampliar el conocimiento de los estudiantes más allá de los temas tradicionales de astronomía escolar, como la Gravitación Universal y los modelos cosmológicos. El proyecto combinó clases teóricas con actividades prácticas, incluyendo la recolección de datos con el software Stellarium y el procesamiento y visualización de datos mediante TOPCAT. Los estudiantes identificaron patrones en los diagramas, clasificaron estrellas e investigaron sus características y etapas evolutivas. Los resultados fueron en su mayoría satisfactorios, evidenciando el compromiso y protagonismo de los alumnos en el proceso de aprendizaje. Esta experiencia resalta el potencial de enfoques investigativos en la enseñanza de la astronomía, promoviendo un aprendizaje significativo e incentivando el interés por la ciencia.

PALABRAS CLAVE: Diagrama HR, Stellarium, TOPCAT, Educación Secundaria, Enseñanza de la Astronomía

1. INTRODUÇÃO

A inserção de conteúdos astronômicos no Ensino Médio brasileiro permanece, em grande parte, restrita a tópicos tradicionais como a Gravitação Universal, os modelos cosmológicos clássicos e a descrição básica dos sistemas geocêntrico e heliocêntrico. Apesar de avanços recentes em materiais didáticos, que passaram a incluir temas como evolução estelar e espectroscopia, a abordagem da astronomia moderna no currículo ainda depende, em grande medida, da iniciativa dos professores e da flexibilidade das propostas pedagógicas.

O presente projeto foi concebido com o objetivo de ampliar o contato dos estudantes com a astronomia contemporânea, articulando conceitos clássicos e modernos e promovendo o desenvolvimento de competências essenciais previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Em especial, busca-se contemplar a Competência Específica 2 da área de Ciências da Natureza, que propõe a construção de interpretações fundamentadas sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos, além das habilidades EM13CNT204 e EM13CNT209. Tais habilidades envolvem, respectivamente, a elaboração de previsões e cálculos relacionados a interações gravitacionais e a análise da evolução estelar em conexão com a origem e a distribuição dos elementos químicos no Universo.

A concepção do projeto também considerou os desafios impostos pelo Novo Ensino Médio, em particular a limitação da Formação Geral Básica no primeiro ano, que revelou lacunas relevantes em matemática e em habilidades de leitura e interpretação. Diante desse cenário, optou-se por implementar a proposta no Itinerário Optativo do 2º ano, antecipando a abordagem de temas inicialmente previstos para o 3º ano e aproveitando o espaço curricular flexível para fortalecer competências científicas e tecnológicas por meio da astronomia.

A metodologia foi desenvolvida com estudantes do segundo ano do Ensino Médio e estruturada para integrar teoria e prática de forma equilibrada. Foram abordados temas como o ciclo de vida das estrelas, desde a formação em nuvens moleculares até os estágios finais como anãs

brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros, e suas implicações na formação de sistemas planetários e na possibilidade de vida no Universo. Além da abordagem conceitual, os estudantes realizaram atividades práticas de coleta e análise de dados utilizando o *software Stellarium* (§ 3.1) para a identificação de propriedades estelares e o Graphical Analysis para a construção de diagramas, em especial o Diagrama de Hertzsprung–Russell (HR), que relaciona a luminosidade e a temperatura das estrelas, permitindo identificar diferentes estágios de sua evolução (§ 2.2). Também foi empregado o software TOPCAT (§ 3.2) para o tratamento e visualização de dados astrométricos extraídos de catálogos astronômicos profissionais, o que possibilitou análises mais precisas e comparações entre diferentes abordagens metodológicas.

Como resultados, os estudantes foram capazes de construir diagramas HR coerentes com os modelos teóricos da evolução estelar, identificar padrões como a sequência principal e interpretar suas observações à luz da literatura científica. A proposta demonstrou-se eficaz na promoção do raciocínio científico, no uso crítico de tecnologias digitais e na integração de saberes interdisciplinares.

Este artigo tem como objetivo apresentar e analisar uma proposta de ensino investigativo em astronomia desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, com foco na construção e interpretação de diagramas HR a partir de dados reais. A Seção 2 descreve os fundamentos teóricos e as competências da BNCC associadas ao projeto; a Seção 3 detalha os procedimentos metodológicos e o uso dos softwares *Stellarium* e TOPCAT; na Seção 4, são apresentados os resultados e as análises realizadas pelos alunos; por fim, a Seção 5 discute as implicações pedagógicas da atividade e oferece considerações finais.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES

Neste projeto, os estudantes tiveram contato com conceitos fundamentais da astronomia moderna enquanto desenvolviam habilidades previstas pela BNCC, conforme detalhado a seguir:

2.1 Habilidades da BNCC trabalhadas

As atividades propostas integraram habilidades das áreas de Ciências da Natureza e Matemática:

EM13MAT406: Construir e interpretar tabelas e gráficos de frequências com base em dados obtidos em pesquisas, inter-relacionando estatística, geometria e álgebra.

EM13MAT102: Analisar tabelas, gráficos e amostras de pesquisas estatísticas, identificando inadequações que possam induzir a erros de interpretação.

EM13MAT407: Interpretar e comparar conjuntos de dados estatísticos em diferentes diagramas e gráficos, reconhecendo os mais eficientes para sua análise.

EM13CNT204: Elaborar explicações, previsões e cálculos sobre os movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo, com base na análise de interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

EM13CNT209: Analisar a evolução estelar, associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo as condições para o surgimento de sistemas planetários e as possibilidades de vida, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

Essas habilidades foram trabalhadas por meio da exploração de conceitos ligados à formação e à evolução estelar, como detalhado a seguir.

2.2 Evolução Estelar e o Diagrama de Hertzsprung–Russell

Durante o projeto, os estudantes foram introduzidos aos fundamentos da evolução estelar e à representação gráfica desses processos por meio do diagrama de Hertzsprung–Russell (HR), com o objetivo de interpretar os dados coletados e analisados ao longo da atividade investigativa.

O diagrama HR foi desenvolvido de forma independente pelo astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873–1967), que em 1911 relacionou a magnitude absoluta das estrelas com sua cor, e pelo astrônomo norte-americano Henry Norris Russell (1877–1957), que em 1913 comparou a classe espectral com a magnitude absoluta. Esse diagrama organiza as estrelas de acordo com sua luminosidade e temperatura superficial, permitindo sua classificação por tipo espectral e por classe de luminosidade (Oliveira Filho e Saraiva 2014; Picazzio 2011).

Na prática observacional, a temperatura efetiva das estrelas pode ser estimada a partir do índice de cor (B–V), que expressa a diferença entre as magnitudes da estrela nos filtros azul (B) e visual (V). Quanto menor o valor de (B–V), mais azulada e quente (em termos de temperatura efetiva) é a estrela; valores maiores indicam cores avermelhadas e temperaturas efetivas mais baixas (Picazzio 2011).

Essa classificação reflete o estágio evolutivo das estrelas e está associada à sua posição no diagrama: anãs brancas (VII), sequência principal (V), subgigantes (IV), gigantes (III), gigantes luminosas (II) e supergigantes (I). A sequência principal, na qual as estrelas permanecem a maior parte de suas vidas, estende-se da região superior esquerda (estrelas quentes e luminosas) à inferior direita (frias e pouco luminosas), conforme Rees (2009). Nessa fase, as estrelas fundem hidrogênio em hélio no núcleo, mantendo o equilíbrio hidrostático (Picazzio 2011).

A posição da estrela na sequência principal depende diretamente de sua massa: quanto maior a massa, maior a luminosidade e a temperatura superficial, e menor o tempo de permanência nessa fase. Estrelas de baixa massa realizam fusão principalmente pela cadeia próton–próton, enquanto as mais massivas utilizam predominantemente o ciclo CNO (Oliveira Filho e Saraiva 2014; Picazzio 2011).

À medida que o hidrogênio do núcleo se esgota, a estrela evolui para fases mais avançadas. Estrelas de baixa e média massa tornam-se subgigantes (classe IV) e depois gigantes vermelhas (classe III), com significativa expansão das camadas externas e aumento da luminosidade. Algumas atingem a fase de gigante assintótica (AGB), caracterizada por

pulsos térmicos e intensa perda de massa (Iben Jr e Renzini 1983; Soker 2008), o que leva à ejeção das camadas externas e à formação de nebulosas planetárias. O núcleo remanescente se estabiliza como uma anã branca (classe VII), localizada na região inferior esquerda do diagrama HR.

Estrelas mais massivas seguem um caminho diferente, evoluindo para supergigantes (classe I) e passando por sucessivas fases de fusão até formar um núcleo de ferro. Como a fusão do ferro não libera energia, ocorre o colapso gravitacional, resultando em uma supernova do tipo II (Janka et al. 2007). O remanescente pode ser uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, objetos que não aparecem no diagrama HR tradicional.

Já estrelas com massas muito baixas ($\lesssim 0.8 M_{\odot}$) possuem tempos de vida na sequência principal superiores à idade atual do Universo (Bernasconi e Maeder 1996). Espera-se que evoluam diretamente para anãs brancas, sem passar por fases de gigante, pois não atingem temperaturas centrais suficientes para iniciar a fusão do hélio.

As estrelas se originam em nuvens moleculares frias e densas, compostas majoritariamente por hidrogênio molecular (Reddish 1975; Shull e Beckwith 1982; Bigiel et al. 2008). As chamadas nuvens moleculares gigantes (*Giant Molecular Clouds* – GMCs), com massas entre 10^4 e $10^6 M_{\odot}$ e densidades típicas de $n \sim 10^2 \text{ cm}^{-3}$, são os principais berços estelares nas galáxias (Chevance et al. 2020). O colapso dessas nuvens pode ser induzido por fatores externos, como choques de supernovas, compressão por braços espirais ou fluxos de gás interestelar (Inutsuka et al. 2015). Quando a massa de uma região da nuvem supera o limite de Jeans (Bonazzola et al. 1987; Hubber et al. 2006; Picazzio 2011), inicia-se o colapso gravitacional.

Nesse processo, a nuvem fragmenta-se em múltiplos núcleos, formando protoestrelas que se aquecem principalmente por contração gravitacional (mecanismo de Kelvin–Helmholtz) (Hollweg 1984; Barranco 2009; de Souza Andrade 2020). Após cerca de 10^6 anos, surge uma protoestrela cercada por um disco de acreção, condição propícia à formação de planetas.

As trajetórias dessas protoestrelas no diagrama HR variam conforme a massa. Estrelas de baixa massa seguem a trilha de Hayashi (trajetória quase vertical, associada ao equilíbrio convectivo) (Estrada 2006), enquanto estrelas mais massivas seguem a trilha de Henyey (quase horizontal, associada ao equilíbrio radiativo) (Horvath 2021). Esses objetos ainda não apresentam fusão nuclear sustentada e incluem tipos como as estrelas T Tauri (baixa massa) e Herbig Ae/Be (massa intermediária), frequentemente associadas a discos protoplanetários e jatos bipolares (Hartmann 2000; Reipurth e Bally 2001).

