

O estudo da luz: uma proposta para o ensino de astronomia



ISSN 1870-9095

Michel Pereira Campos Silva^{1,2}, Jane Gregorio-Hetem¹

¹ Departamento de Astronomia, IAG-USP, Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, Butantã, CEP: 05508-090, São Paulo – SP.

² Instituto Federal de São Paulo, Câmpus São Miguel Paulista, Rua Ten. Miguel Délia 105, Vila Rosária, CEP: 08021-090, São Paulo - SP.

E-mail: silva-michel@usp.br

(Recebido 25 de agosto de 2021, aceito 19 de julho de 2022)

Resumo

O presente trabalho visa apresentar uma proposta para o ensino de astronomia tendo em vista os conteúdos da disciplina de física e que permita explorar competências específicas, recomendadas na Base Nacional Comum Curricular – BNCC. Buscamos temas aos quais podemos associar o estudo da luz de forma a produzir subsídios para que professores possam trabalhar a temática neste nível de ensino, tendo como referência tópicos contemporâneos na astronomia. Pesquisas atuais nos mostram que não há um efetivo ensino desta ciência nos estabelecimentos de ensino formal de um modo geral. A elaboração de materiais didáticos, inicialmente na forma de roteiros, a serem utilizados nas aulas de ciências e de física é proposta aqui como ferramenta de apoio ao ensino de astronomia na educação básica. O estudo da radiação eletromagnética associada com a aplicação tecnológica envolvendo os modernos telescópios permitiu a construção de um material didático que visa subsidiar o ensino desta importante ciência, que atualmente tem destaque no cenário das descobertas científicas das últimas décadas.

Palavras-chave: ensino de astronomia; material didático; luz; radiação de corpo negro; temperatura de color.

Abstract

This work aims to present a proposal for the teaching of astronomy with a view to the physics class contents and to explore specific skills, recommended in the Common National Curriculum Base - BNCC. We are looking for themes to which we can associate the study of light in order to provide means to the teachers work on the subject at this educational level, with reference to contemporary topics in astronomy. Current research shows us that, in general, there is no effective learning of this science in formal education institutions. The development of teaching materials, initially in the form of scripts, to be used in science and physics classes is proposed here as a tool to support the teaching of astronomy in basic education. The study of electromagnetic radiation associated with the technological application involving modern telescopes has allowed developing a teaching material that aims to support the teaching of this important science, which is currently prominent on the recent scenario of scientific discoveries.

Keywords: astronomy teaching; didactic material; light; black-body radiation; colour temperature.

I. INTRODUÇÃO

Tomar conhecimento, entender ou até mesmo descobrir um fenômeno natural pode permitir que uma sensação de fascínio tome conta daquele ser humano que se aproxima da ciência. Quando se trata da astronomia isso toma outras proporções, pois ao mesmo tempo em que fascina também intriga já que, não se pode ir até a Lua facilmente e nem conhecer a estrela mais próxima num contato direto.

Em se tratando de educação, um dos desafios do educador em ciências é usar aparatos tecnológicos junto aos seus conhecimentos e experiências vividas, para despertar em suas estudantes novas experiências, dando sentido à exploração de um grande número de fenômenos científicos que estão cada vez menos presentes nas aulas. Com a astronomia, podemos enriquecer o conhecimento escolar, visto sua destacada importância como um assunto interdisciplinar [1, 2, 3, 4] e grande motivador para o entendimento do Universo.

Há na academia uma série de pesquisas produzidas ou em andamento que demandaram de pesquisadores empenho e dedicação para alcançar novas conquistas. Logo surge uma pergunta relevante no âmbito da educação: Como levar estes conhecimentos para o cotidiano da sala de aula visando melhorar a qualidade do ensino em ciências?

Olhando especialmente para a área da astronomia, vemos que é possível propor através de materiais didáticos, mecanismos que possam ajudar a transpor os conhecimentos produzidos na academia e utilizá-los para o aprendizado, quem sabe até incrementando a prática dos docentes que atuam na educação básica.

A astronomia é uma ciência de fronteira que dificilmente se aproxima dos centros de educação formal em nível básico. Tal distanciamento deve-se à não obrigatoriedade da inclusão de disciplinas específicas de astronomia no processo de formação de professores [5], onde o ensino de conteúdos de astronomia nos cursos superiores é colocado na maioria das vezes como optativo, visto que a própria astronomia não

aparece como disciplina obrigatória nem mesmo onde deveriam abordá-la, como é o caso dos cursos de física presentes nos mais diversos níveis.