Nesse contexto, o diagrama de Hertzsprung–Russell revela-se uma ferramenta fundamental para representar e interpretar os diferentes estágios da evolução estelar, tanto individualmente quanto em populações.

3. METODOLOGIA

Esta seção descreve os procedimentos adotados para a obtenção dos dados estelares, incluindo o uso dos softwares *Stellarium* (§3.1) e *TOPCAT* (§3.2), bem como a construção do diagrama HR.

O trabalho foi realizado na disciplina de Itinerário optativo de ciências da saúde, engenharia e matemática do 2º ano do Ensino Médio, envolvendo três turmas, cada uma com cerca de 30 alunos. As atividades foram realizadas ao longo de sete semanas letivas, em encontros regulares, o que permitiu o aprofundamento teórico e prático dos conteúdos.

Para a construção dos diagramas HR, os alunos utilizaram dados de aglomerados estelares. A escolha dos aglomerados seguiu critérios que equilibraram a viabilidade prática de coleta de dados e a adequação didática. Em termos gerais, optou-se por aglomerados abertos, pois aglomerados globulares, apesar de compostos por estrelas de idade e distância semelhantes, apresentam elevada densidade estelar, o que dificulta a resolução individual das estrelas no *Stellarium*. Essa alta concentração gera regiões nebulosas no campo de visão, comprometendo a obtenção precisa dos parâmetros necessários. Em contraste, os

aglomerados abertos, caracterizados por menor densidade estelar e interações gravitacionais menos intensas, permitem a identificação visual facilitada de estrelas individuais.

Adicionalmente, o uso de aglomerados estelares simplificou o processo de análise de dados, uma vez que, com boa aproximação, todas as estrelas de um mesmo aglomerado podem ser consideradas a uma mesma distância da Terra. Isso eliminou a necessidade de correções individuais de paralaxe, tornando o procedimento mais acessível aos estudantes. A seleção dos aglomerados também levou em consideração a magnitude aparente integrada, ou seja, o brilho total resultante da soma das contribuições luminosas de todas as estrelas do aglomerado. Foram priorizados aqueles com magnitude integrada no intervalo de 0.5 a 13, garantindo sua visibilidade no *Stellarium* e assegurando uma experiência prática satisfatória (ver Tabela 1).

Turma	Aglomerados abertos selecionados	Localização	Mag
A	Aglomerado do Presépio (M44)	Constelação de Câncer	3.1
	Aglomerado Blanco 1	Constelação de Escultor	9.87
	Aglomerado IC 1805 (Melotte 15)	Nebulosa do Coração	6.5
	Aglomerado da Caixinha de Joias (NGC 4755)	Constelação Cruzeiro do Sul	4.2
	Aglomerado Ptolomeu (NGC 6475/M7)	Constelação de Escorpião	3.3
	Aglomerado do Catavento (M36)	Constelação do Cocheiro	6.0
	Aglomerado do Trapézio (M42)	Constelação de Órion	4.0
	Aglomerado das Híades (Melotte 25)	Constelação de Touro	0.5
	Aglomerado Duplo (NGC 869 e NGC 884)	Constelação de Perseu	4.0
	B	Aglomerado NGC 2422 (M47)	Constelação da Popa
Aglomerado Borboleta (M6)		Constelação de Escorpião	4.2
Aglomerado Alfa de Perseu (Melotte 20)		Constelação de Perseu	1.2
Aglomerado NGC 152		Constelação de Tucano	12.2
Aglomerado NGC 188		Constelação de Tucano	6
Aglomerado NGC 2129		Constelação de Cefeus	8.1
Aglomerado NGC 7243		Constelação de Gêmeos	6.1
Aglomerado dos Plêiades (M45)		Constelação do Lagarto	6.4
Aglomerado ST OCK 2		Constelação de Touro	1.2
		Constelação de Perseu	4.4

C	Aglomerado Ômicron Velorum (IC 2391)	Constelação de Vela	2.5
	Aglomerado Plêiades do Sul (IC 2602)	Constelação da Quilha	1.9
	Aglomerado M41 (NGC 2287)	Constelação de Cão Maior	4.6
	Aglomerado de NGC 2099 (M37)	Constelação do Cocheiro	5.6
	Aglomerado NGC 2420	Constelação de Gêmeos	8.3
	Aglomerado NGC 2632	Constelação de Câncer	3.1
	Aglomerado Poço dos Desejos (NGC 3532)	Constelação da Quilha	3.0
	Aglomerado NGC 6067	Constelação de Norma	5.6

Tabela 1 - Lista dos aglomerados abertos selecionados e divididos por turma.
Fonte: os autores

3.1 *Stellarium*

O *Stellarium* é um software planetário de código aberto que simula com precisão o céu noturno em três dimensões. Lançado por Fabien Chéreau em 2001, é mantido atualmente por uma comunidade global de desenvolvedores (Zotti et al., 2021 e Stellarium contributors, 2025). O programa permite visualizar o movimento dos corpos celestes em tempo real, ajustar parâmetros como data, hora e localização, além de oferecer recursos como filtros, zoom e acesso a bases de dados astronômicos, sendo amplamente utilizado para fins educacionais e de observação (Longhini e de Deus Menezes 2010).

Na semana inaugural, os alunos foram apresentados ao *software Stellarium* e, inicialmente, familiarizaram-se com sua interface gráfica por meio da realização de configurações básicas, como a escolha da paisagem e a definição da localização. Em seguida, exploraram a ferramenta de busca para localizar objetos celestes conhecidos, como planetas, o Sol e a Lua.

Para estimular o interesse, os estudantes foram incentivados a interagir com os ícones da barra inferior do programa, em especial os três primeiros: linhas, rótulos e figuras das constelações. Essa atividade possibilitou um momento de exploração pessoal, no qual os alunos buscaram as constelações associadas aos seus 'signos solares' (Figura 1).



Figura 1: Alunos utilizando o software Stellarium durante o período de familiarização. Fonte: os autores.

Em seguida, utilizamos o quarto ícone do *Stellarium* (Grade Equatorial) para introduzir o conceito de esfera celeste, destacando como observamos e agrupamos as estrelas a partir da perspectiva terrestre. Foi ressaltado que, se observássemos as estrelas a partir de um ponto diferente do Universo, as constelações não manteriam as formas que conhecemos, devido às variações nas distâncias estelares. Para ilustrar esse conceito, cada aluno foi orientado a selecionar duas estrelas de uma mesma constelação e comparar suas distâncias indicadas no *Stellarium*.

Após essa introdução, os alunos foram organizados em grupos de até quatro integrantes. Cada grupo escolheu livremente uma constelação ou objeto celeste para nomear sua equipe, a partir da exploração do céu simulado. Essa etapa buscou estimular o engajamento e a familiaridade com a nomenclatura astronômica.

Na segunda semana, foram realizadas aulas teóricas com o apoio de slides para apresentar as propriedades físicas das estrelas e sua evolução. Os tópicos abordados incluíram: formação estelar, sequência principal, evolução de estrelas de baixa e alta massa, espectroscopia

estelar, magnitudes aparente e absoluta, distância estelar, temperatura efetiva e classificação espectral. Em cada turma, foram necessárias três aulas teóricas, dada a elevada participação dos alunos e a riqueza dos questionamentos apresentados.

Na terceira semana, iniciou-se a coleta de dados no *Stellarium* (Figura 2). Cada grupo localizou sua constelação no software e preencheu uma tabela preliminar (Apêndice A) com informações sobre as estrelas, como nome, magnitudes aparente e absoluta, índice de cor (B–V), distância (em anos-luz) e tipo espectral. Essa atividade teve caráter de treinamento para a etapa de coleta sistemática de dados, necessária para a construção dos diagramas HR.



Figura 2: Interface do software Stellarium utilizada na atividade de coleta de dados.
Fonte: Stellarium contributors, 2025.

3.1.1 Coleta de dados estelares

A coleta dos dados no *Stellarium* foi realizada manualmente. Após localizar os aglomerados estelares, cada estrela foi individualmente selecionada, registrando-se os seguintes parâmetros: nome, magnitudes

aparente e absoluta, índice de cor (B–V), distância e tipo espectral, conforme tabela apresentada no Apêndice A.

Informações não exibidas diretamente no *Stellarium*, como a magnitude absoluta e o tipo espectral, foram obtidas pela aba de acesso ao banco de dados *SIMBAD*, integrada ao próprio software.

Adicionalmente, foram incluídas informações sobre temperatura efetiva, massa estelar e estágio evolutivo, com base nas classificações padronizadas de Harvard (tipo espectral) e Yerkes (classe de luminosidade). O sistema de Harvard, desenvolvido por Annie Jump Cannon no início do século XX, organiza as estrelas em sete classes principais (O, B, A, F, G, K, M), ordenadas segundo a temperatura superficial. Já o sistema de Yerkes, proposto em 1943 por Morgan, Keenan e Kellman, complementa essa classificação ao considerar a largura das linhas espectrais como indicativo da luminosidade e do estágio evolutivo. Esses dados foram organizados de forma sistemática para subsidiar a construção do diagrama de Hertzsprung–Russell.

3.1.2 Graphical Analysis

Para a construção dos diagramas HR, utilizou-se o *software Graphical Analysis* (versão 3.8.4, Vernier Software and Technology 2011), escolhido por sua interface amigável e integração facilitada com tabelas do Excel.

O diagrama foi gerado utilizando o índice de cor (B–V) no eixo x e a magnitude aparente no eixo y, com inversão do eixo vertical, como explicado na seção 3.2.1. Edições como rotulagem de eixos, titulação do gráfico e marcação de pontos foram realizadas de maneira simples. Os gráficos obtidos são apresentados na seção de resultados.

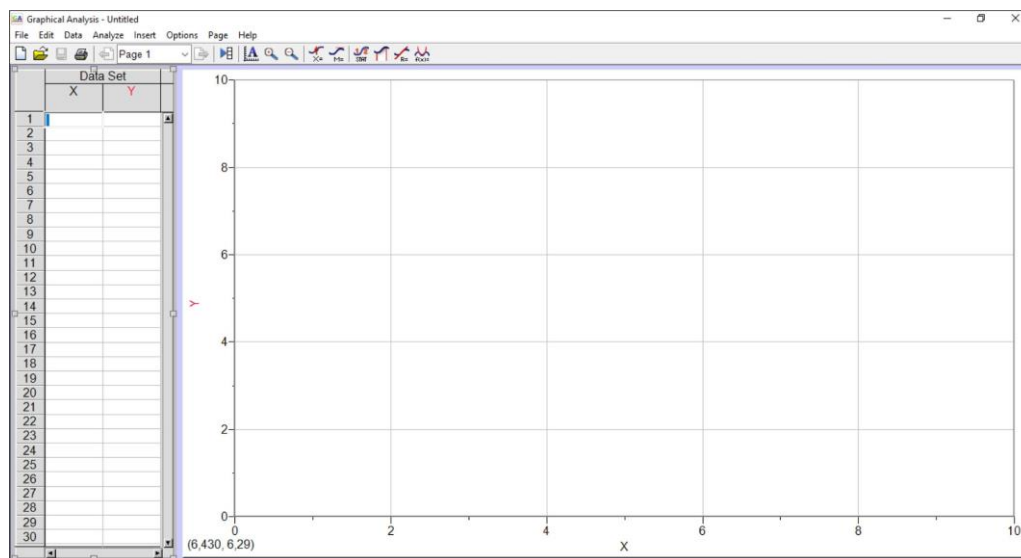


Figura 3: Interface do software Graphical Analysis (versão 3.8.4).
Fonte: Os autores.

O uso do Graphical Analysis mostrou-se mais eficiente que o Excel para esta atividade, principalmente devido à facilidade na manipulação gráfica e obtenção rápida das coordenadas dos pontos.

3.2 *Aladin* e *TOPCAT*

Para este trabalho, empregaram-se os *softwares Aladin* (Bonnarel et al. 1999) e *TOPCAT* (Taylor (2005, 2011); de Lima (2024)) na coleta, tratamento e análise de dados estelares de aglomerados.

O *Aladin* é um atlas celeste interativo que permite a visualização, manipulação e análise de imagens astronômicas, além do acesso a catálogos de dados como *SIMBAD* e *VizieR*. Utilizou-se a versão 12.060 para a localização dos aglomerados estelares de interesse. O procedimento consistiu em localizar o aglomerado estelar desejado, acessar o menu *Open Server Selector*, garantir a seleção da base *SIMBAD* e delimitar a área ao redor do aglomerado, manualmente ou automaticamente. Em seguida, os dados dos objetos selecionados foram transmitidos diretamente ao *TOPCAT* para posterior análise,

assegurando que o *software* estivesse previamente iniciado para permitir a comunicação.

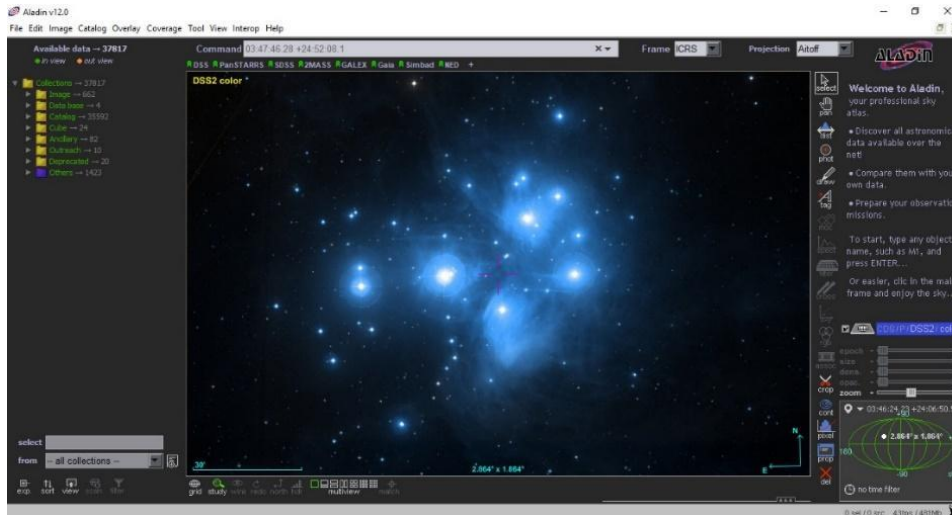


Figura 4: Interface do software Aladin (versão 12.060).

Fonte: Os autores.

O *TOPCAT (Tool for Operations on Catalogues and Tables)* é um software de código aberto desenvolvido para a análise interativa de grandes conjuntos de dados tabulares em astronomia. Desenvolvido em Java, permite manipular tabelas contendo milhões de entradas, oferecendo ferramentas robustas de visualização, filtragem, cruzamento e tratamento de dados astronômicos de uma forma interativa. Entre suas funcionalidades, destaca-se a construção de diagramas HR a partir de parâmetros fotométricos.

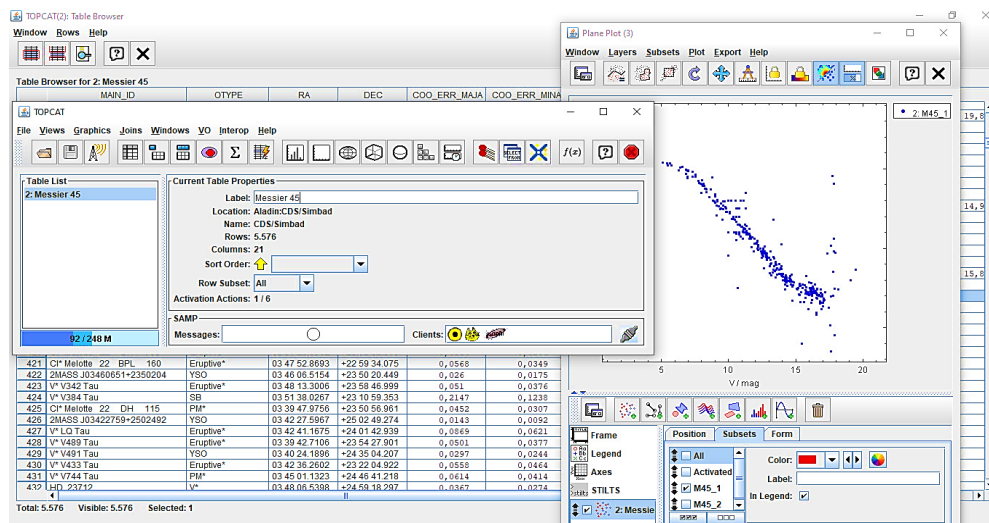


Figura 5: Interface do software TOPCAT (versão 4.9).

Fonte: Os autores.

3.2.1 Coleta de dados estelares

Para a construção do diagrama HR, inicialmente utilizou-se o *Aladin* para localizar os aglomerados estelares e delimitar a área de interesse. Os dados extraídos foram exportados para o *TOPCAT*.

Uma etapa fundamental no tratamento desses dados foi a criação de uma coluna adicional para o índice de cor ($B-V$), já que esse parâmetro não é fornecido diretamente pelo *Aladin*. A nova coluna foi gerada a partir da diferença entre as magnitudes nas bandas azul (B) e verde-amarelo (V), segundo a expressão:

$$B - V = ColunaB - ColunaV \quad (1)$$

No *TOPCAT*, a visualização dos dados foi realizada por meio da ferramenta *Graphics/Plane Plot*. Inicialmente, os eixos foram configurados para representar o movimento próprio das estrelas: o eixo x foi definido como $pmra$ (movimento próprio em ascensão reta) e o eixo y como $pmdec$ (movimento próprio em declinação). Essa configuração permitiu a identificação de uma região de maior concentração de pontos, associada a estrelas com movimento próprio semelhante, possibilitando a seleção do aglomerado.

Após essa seleção, os eixos foram reconfigurados para representar o índice de cor (B–V) no eixo x e a magnitude aparente V no eixo y. A inversão do eixo y (*YFlip*) foi aplicada para que magnitudes menores (estrelas mais brilhantes) fossem posicionadas na parte superior do gráfico. A filtragem dos dados foi realizada por meio da ferramenta *Subset*, selecionando apenas as estrelas previamente associadas ao aglomerado. Dessa forma, foi possível construir o diagrama HR, utilizado para a análise das propriedades estelares.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Esta seção apresenta os resultados das atividades desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio, organizadas em três etapas: Construção de diagramas HR com dados do *Stellarium* (§ 4.1); Elaboração de diagramas usando o *TOPCAT* (§ 4.2); Apresentação dos resultados (§ 4.3).

4.1 *Stellarium*

Os estudantes utilizaram o *software Stellarium* para identificar e caracterizar estrelas pertencentes a constelações e aglomerados estelares abertos. Os dados foram organizados em planilhas colaborativas e incluíram informações como nome da estrela, magnitudes aparente e absoluta, índice de cor (B–V), distância, tipo espectral, temperatura efetiva e estágio evolutivo. Ressalta-se, no entanto, que o *Stellarium* não disponibiliza estimativas de distância para todas as estrelas, o que pode limitar a precisão na construção dos diagramas HR com base nesses parâmetros. Por esse motivo, optou-se por trabalhar com aglomerados estelares abertos, nos quais é possível assumir, com uma boa aproximação, que todas as estrelas estão à mesma distância da Terra. Essa escolha eliminou a necessidade de correções individuais de paralaxe, o que tornou o procedimento mais acessível aos estudantes. Além disso, alguns objetos requerem identificação manual como objetos personalizados, a fim de obter dados completos, como o tipo espectral e o nome designado.

Foram selecionados oito aglomerados estelares para análise detalhada e apresentação dos principais resultados: Melotte 25, Messier 45, NGC 3532, Messier 6, Messier 36, NGC 188, Blanco 1 e NGC 152. Os demais aglomerados estudados encontram-se descritos no Apêndice B. A Figura 6 ilustra que, embora alguns diagramas revelem trechos da sequência principal, a dispersão dos pontos, atribuída à contaminação por estrelas de campo e à falta de dados astrométricos, compromete a definição das estruturas estelares esperadas.

Em alguns aglomerados como Messier 45, NGC 3532 e Messier 6, foi possível identificar parte da sequência principal, embora os diagramas apresentem dispersão acentuada, decorrente da contaminação por estrelas de campo e da ausência de critérios de seleção espacial precisos. A densidade de pontos também varia entre os objetos estudados, refletindo tanto a população estelar visível quanto a disponibilidade de informações no software. Ademais, nota-se uma degradação progressiva da qualidade dos dados com o aumento da magnitude, o que reforça a limitação do *Stellarium* como ferramenta para análises quantitativas mais precisas.