II. O ESTUDO DA LUZ NO CONTEXTO DA ASTRONOMIA MODERNA

A radiação eletromagnética é sem dúvida um pilar da astrofísica, seu estudo significou uma nova forma de fazer ciência. Usamos o maior laboratório existente, o céu, observando-o sempre em busca de mais informação, ou seja, mais luz. Nesse sentido, os avanços tecnológicos permitiram aumentar consideravelmente o poder de coleta de luz, por meio de telescópios cada vez maiores e mais eficientes, possibilitando uma análise mais detalhada e em maior profundidade da luz proveniente dos astros.

Um grande espelho permite a um telescópio receber luz em maior quantidade das estrelas e galáxias mais longínquas facilitando assim a detecção de objetos fracos.

Os telescópios mais utilizados em pesquisa científica dispõem de diversas ferramentas para a coleta de dados, que variam em função dos comprimentos de onda que se deseja trabalhar.

Tão importante quanto à eficiência em se coletar a luz é a análise de suas características, fundamental para entender os fenômenos astrofísicos. Assim, com o auxílio da Física Moderna e Contemporânea (FMC) passamos ao estudo do espectro eletromagnético, que causou grande transformação na forma de se fazer astronomia proporcionando avanços para a melhor compreensão dos corpos celestes.

Caracterização da luz

No fim do século 19 e dali por diante a decodificação da luz foi algo muito produtivo para diversos campos, mas foi na astronomia que houve grande progresso, pois, com a interpretação da luz proveniente de corpos distantes estabeleceu-se uma forma de conhecê-los melhor.

O espectro eletromagnético é uma importante e potente ferramenta para o estudo de objetos astronômicos e se estende para qualquer corpo que emita alguma radiação, que pode ocorrer desde as mais baixas frequências (da ordem de $1 - 1000 \text{ MHz} = 10^6 - 10^9 \text{ Hz}$), correspondendo às ondas rádio (com comprimento de onda de centímetros a quilômetros), até as altas frequências relacionadas à emissão de raios-X e raios gama ($10^{17} - 10^{19} \text{ Hz}$), que correspondem aos menores comprimentos de onda (0,01 a 1 nm).

Graças à detecção da radiação eletromagnética, podemos distinguir os diversos comprimentos de onda, assim correlacionando os fenômenos de emissão ou absorção dela, com o comportamento de elementos químicos que nos indicam composição e as condições físicas dos astros.

Para uma melhor cobertura de toda a faixa do espectro eletromagnético, há a necessidade de levar os equipamentos para o espaço quando se deseja observar certas faixas de comprimento de onda não detectáveis no solo. Isso ocorre devido ao fato de nossa atmosfera não ser transparente a algumas radiações, ou seja, é opaca para alguns comprimentos de onda.

Entretanto, como os dados obtidos pelos telescópios podem ajudar nos trabalhos com objetos astronômicos?

Não basta apenas que obtenhamos dados, é necessário recorrer às teorias que embasam a astrofísica nos fornecendo o moderno entendimento da luz e como ela é afetada no caminho que percorre até nós, passando por nuvens de gás e poeira, atravessando nossa atmosfera até ser detectada por nossos sensores acoplados aos modernos telescópios.

As três Leis de Kirchhoff para a espectroscopia representam o primeiro passo para o entendimento dos processos da emissão e absorção das linhas espectrais e possibilitam a decomposição da luz trazendo informação sobre o astro observado. A grande informação que isso nos revela é o fato de cada linha de absorção (faixas escuras sobrepostas ao contínuo brilhante) apresentar relação com a substância que absorve o fóton e tal fenômeno guarda relação com quantidade discreta de energia, ou seja, para cada elemento químico é necessário que se ofereça uma quantidade de energia bem determinada para que um elétron daquele átomo possa mudar de nível de transição atômica, quando ele retorna ao nível anterior ele emite um fóton com a energia correspondente à absorvida de acordo com a equação:

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

A Equação 1, fornece a quantidade discreta de energia em função da frequência (ν) da radiação envolvida e da constante de Planck ($h = 6,626076 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$). Por exemplo, um fóton emitido no comprimento de onda $\lambda = 656,2 \text{ nm}$ terá uma frequência $\nu = c/\lambda = 4,568613 \times 10^{14} \text{ Hz}$ onde c é a velocidade da luz. Assim, a energia desse fóton será $E = 3,027197 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,8894 \text{ eV}$, correspondendo à diferença de energia entre dois sub-níveis de um átomo de hidrogênio, neste caso, entre o primeiro e o segundo estado excitado.