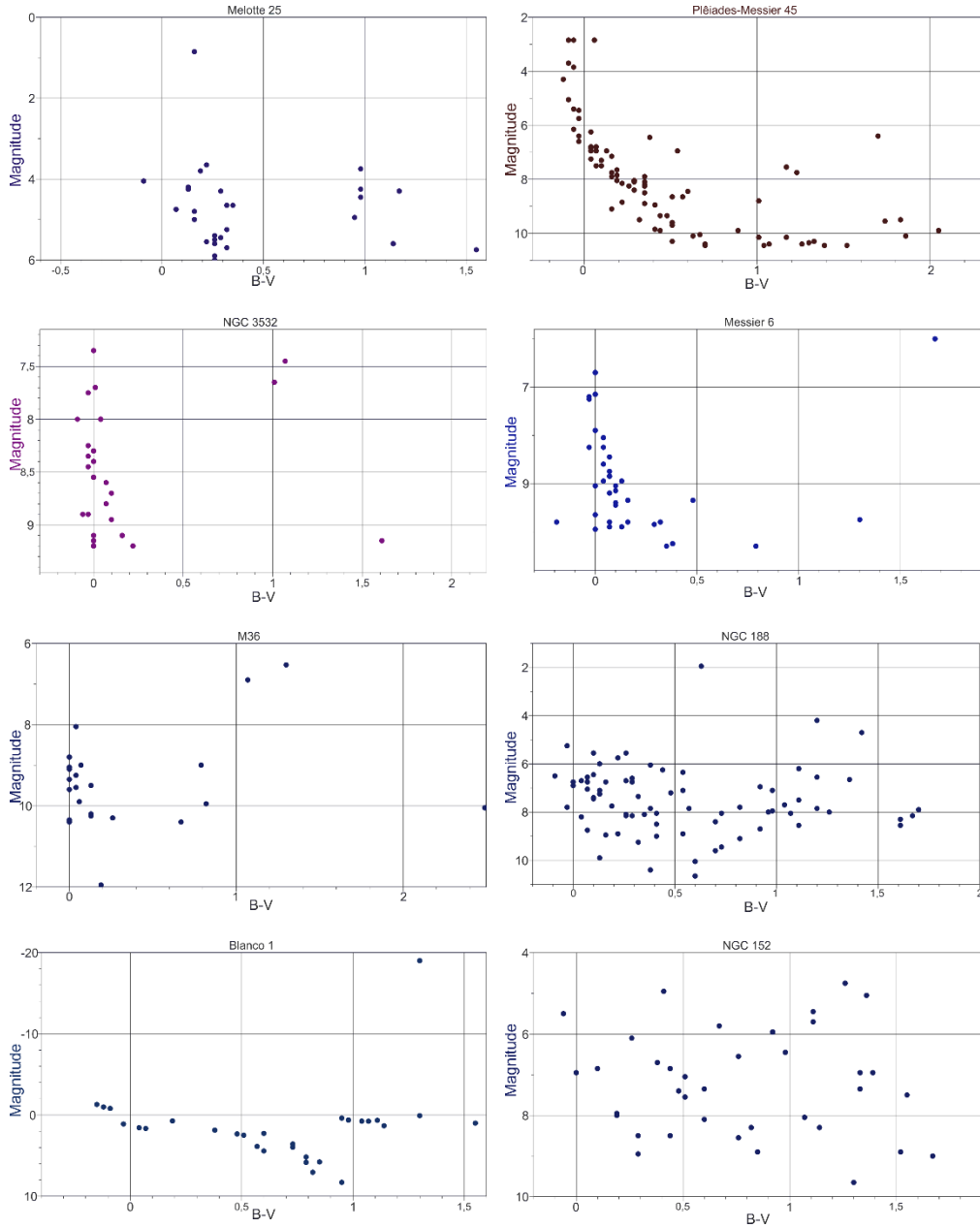
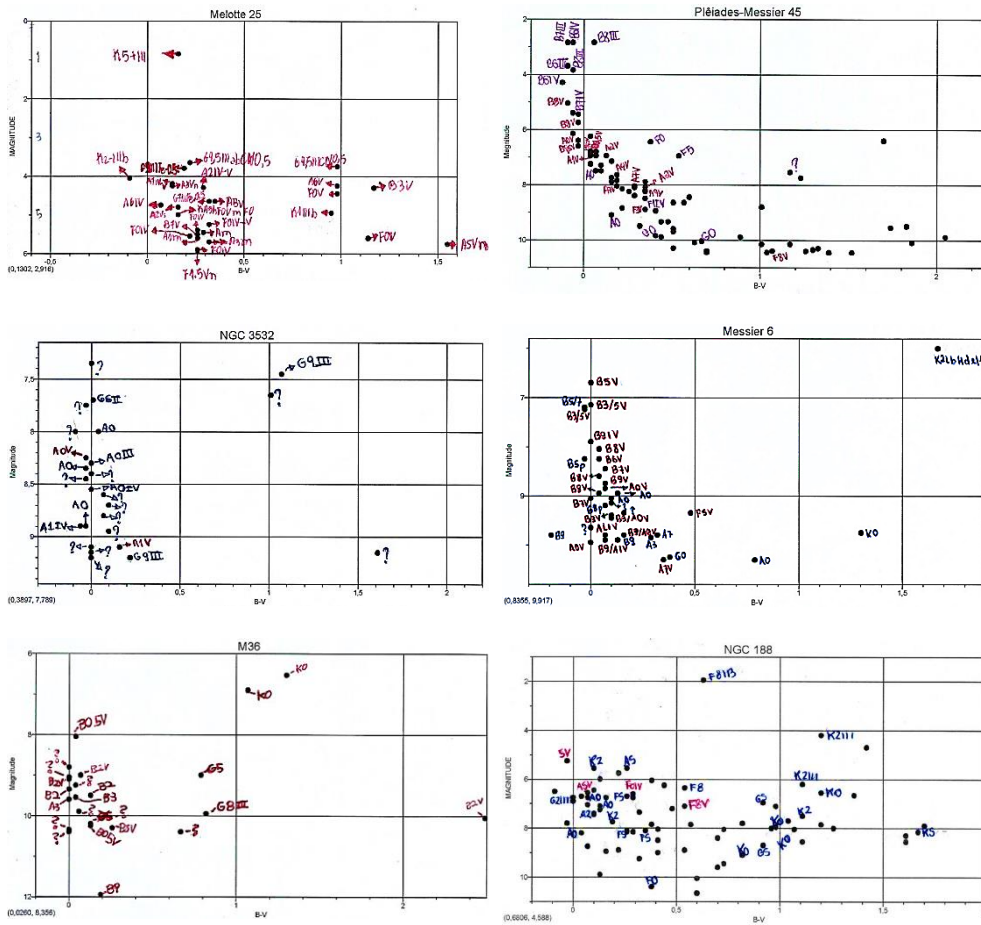


Figura 6: Diagramas extraídos do Stellarium para os seguintes aglomerados estelares abertos, organizados em uma grade, da esquerda para a direita e de cima para baixo: Melotte 25, Messier 45, NGC 3532, Messier 6, Messier 36, NGC 188, Blanco 1 e NGC 152.

Fonte: os autores.

Versões impressas desses diagramas (conforme a Figura 7) foram utilizadas para análise visual detalhada pelos estudantes, com o objetivo de identificar estruturas estelares relevantes, tais como a sequência principal e possíveis populações de estrelas evoluídas, como gigantes vermelhas.



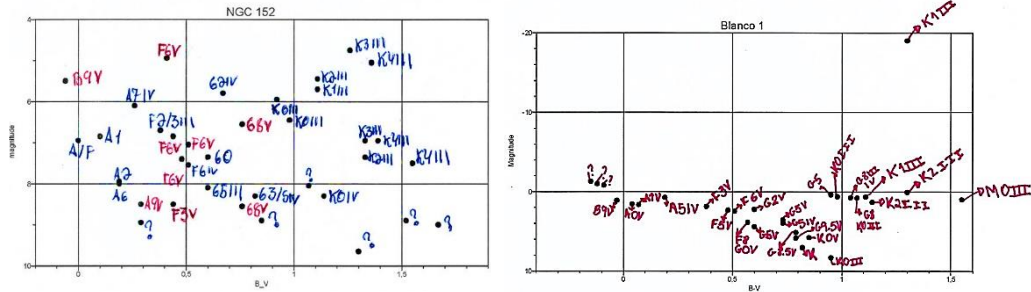


Figura 7: Diagramas cor-magnitude gerados a partir de dados do Stellarium, com seleção e filtragem de estrelas com base na posição e na magnitude aparente. Os aglomerados estão organizados em uma grade, da esquerda para a direita e de cima para baixo: Melotte 25, Messier 45, NGC 3532, Messier 6, Messier 36, NGC 188, Blanco 1 e NGC 152.

Fonte: Os autores.

A Figura 7 apresenta os diagramas cor-magnitude refinados, nos quais foram aplicados critérios de seleção baseados na posição angular e na magnitude aparente das estrelas nos respectivos campos estelares. Essa abordagem teve como objetivo mitigar a contaminação por estrelas de campo e destacar a população estelar potencialmente associada aos aglomerados analisados.

Os valores de magnitude aparente variam entre 0,5 e 12,26, com o menor valor registrado no gráfico da linha 1, coluna 1 (Melotte 25) e o maior no gráfico da linha 4, coluna 2 (NGC 152). Os demais diagramas situam-se dentro desse intervalo. As estrelas foram classificadas com base na análise visual e espectral conduzida pelos estudantes, sendo destacadas em vermelho aquelas identificadas como pertencentes à sequência principal (classe de luminosidade V) e em azul as prováveis estrelas de campo. Estrelas cuja classificação permaneceu indefinida foram marcadas com um ponto de interrogação.

Cabe destacar que, embora nem todos os grupos tenham conseguido representar visualmente a sequência principal de forma clara, todos foram capazes de identificar corretamente estrelas da classe de luminosidade V, o que demonstra uma compreensão satisfatória dos critérios espectrais. No entanto, nos diagramas referentes aos

aglomerados Melotte 25 e NGC 152, observou-se maior dificuldade na distinção entre estrelas pertencentes ao aglomerado e objetos pertencentes ao campo estelar, possivelmente em decorrência da maior dispersão nos dados e da escassez de parâmetros físicos completos disponibilizados pelo *software*.

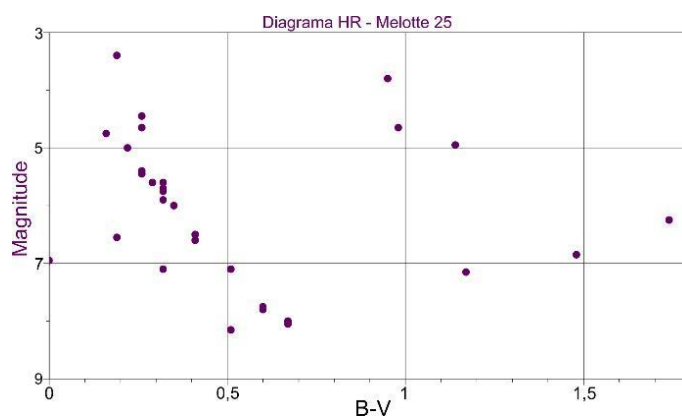


Figura 8: Diagrama HR produzido pelos alunos do itinerário optativo de Ciências da Saúde, Engenharia e Matemática do 2º ano do Ensino Médio, no ano de 2023.

Fonte: Os autores.

Um exemplo elucidativo da importância da coleta criteriosa dos dados é o caso do aglomerado Melotte 25. Em 2024, o diagrama HR produzido apresentou uma distribuição bastante difusa, sem delineamento claro da sequência principal. Contudo, ao compararmos com o diagrama elaborado por um grupo de alunos em 2023 (Figura 8), observamos que, apesar de algumas inconsistências, a sequência principal estava mais evidente. Essa comparação evidencia que as dificuldades de 2024 decorreram da forma de coleta e filtragem dos dados, como demonstrado na Figura 8, e reforça a necessidade de critérios rigorosos na seleção das estrelas.

4.2 TOPCAT

Com o *TOPCAT*, os alunos acessaram dados mais completos e precisos, especialmente oriundos do catálogo *Aladin*, o que resultou em diagramas cor-magnitude com maior profundidade e fidelidade

astrofísica. Os diagramas HR obtidos (Figura 9) exibem um número significativamente maior de estrelas, além de sequências principais mais bem definidas, com distribuição mais realista de cor e magnitude absoluta.

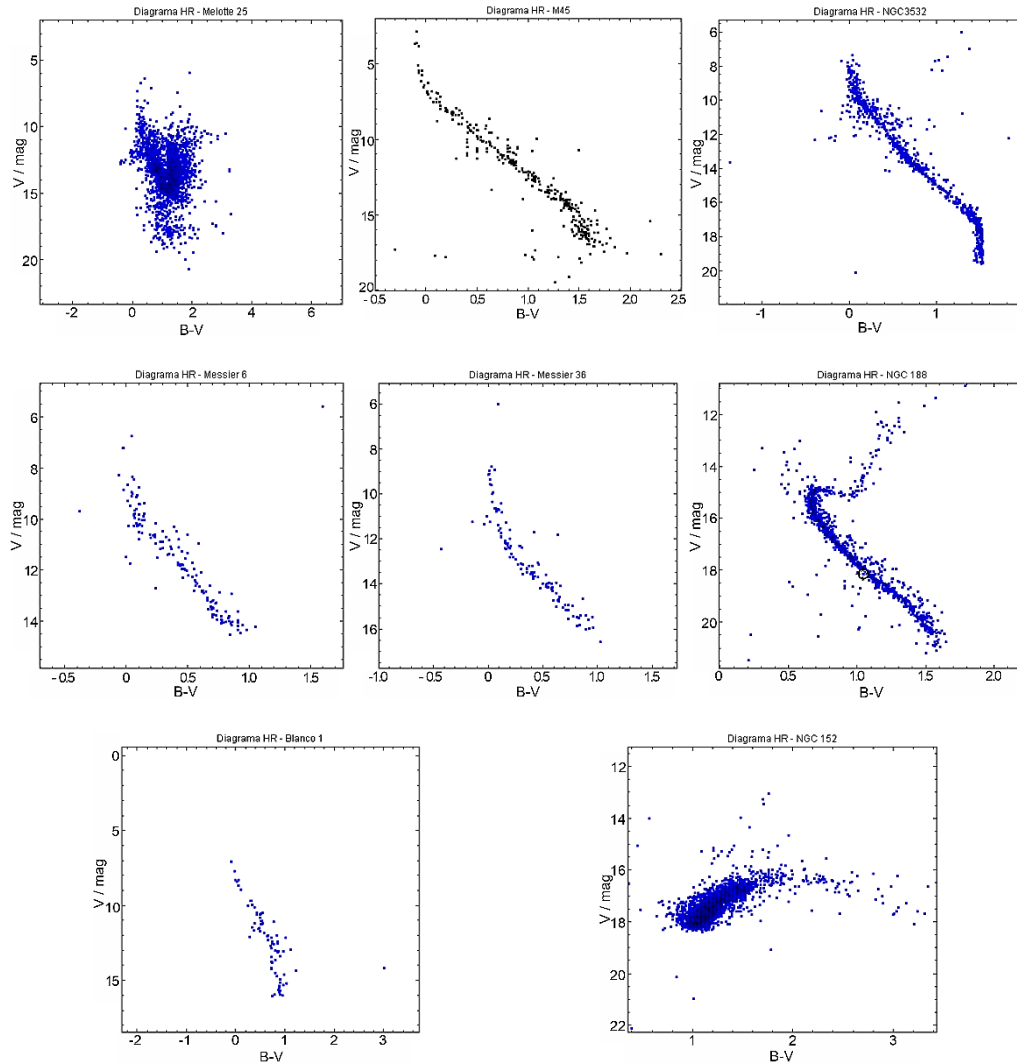


Figura 9: Diagramas cor-magnitude construídos com dados extraídos de catálogos astronômicos por meio do Aladin e processados no TOPCAT. Os aglomerados estão organizados em uma grade, da esquerda para a direita e de cima para baixo: Melotte 25, Messier 45, NGC 3532, Messier 6, Messier 36, NGC 188, Blanco 1 e NGC 152.
 Fonte: Os autores.

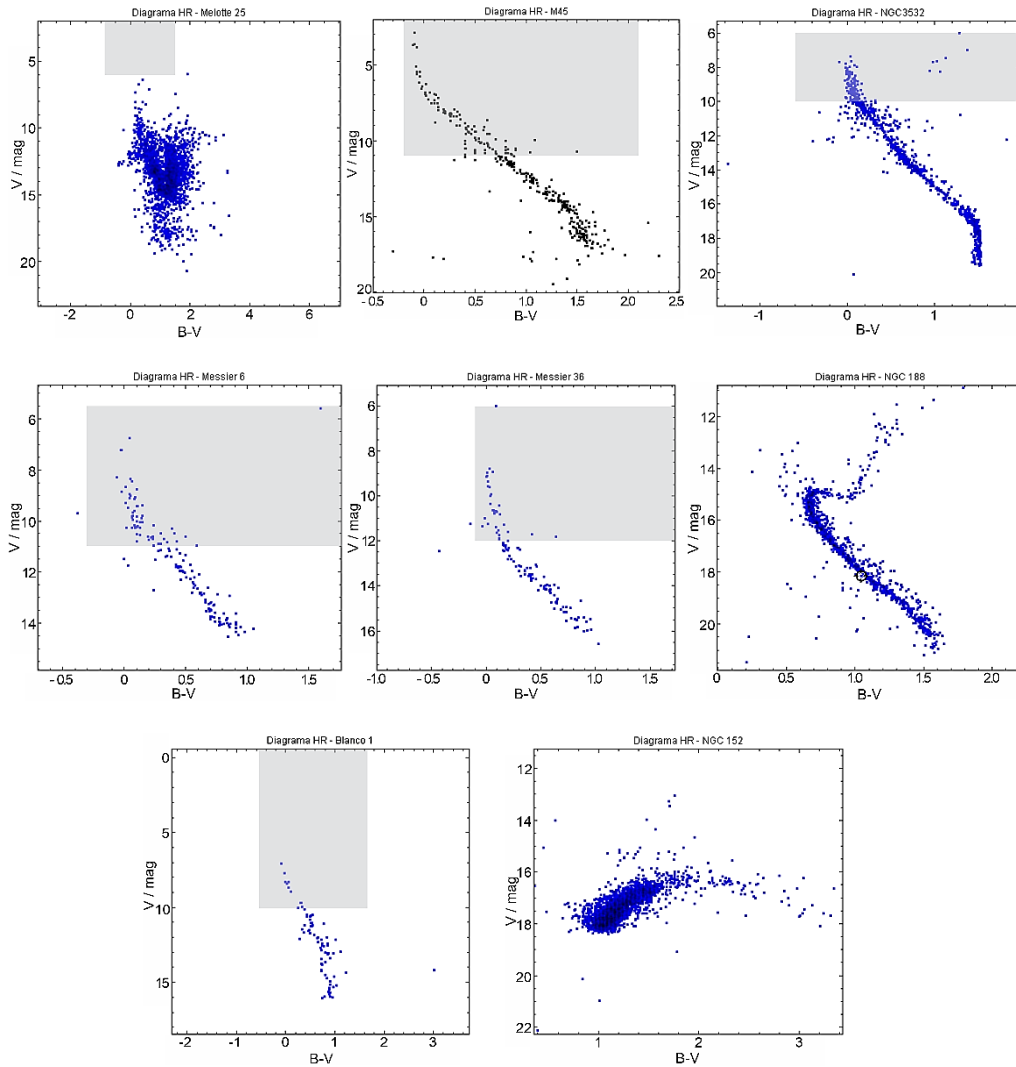


Figura 10: Comparação entre diagramas cor-magnitude obtidos via Stellarium (região sombreada em cinza) e via TOPCAT (distribuição de pontos) para cada aglomerado. Os aglomerados estão organizados em uma grade, da esquerda para a direita e de cima para baixo: Melotte 25, Messier 45, NGC 3532, Messier 6, Messier 36, NGC 188, Blanco 1 e NGC 152.

Fonte: os autores.

Diferentemente dos diagramas gerados com o *Stellarium* (Figura 6), que apresentam uma limitação na amostragem e maior contaminação

por estrelas de campo, os gráficos construídos a partir dos dados do *Aladin* mostram claramente as características esperadas para cada aglomerado. As sequências principais são mais contínuas e apresentam as bifurcações e ramificações típicas de estrelas evoluídas, especialmente em aglomerados mais antigos, como o NGC 188 e o Melotte 25.

Além disso, os intervalos de magnitudes aparentes V (eixo y) são bem mais abrangentes, permitindo a visualização de estrelas tanto na sequência principal quanto nas fases mais evoluídas da sequência. Em alguns casos, como nos aglomerados Messier 36 e Blanco 1, a juventude é evidenciada pela ausência de estrelas evoluídas e pela predominância de uma sequência principal estreita.

Outro aspecto importante é a redução significativa da contaminação por estrelas de campo. A aplicação criteriosa, no *TOPCAT*, de filtros com base na distância obtida por meio da paralaxe e na posição resultou em amostras mais limpas e representativas, destacando com mais fidelidade as estruturas estelares dos aglomerados. Esse refinamento na seleção dos dados observacionais possibilita uma correspondência mais rigorosa com modelos teóricos de evolução estelar, fortalecendo a análise comparativa entre observação e teoria.

A Figura 10 permite uma comparação visual entre os diagramas cor-magnitude gerados com o *Stellarium* (área sombreada em cinza) e os obtidos com o *TOPCAT* (distribuição completa de pontos). Em cada gráfico, a região sombreada representa o subconjunto de dados visível no *Stellarium*, tanto em termos de faixa de magnitude quanto de intervalo de cor (B–V).

Essa sobreposição revela, de forma bastante clara, uma limitação significativa dos dados fornecidos pelo *Stellarium* no que se refere à profundidade e à amostragem estelar. As áreas ocupadas pelos diagramas gerados com esse software eram visivelmente menores, refletindo um recorte superficial dos aglomerados. Essa diferença não está relacionada à variação de distância entre as estrelas de um mesmo aglomerado, que, de fato, é desprezível, mas sim à limitação do *Stellarium*, que exhibe apenas as estrelas mais brilhantes e próximas. Em contrapartida,

ferramentas profissionais baseadas em catálogos como o Gaia permitem acessar amostras muito mais completas e profundas, com filtros precisos para a seleção de membros dos aglomerados.