A Radiação de Corpo Negro

Espectros de emissão e de absorção ao serem estudados revelam as propriedades do corpo emissor como, por exemplo, sua temperatura.

Ao analisar uma cavidade em equilíbrio térmico Kirchhoff achou plausível a existência de uma função de distribuição, a qual chamou $I_\lambda(T)$, dependente da temperatura, que deveria descrever a energia por unidade de área e por unidade de tempo para cada comprimento de onda [8]. Pode-se concluir pelos estudos de Kirchhoff que a energia total absorvida em todos os comprimentos de onda, deve corresponder à energia total emitida. Logo, relacionamos as energias totais absorvidas e emitidas pela cavidade através da relação,

$$E_\lambda/\alpha_\lambda = I_\lambda, \quad (2)$$

onde a função de distribuição depende apenas da temperatura T e de λ , com unidades em $\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ ou em $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

A lei de Stefan – Boltzmann

Os estudos da radiação térmica prosseguiram no ano 1865 quando John Tyndall publicou os resultados experimentais em torno do estudo do total de energia emitido por um fio de

platina aquecido. Através dos seus dados revelou-se que um fio de platina a 1473 K emita o correspondente a 11,7 vezes mais que um fio do mesmo material e mesmas condições, aquecido a 798 K.

Em 1879, Josef Stefan mostra que tais valores de temperatura (T) elevados à quarta potência (T^4) produzem a mesma razão ($1473^4/798^4 \cong 11,6$) valor muitíssimo próximo ao valor encontrado por Tyndall. Embora desconhecesse a razão de tal relação Stefan pode concluir que a taxa de emissão deveria ser proporcional a T^4 . O complemento às conclusões de Stefan foi feito no ano de

1884, por Ludwig Boltzmann [7] que demonstrou a relação que representa a potência radiante total (Lei de Stefan-Boltzmann):

$$P = \sigma AT^4 \quad (3)$$

Na Equação 3, P é a potência radiante total integrada para todos os comprimentos de onda, A é a área total da superfície radiante, T é a temperatura absoluta e σ é uma constante universal ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2} \cdot K^4$). Como será apresentado abaixo, a potência radiante total é resultado da integral da curva de radiação de corpo negro a uma dada temperatura.