Observa-se também que, em dois dos diagramas, especificamente os das posições linha 2, coluna 3 (NGC 188) e linha 3, coluna 2 (NGC 152), não há intersecção entre os dados, ou a região sombreada não aparece. Isso indica que as estrelas selecionadas via *Stellarium* para aglomerados provavelmente não pertencem ao aglomerado em si, mas são estrelas de campo, localizadas na mesma linha de visada, mas a distâncias distintas. Essa ausência de intersecção reforça a importância de utilizar catálogos com dados astrométricos confiáveis, como os fornecidos pelo *Aladin*.

Essa visualização comparativa foi particularmente valiosa do ponto de vista didático: ela evidencia como o uso de ferramentas mais avançadas permite uma investigação científica mais rigorosa e fundamentada, ao passo que métodos mais simplificados podem induzir a interpretações equivocadas sobre a estrutura estelar dos aglomerados.

4.3 Apresentação dos dados

A etapa final do projeto consistiu na apresentação oral dos resultados por cada grupo, no formato de seminário. Essa atividade teve como objetivo consolidar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores, promover a análise crítica dos dados obtidos e incentivar a reflexão sobre os métodos empregados, bem como suas limitações.

As apresentações seguiram uma estrutura comum, composta por três partes principais. No primeiro momento, os estudantes exibiram diagramas cor-magnitude (CMDs) gerados a partir dos dados extraídos manualmente no software *Stellarium*, descrevendo os critérios de seleção das estrelas e os parâmetros utilizados. Em seguida, foi apresentado o CMD construído com dados do catálogo Gaia, acessados via *Aladin* e processados com o software *TOPCAT*. Nessa etapa, os grupos explicitaram a aplicação de filtros por paralaxe e posição angular, justificando suas escolhas com base na tentativa de isolar a população pertencente ao aglomerado. Por fim, no terceiro slide, foi realizada uma

comparação visual entre os dois diagramas, com destaque para as discrepâncias e suas prováveis causas, incluindo limitações instrumentais, profundidade dos dados, contaminação por estrelas de campo e diferenças na densidade amostral.

Para aprofundar a análise, os grupos também foram orientados a buscar na literatura científica diagramas previamente construídos para os mesmos aglomerados, possibilitando uma comparação com modelos teóricos da evolução estelar. Essa etapa foi fundamental para que os estudantes identificassem características esperadas, como a sequência principal, a presença de estrelas evoluídas ou sua ausência em aglomerados jovens, bem como para avaliarem a coerência dos resultados com o que era previsto pela astrofísica estelar.

Durante os seminários, um dos principais focos de discussão foi a interpretação do eixo de magnitude aparente (*eixo y*), considerando tanto a profundidade amostral quanto a dispersão dos dados. Observou-se, de forma recorrente, que os CMDs produzidos com o *Stellarium* apresentavam maior dispersão e menor número de estrelas, dificultando a identificação clara da sequência principal, um resultado esperado, dado o caráter didático e limitado dessa ferramenta. Em contraste, os diagramas gerados com o auxílio do *Aladin* e do *TOPCAT* revelaram sequências principais mais bem definidas e, em alguns casos, a presença de estrelas em estágios evolutivos avançados. A aplicação criteriosa de filtros astrométricos contribuiu de forma significativa para reduzir a contaminação por estrelas de campo, produzindo amostras mais representativas e compatíveis com modelos teóricos, como será discutido na próxima seção.

A avaliação dos seminários considerou não apenas a qualidade técnica dos gráficos apresentados, mas também a clareza expositiva, a fundamentação teórica, a capacidade de análise crítica e a organização geral da apresentação. O engajamento dos estudantes foi evidenciado tanto pela qualidade dos materiais quanto pelos depoimentos registrados ao final da atividade, dos quais alguns exemplos são destacados a seguir:

Melotte 25: — “A construção do gráfico foi inicialmente complicada devido à nossa falta de familiaridade com os softwares. Apesar das dificuldades, com a orientação do professor conseguimos obter um resultado satisfatório. O gráfico feito com o Stellarium mostrou as estrelas muito dispersas e pouco informativas. Já com o TOPCAT, conseguimos um resultado mais próximo dos nossos colegas. Foi uma experiência nova e enriquecedora na área da astronomia.”

Messier 45: — “Desde o acesso aos catálogos até a construção dos gráficos, o processo foi empolgante. Ficamos satisfeitos com os resultados obtidos, que consideramos coerentes. Foi gratificante participar de um projeto com abordagem científica prática, em um tema tão fascinante quanto a evolução estelar.”

NGC 3532: — “Aprendemos sobre coleta e tratamento de dados, além de utilizar ferramentas como o Aladin e o TOPCAT. Encontramos um gráfico na literatura e comparamos com o nosso. A semelhança entre ambos nos mostrou que o processo seguido realmente funciona para alcançar representações científicas de qualidade.”

Messier 6: — “Aprendemos a usar o Stellarium, que no início era desafiador. A coleta manual foi trabalhosa, mas conseguimos identificar a sequência principal no gráfico. Com os dados do Aladin e TOPCAT, o diagrama ficou mais nítido e próximo do esperado. A atividade nos proporcionou aprendizado significativo e desenvolvimento de novas habilidades.”

Messier 36: — “Usamos o Stellarium para explorar a galáxia e coletar informações, apesar de o software apresentar instabilidades. Com o Aladin e TOPCAT, a experiência foi melhor: os dados foram mais ricos e o gráfico resultante, mais claro e informativo.”

NGC 188: — “A coleta de dados foi demorada, especialmente por precisarmos localizar o aglomerado e registrar estrela por estrela. O primeiro gráfico, feito no Excel, ficou abaixo do esperado. Com

o Aladin e o TOPCAT, conseguimos um gráfico muito semelhante ao da literatura, o que nos deixou satisfeitos. Aprendemos muito sobre trabalho em grupo e sobre como é feita, na prática, a análise astronômica.”

Blanco 1: — “Trabalhar com o Blanco 1 pareceu simples a princípio, mas aprofundar o estudo nos revelou a complexidade do universo. O Stellarium foi útil para os dados iniciais, mas limitado. O Aladin e o TOPCAT permitiram a construção de um gráfico mais completo e comparável aos da literatura.”

NGC 152: — “Os gráficos produzidos com o Stellarium e com o Aladin/Topcat foram bastante distintos. O primeiro tinha apenas 40 estrelas, muitas possivelmente de fundo. O segundo gráfico apresentava maior número e concentração de estrelas, embora não tenhamos conseguido identificar claramente a sequência principal.”

Esses relatos evidenciam não apenas o desenvolvimento técnico alcançado, mas também o despertar de um interesse genuíno pela astronomia e pela prática científica. A experiência mostrou-se formativa ao integrar habilidades computacionais, análise de dados e reflexão crítica, aproximando os estudantes de práticas reais da pesquisa astronômica.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma proposta de ensino investigativo em Astronomia voltada ao Ensino Médio, integrando conteúdos de astrofísica estelar com práticas pedagógicas ativas. A abordagem envolveu o uso dos *softwares Stellarium e TOPCAT* na identificação, extração e análise de dados estelares de aglomerados abertos. A partir desses dados, os estudantes construíram diagramas cor-magnitude (HR) e os interpretaram com base na teoria da evolução estelar.

A proposta metodológica foi orientada pelo desenvolvimento de competências previstas na BNCC, como análise e interpretação de dados, leitura crítica de informações científicas e uso de ferramentas digitais. A

atividade exigiu a articulação entre parâmetros observacionais, classificação espectral e compreensão dos estágios evolutivos das estrelas, promovendo a alfabetização científica e o raciocínio investigativo.

Os aglomerados Messier 45 (Plêiades), NGC 3532 e Messier 6 apresentaram sequências principais bem definidas, com dispersão moderada, compatível com a juventude desses sistemas. Já Melotte 25, Messier 36 e Blanco 1 exibiram diagramas com maior difusão e dificuldade na identificação de padrões, em parte devido à ausência de critérios rigorosos para distinção entre membros e estrelas de campo. A filtragem por coordenadas e magnitudes aparentes foi útil, mas insuficiente diante da falta de dados astrométricos, como paralaxe e movimento próprio.

O *Stellarium*, embora eficaz como recurso didático e motivador, não foi concebido para análises científicas rigorosas. Sua limitação quanto à disponibilidade de parâmetros fundamentais impacta a precisão dos resultados. Em contrapartida, o uso combinado de *Aladin* e *TOPCAT*, com dados de catálogos profissionais, possibilitou diagramas mais coerentes com os modelos teóricos. Ainda assim, a ausência de filtros baseados em movimento próprio ou paralaxe restringe a identificação segura dos membros dos aglomerados.

A proposta aqui desenvolvida avança em relação a iniciativas anteriores ao integrar múltiplas ferramentas e incentivar a análise crítica dos próprios dados. *Oliveira et al. (2020)*, por exemplo, utilizaram o *Stellarium* para construir diagramas HR com estrelas próximas, sem, no entanto, problematizar a qualidade dos dados ou realizar comparações com outras bases. *Flegler & da Silva Araújo (2023)* relataram forte engajamento estudantil em oficinas com o *Stellarium*, focadas na visualização do céu e fenômenos astronômicos, mas com abordagem predominantemente expositiva. Em contraste, o presente projeto coloca os estudantes como protagonistas do processo científico, desde a coleta até a análise dos dados.

Adicionalmente, *Faria & de Moura Vaz (2018)* destacam a importância de práticas que estimulem o pensamento científico por meio da formulação de hipóteses e da análise baseada em evidências. Neste projeto, os estudantes foram desafiados a interpretar padrões, confrontar inconsistências e tomar decisões metodológicas, desenvolvendo competências científicas essenciais.

Um exemplo significativo foi o caso de Melotte 25. Em 2024, o diagrama produzido apresentou grande dispersão e ausência clara da sequência principal (vide o primeiro gráfico apresentado na Figura 6). Ao ser comparado com o diagrama de 2023 (Figura 8), notou-se maior coerência, evidenciando o impacto direto da qualidade da coleta e da filtragem dos dados. Essa experiência proporcionou uma discussão rica sobre o rigor metodológico e a natureza investigativa da ciência.

A análise da tabela (vide Apêndice A) revelou que várias estrelas com posições incoerentes no diagrama não dispunham de dados completos no *Stellarium* ou nos catálogos acessados, mesmo após buscas adicionais. Essa limitação, embora frustrante em um primeiro momento, tornou-se um recurso pedagógico valioso para discutir os obstáculos da pesquisa científica e a importância da persistência.

Outro ponto de destaque foi o alto engajamento dos estudantes, mesmo sem familiaridade prévia com os softwares utilizados. O caráter visual e intuitivo do *Stellarium* favoreceu a imersão inicial, enquanto a etapa de construção de diagramas com o *TOPCAT* e o *Aladin* despertou entusiasmo ao produzir resultados mais precisos. A busca por fontes complementares diante da escassez de informações no *Stellarium* demonstrou uma postura ativa e investigativa.

Como etapa final, os estudantes foram incentivados a consultar a literatura científica sobre seus aglomerados. Em alguns casos, a ausência de referências específicas foi interpretada como oportunidade de inovação, reforçando a autoestima acadêmica dos participantes.

O projeto foi implementado com estudantes do itinerário de Ciências da Natureza, muitos deles interessados em carreiras nas áreas de saúde, engenharia e exatas. A proposta contribuiu para o

desenvolvimento de habilidades analíticas, da autonomia intelectual e da preparação para a vida acadêmica. O desafio de lidar com conceitos avançados foi superado pelo entusiasmo coletivo, evidenciando a viabilidade e o potencial do ensino de astronomia no Ensino Médio.

Para futuras edições do projeto, pretende-se integrar dados do catálogo Gaia via *TOPCAT*, permitindo filtragens por paralaxe, correções por extinção interestelar e identificação mais precisa do ponto de *turn-off*. A comparação entre diagramas oriundos de diferentes bases permitirá aprofundar a compreensão sobre as potencialidades, limitações e propósitos de cada abordagem.

Por fim, a expressiva participação feminina (53,3%) reforça o potencial de iniciativas como esta na promoção da inclusão e do protagonismo de meninas e mulheres nas ciências. A vivência científica proporcionada neste projeto não apenas ampliou o repertório técnico dos estudantes, mas também cultivou uma postura investigativa diante do mundo, um passo essencial para a formação de cidadãos críticos em uma sociedade cada vez mais guiada pela ciência.

DEPOIMENTOS DOS ALUNOS

“Venho relatar a experiência que tive no projeto de catalogar as estrelas. Participar do projeto de análise, pesquisa e armazenamento de dados de estrelas foi uma experiência incrível e muito marcante pra mim. Com desenvolvimento na escola, o projeto me fez enxergar o universo com outros olhos, literalmente e também no sentido do conhecimento.

Aprender como funciona um banco de dados voltado para esse tipo de pesquisa foi um dos pontos mais importantes. Entender como as informações são armazenadas, organizadas e utilizadas me ajudou a desenvolver uma visão mais técnica e prática sobre como a ciência lida com grandes quantidades de dados. Isso com certeza agregou muito na minha formação como aluno, principalmente no raciocínio lógico e na forma de interpretar informações de maneira mais crítica.

Outra parte que me marcou foi o uso dos programas. O TOPCAT e o Aladin foram ferramentas essenciais para criar gráficos bem detalhados e visualmente muito bonitos, o que deixou a análise mais

clara e interessante. Já o Stellarium ajudou bastante na catalogação das estrelas, com uma visão bem realista do céu, o que deixou a experiência ainda mais envolvente e divertida.

Esse projeto me mostrou como a tecnologia e o conhecimento científico andam juntos, e como é importante saber usar essas ferramentas para explorar melhor o que estudamos. Foi um aprendizado muito além da sala de aula, que com certeza levarei comigo.

Sou muito grato por ter feito parte disso tudo. Além de aprender muito, foi algo que me motivou ainda mais a seguir aprendendo e me aprofundando em temas que antes pareciam distantes.” – Aluno do Itinerário Optativo de Ciências da Saúde, Engenharia e Matemática do 2º ano do Ensino Médio, turma C.

“Tive a oportunidade de realizar um trabalho escolar sobre estrelas, tema que sempre despertou minha curiosidade. Durante o desenvolvimento do trabalho, aprendemos sobre conteúdos relacionados à formação, evolução e classificação das estrelas, além de entender sua importância para o universo. O nosso professor Paulo Douglas deu todo o suporte, ensinou o passo a passo de como utilizar os programas. E com isso, todos os alunos que participaram, tiveram um conhecimento em física, química e astronomia, áreas fundamentais dentro do ensino de ciências no ensino médio. Além disso eu ganhei habilidades muito importantes como o trabalho em equipe, e a organização com pesquisas.

Para a realização do projeto, utilizamos diversas ferramentas que enriqueceram o processo de aprendizagem. Fizemos uso de recursos como o Stellarium, que simulava o céu noturno e outras ferramentas – Aladin e TOPCAT – que foram trabalhadas enriquecendo nosso entendimento sobre as estrelas.

Em resumo, esse trabalho foi uma experiência que com certeza agregou muito no nosso aprendizado, nos trouxe mais conhecimento e tenho certeza de que vai acompanhar na trajetória educacional todos os alunos que participaram.” – Aluna do Itinerário optativo de ciências da saúde, engenharia e matemática do 2º ano do Ensino Médio, turma A.

“Quando foi passado para a turma achei um pouco diferente, pois foi algo que eu nunca tinha feito antes. Minha primeira vez no Stellarium, foi uma experiência incrível, como foi relacionado a uma área que eu gosto muito “astronomia”, na construção do primeiro gráfico, foi a parte mais complicada de todo o processo, pois tinha que ter todo um cuidado a mais, pois foi toda manual, por isso de todas, essa foi a parte

mais trabalhosa de se fazer em todo o processo. As habilidades que adquiri serão muito úteis para mim, pois aprendi a coletar dados, a fazer planilhas no Excel e conversão dos dados do Aladin para o TOPCAT que são qualificações que vou precisar no meu cotidiano, na minha profissão. Quando meu grupo terminou o trabalho, sentimos uma grande satisfação em perceber como o diagrama do aglomerado M45 - Plêiades tinha ficado bonito e idêntico ao dos artigos de cientistas renomados.” – Aluna Itinerário optativos de ciências da saúde, engenharia e matemática do 2º ano do Ensino Médio, turma B.

O estudo da formação e evolução estelar, além de ser fundamental para a compreensão do universo em larga escala, oferece uma excelente oportunidade para o ensino de conceitos interdisciplinares em sala de aula. Ao abordar temas como gravidade, energia, matéria e evolução, a astronomia desperta o interesse dos estudantes e estimula o pensamento crítico e científico. Compreender como as estrelas se formam e evoluem permite aos alunos conectarem o que aprendem em física, química e biologia a fenômenos reais do cosmos, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao projeto *Astronomia para Docentes*, realizado pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP), pelo acolhimento e pelo apoio na elaboração desta proposta didática. Nossos agradecimentos também à *Escola Marista Champagnat de Teresina*, pelo incentivo à realização do trabalho, e aos alunos do Itinerário optativo de ciências da saúde, engenharia e matemática do 2º ano do Ensino Médio do ano de 2023 e de 2024 pelo engajamento, curiosidade científica e dedicação ao longo de todas as etapas do projeto.

REFERÊNCIAS

- Barranco, J. A. (2009) Three-dimensional simulations of Kelvin–Helmholtz instability in settled dust layers in protoplanetary disks. *The Astrophysical Journal* 691, 907–922.
- Bernasconi, P. A. and Maeder, A. (1996) About the absence of a proper

- zero age main sequence for massive stars. *Astronomy & Astrophysics* 307, 829–839.
- Bigiel, F., Leroy, A., Walter, F., Brinks, E., de Blok, W. J. G., Madore, B. and Thornley, M. D. (2008) The star formation law in nearby galaxies on sub-kpc scales. *The Astronomical Journal* 136, 2846–2871.
- Bonazzola, S., Heyvaerts, J., Falgarone, E., Perault, M. and Puget, J. L. (1987) Jeans collapse in a turbulent medium. *Astronomy & Astrophysics* 172, 293–298.
- Bonnarel, F., Fernique, P., Genova, F., Bartlett, J. G., Bienaymé, O., Egret, D. and Louys, M. (1999) Aladin: A reference tool for identification of astronomical sources, in: *Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII*, Vol. 172, 229.
- Chevance, M., Kruijssen, J. D. M., Vazquez-Semadeni, E., Nakamura, F., Klessen, R. S., Ballesteros-Paredes, J. and Hennebelle, P. (2020) The molecular cloud lifecycle. *Space Science Reviews* 216, 50.
- de Lima, J. W. S. (2024) Utilização do software TOPCAT como ferramenta de geração de diagramas HR. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Ceará, Ceará. [confirmar cidade]
- de Souza Andrade, N. F. (2020) Aquecimento Alfvênico em discos de acreção protoestelares: efeito na redução da zona morta. [confirmar tipo de trabalho, instituição e local]
- Estrada, G. P. (2006) Acreção e momento angular em estrelas jovens de baixa massa. Tese de Doutorado. Observatório Nacional, Rio de Janeiro.
- Faria, A. F. and de Moura Vaz, A. (2018) Experiências de pensamento científico em aulas de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*. [confirmar volume e páginas]
- Fleger, L. F. T. T. et al. (2023) Simuladores no ensino de astronomia: uma proposta de oficina com o software Stellarium, in: *Anais do IX ENALIC*. Realize Editora, Campina Grande.
- Hartmann, L. (2000) *Accretion Processes in Star Formation*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Hollweg, J. V. (1984) Resonances of coronal loops. *The Astrophysical Journal* 277, 392–403.
- Horvath, J. E. (2021) Subsídios para uma discussão da formação das estrelas na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 43, e20210237.
- Hubber, D. A., Goodwin, S. P. and Whitworth, A. P. (2006) Resolution requirements for simulating gravitational fragmentation using SPH. *Astronomy & Astrophysics* 450, 881–886.
- Iben, I. and Renzini, A. (1983) Asymptotic giant branch evolution and beyond. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* 21, 271–342.
- Inutsuka, S.-i., Inoue, T., Iwasaki, K. and Hosokawa, T. (2015) Formation of molecular clouds and global conditions for star formation. *Astronomy & Astrophysics* 580, A49.
- Janka, H. T., Langanke, K., Marek, A., Martínez-Pinedo, G. and Müller, B. (2007) Theory of core-collapse supernovae. *Physics Reports* 442, 38–74.
- Longhini, M. D. and de Deus Menezes, L. D. (2010) Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações problemas propostas a partir do software Stellarium. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 27, 433–448.
- Oliveira, A. M. et al. (2020) Sequências didáticas para o ensino de astronomia utilizando o Stellarium. *arXiv:2008.01157*.
- Oliveira Filho, K. D. S. and Saraiva, M. D. F. O. (2014) *Astronomia e Astrofísica*. 3a ed. Editora Livraria da Física, São Paulo.
- Picazzio, E. (2011) *O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes*. [confirmar editora e local]
- Reddish, V. C. (1975) Star formation in clouds of molecular hydrogen. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 170, 261–280.
- Rees, M. J. (2009) *DK Illustrated Encyclopedia of the Universe*. Dorling Kindersley. [confirmar local]
- Reipurth, B. and Bally, J. (2001) Herbig-Haro flows: Probes of early

- stellar evolution. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* 39, 403–455.
- Shull, J. M. and Beckwith, S. (1982) Interstellar matter and star formation. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* 20, 163–190.
- Soker, N. (2008) Defining the termination of the asymptotic giant branch. *The Astrophysical Journal* 674, L49–L52.
- Stellarium contributors (2025) Stellarium, Version 25.2. <https://stellarium.org/>. Acessado em [inserir data de acesso].
- Taylor, M. B. (2005) TOPCAT & STIL: Starlink table/VOTable processing software, in: *Astronomical Data Analysis Software and Systems XIV*, Vol. 347, 29.
- Taylor, M. B. (2011) TOPCAT: Tool for operations on catalogues and tables. *Astrophysics Source Code Library* ascl:1101.010.
- Vernier Software & Technology (2011) Graphical Analysis, Version 3.8.4. <https://www.vernier.com/product/graphical-analysis/>. Acessado em [inserir data de acesso].
- Zotti, G., Hoffmann, S. M., Wolf, A., Chéreau, F. and Chéreau, G. (2021) The simulated sky: Stellarium for cultural astronomy research. *Journal of Skyscape Archaeology* 6, 221–258.