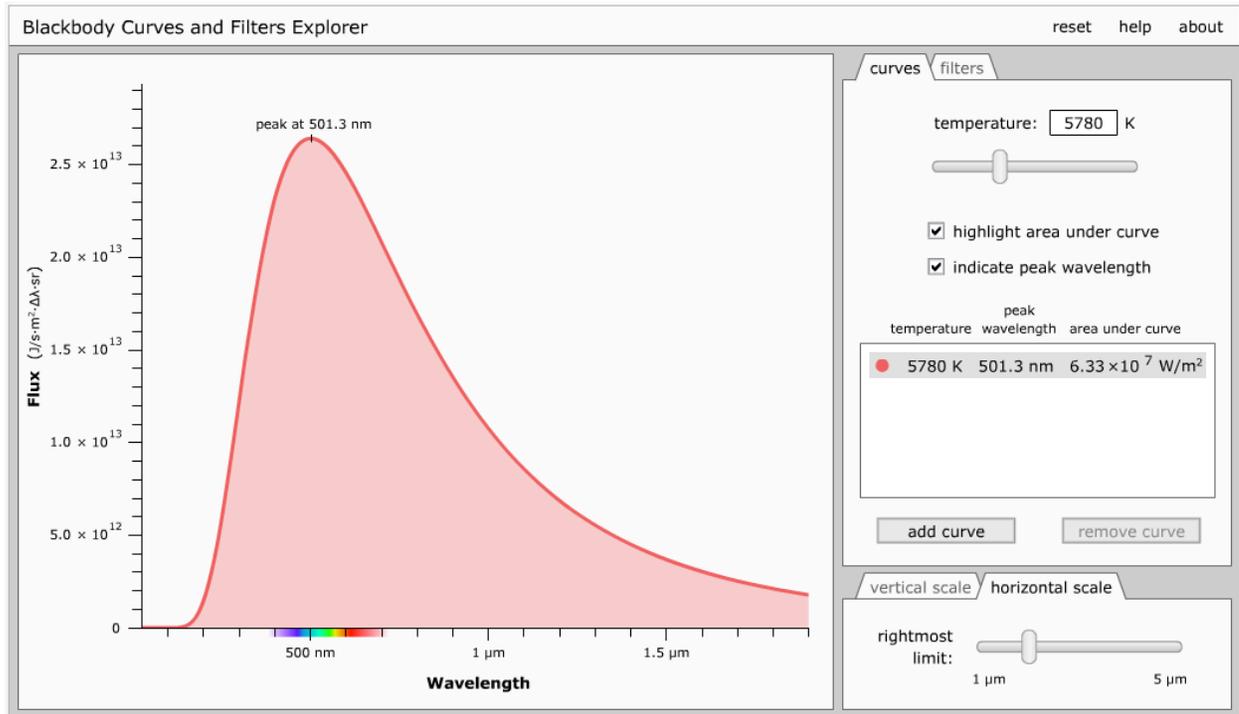


FIGURA 1. Uma simulação da emissão de radiação de corpo negro, feita para a temperatura de 5780 K que corresponde à temperatura efetiva do Sol, com o pico de emissão na região do visível (**501,3nm**)¹

Desta forma, a partir da Equação 3, podemos afirmar que a área total integrada e delimitada pela curva de radiação de corpo negro da Figura 1 representa a potência emitida por unidade de área,

$$P/A = \sigma T^4 \quad (4)$$

A razão potência por unidade de área (P/A) é o fluxo total emitido. Assim:

$$F = \sigma T_{ef}^4, \quad (5)$$

onde T_{ef} é a temperatura efetiva, ou seja, a temperatura superficial do objeto. Ao estudar as curvas de corpo negro

para diversas temperaturas nota-se que elas atingem um determinado máximo, que corresponde a um dado valor de comprimento de onda ($\lambda_{m\acute{a}x}$). Também se verifica que este pico máximo de emissão se desloca em função da temperatura do corpo emissor, tal relação é conhecida como a Lei de deslocamento de Wien.

$$\lambda_{m\acute{a}x} \times T = Constante. \quad (6)$$

O valor desta constante é $2,898 \times 10^{-3} m \cdot K$, onde a lei de Wien aparece comumente representada,

$$\lambda_{m\acute{a}x} = (0,29 \text{ cm} \cdot K) / T, \quad (7)$$

¹ A ferramenta simuladora encontra-se em: <http://astro.unl.edu/naap/blackbody/animations/blackbody.html>

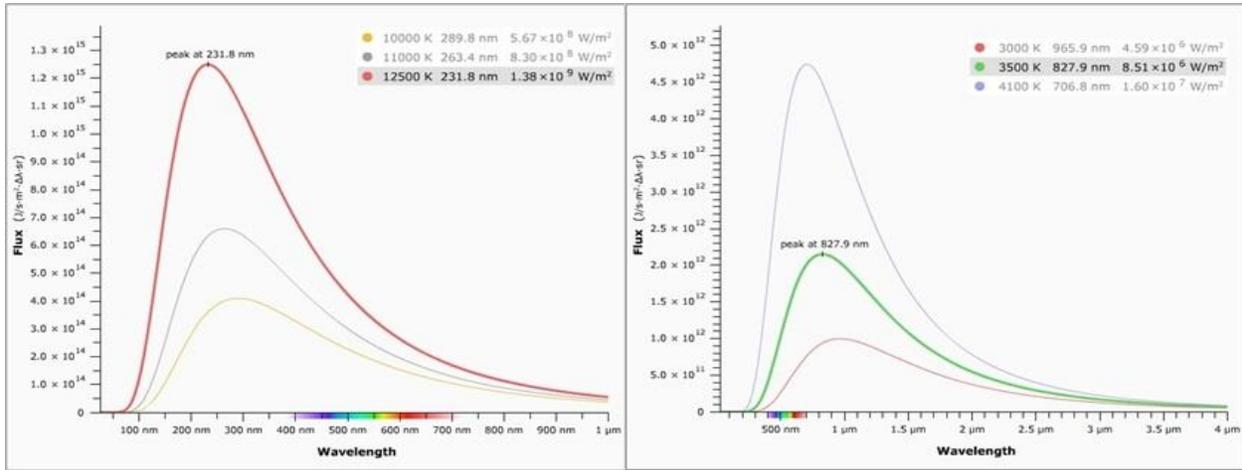


FIGURA 2. À esquerda curvas de corpo negro para $T = 12500$ a 10000 K com picos em $\lambda = 230$ a 290nm e à direita, curvas de corpo negro para $T = 4100$ a 3000 K com picos em $\lambda = 700$ a 970nm .