APÊNDICE

A. TABELA DE DADOS

A Figura 11 apresenta um modelo de tabela preenchida pelos estudantes durante a coleta manual de dados no software *Stellarium*. As informações registradas incluem: nome da estrela, magnitude aparente e magnitude absoluta, índice de cor (B–V), distância, tipo espectral e estágio evolutivo.

	Nome da estrela	Aglomerado	Magnitude aparente	Magnitude absoluta	Índice de cor (B-V)	Distância (anos-luz)	Distância em Parsec	Tipo espectral	Temperatura (K)	Massa (massas solares)	Estágio evolutivo
1							0				
2							0				
3							0				
4							0				
5							0				
6							0				
7							0				
8							0				
9							0				
10							0				
11							0				
12							0				
13							0				
14							0				
15							0				
16							0				
17							0				
18							0				
19							0				
20							0				
21							0				
22							0				
23							0				
24							0				
25							0				
26							0				
27							0				
28							0				
29							0				
30							0				

Figura 11: Exemplo de tabela de dados coletados manualmente pelos estudantes no Stellarium para os aglomerados selecionados. Os parâmetros registrados incluem nome da estrela, magnitude aparente, magnitude absoluta, índice de cor (B–V), distância e tipo espectral.

Fonte: Os autores.

B. DIAGRAMAS HR COMPLEMENTARES

As Figuras 12 e 13 apresentam diagramas HR adicionais construídos durante o projeto, com dados dos aglomerados não incluídos nas figuras

principais do artigo. Esses gráficos complementam os resultados apresentados e ilustram a diversidade estelar observada. A Figura 12 reúne os diagramas construídos a partir de dados coletados manualmente pelos estudantes no *Stellarium*.

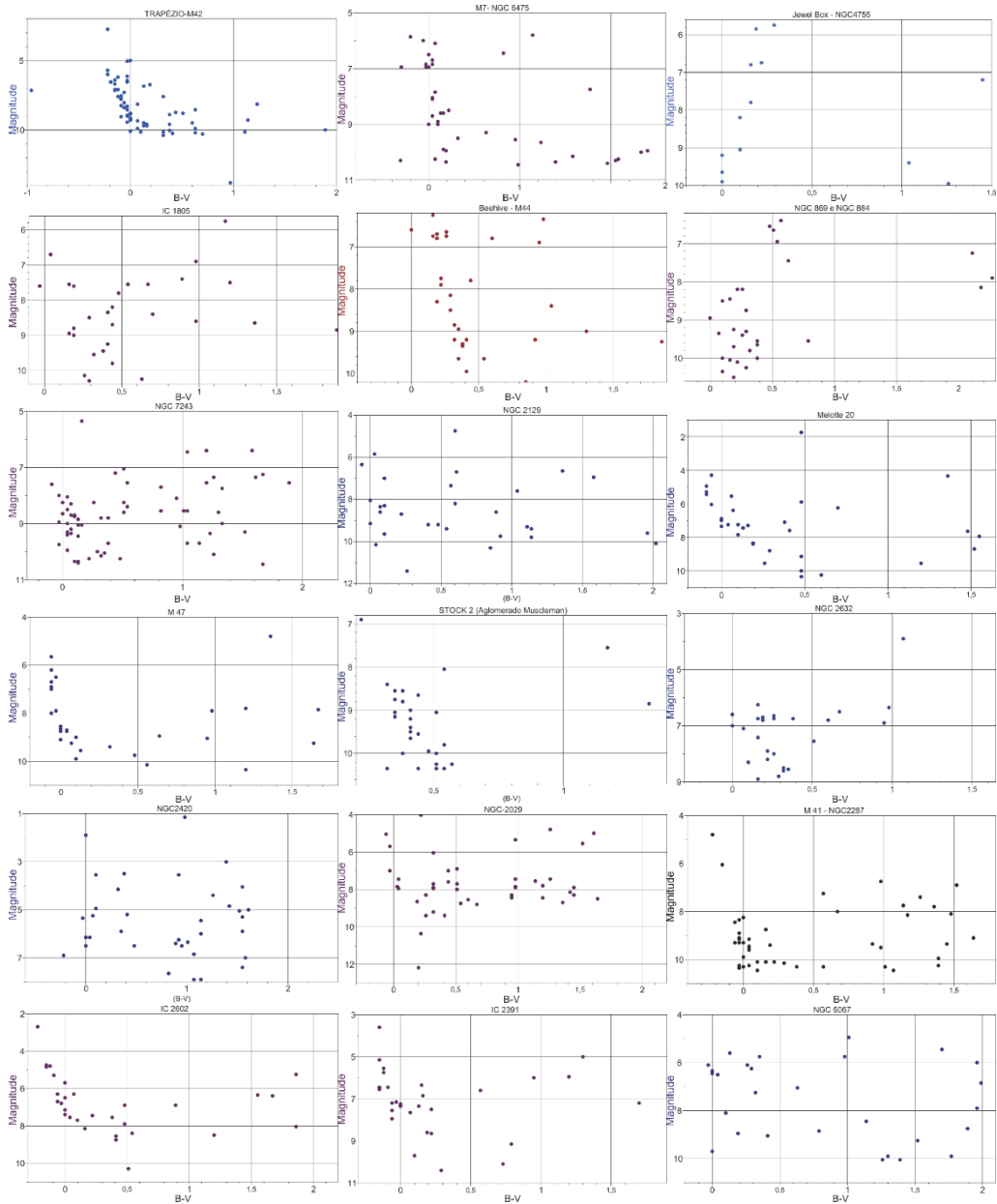
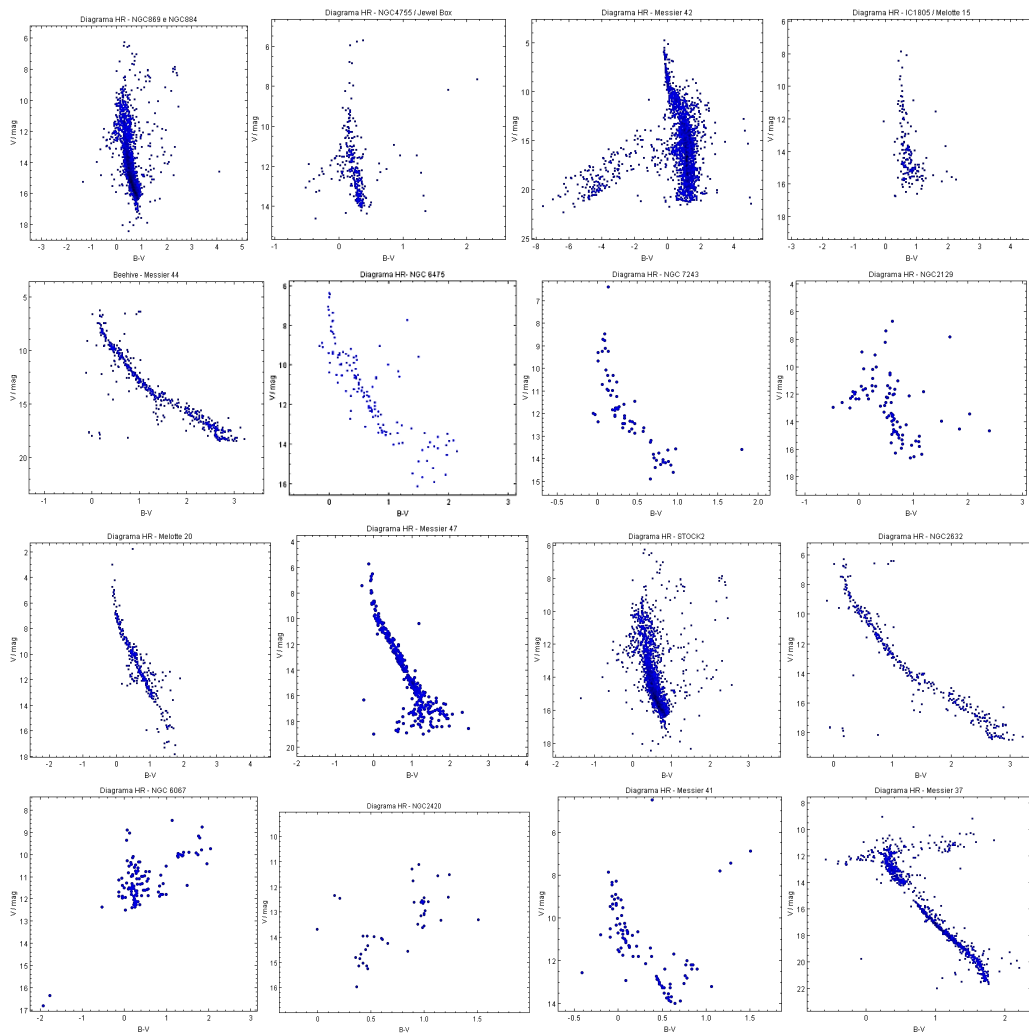


Figura 12: Diagramas HR adicionais construídos com dados do Stellarium, referentes aos aglomerados Messier 44, IC 1805, IC 2391, IC 2602, NGC 4755, Messier 47, NGC 6475, Messier 41, Messier 42, Melotte 20, NGC 2029, NGC 2420, NGC 2632, NGC 6067, NGC 869/NGC 884, NGC 2129, NGC 7243 e Stock 2. (Fonte: os autores).

A Figura 13 apresenta os diagramas HR obtidos a partir de dados consultados por meio do *Aladin*, extraídos do catálogo *SIMBAD* e processados com o *TOPCAT*.



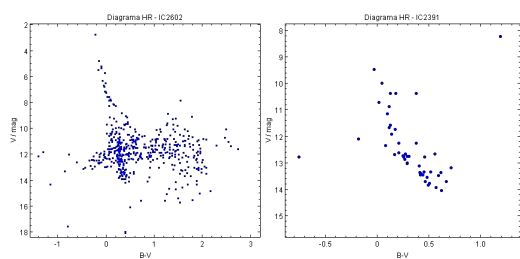


Figura 13: Diagramas HR construídos a partir de dados extraídos do catálogo SIMBAD, acessados via Aladin e processados no software TOPCAT, referentes aos mesmos aglomerados da Figura 12.

Fonte: Os autores.