Como visto na Figura 2 nota-se que a variação da temperatura influencia no deslocamento do ponto máximo de cada curva, ou seja, quanto maior a temperatura menor é o λ onde ocorre o pico de emissão e quanto menor a temperatura maior é o λ do pico de emissão.

Lei da Radiação de Planck e Temperatura de Cor

A radiação de corpo negro descrita por meio da Lei de Planck, que é totalmente dependente da temperatura e independe do material do corpo emissor, de sua forma ou constituição interna [8], estabelece uma ponte entre a teoria eletromagnética e o mundo atômico [7] envolvendo as grandezas – velocidade da luz (c), constante de Boltzmann (k) e a constante de Planck (h) e apresentando-se como a forma moderna da radiação de corpo negro pela equação:

$$I_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot (e^{hc/\lambda kT} - 1)^{-1}. \quad (7)$$

A curva da lei de Planck estabelece a distribuição de energia em função do comprimento de onda (λ). A partir de uma comparação da distribuição de energia de uma fonte em um intervalo entre λ_1 e λ_2 é possível inferir a temperatura de cor (T_c) de uma estrela comparando com a curva padrão a diferentes temperaturas. A razão entre duas medidas de fluxo nos intervalos considerados λ_1 / λ_2 fornece T_c dentro daquele intervalo, quando for igual a razão obtida a partir da lei de Planck. Podemos usar tal método quando não conhecemos o diâmetro angular da fonte [8] e utilizar a equação a seguir:

$$\frac{F'_{\lambda_1}(T)}{F'_{\lambda_2}(T)} = \frac{I_{\lambda_1}(T)}{I_{\lambda_2}(T)} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \cdot \frac{e^{hc/\lambda_2 kT} - 1}{e^{hc/\lambda_1 kT} - 1} \quad (8)$$

As densidades de fluxo observadas correspondem a certas magnitudes ($m_{\lambda_1}; m_{\lambda_2}$) e de acordo com a definição de magnitude temos:

$$m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2} = -2,5 \log \frac{F'_{\lambda_1}}{F'_{\lambda_2}} + const. \quad (9)$$

Se a temperatura não for muito alta, podemos utilizar a aproximação de Wien na parte óptica do espectro eletromagnético.

$$m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2} = -2,5 \log \frac{I_{\lambda_1}}{I_{\lambda_2}} + const.$$

$$= -2,5 \log \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 + 2,5 \frac{hc}{kT} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) \log e + const. \quad (10)$$

Podemos escrever a equação (10) como:

$$m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2} = a + \frac{b}{T_c}. \quad (11)$$

Onde a e b são constantes. Ainda de acordo com [8], isto mostra uma relação muito simples entre a diferença de duas magnitudes e a temperatura de cor. As magnitudes da equação (11) são monocromáticas, mas a relação pode ser utilizada com magnitudes medidas com filtros de banda larga, como B e V que correspondem às faixas do azul (442 nm) e do visível (540 nm), respectivamente, no sistema fotométrico de Johnson². Desta forma, podemos dizer que a cor de uma estrela é fornecida pela razão entre os fluxos em dois comprimentos de onda obtidos, por exemplo, utilizando um filtro B e outro V.

III. PROPOSTA DIDÁTICA

Durante o desenvolvimento da dissertação do autor, dentro de um programa de mestrado profissional em ensino de astronomia, foi considerado o referencial teórico da Transposição Didática, de Yves Chevallard³, nas discussões

² Johnson & Morgan (1953, ApJ 117, 313). Para ver detalhes sobre sistemas de magnitude consulte a ref. [8].

³ CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: Del saber sabio al saber enseñado**. 3ª ed.. Buenos Aires: Aique, 2009.

acerca da composição de duas propostas didáticas, na forma roteiros didáticos, jogando luz sobre a necessidade de se levar até a sala de aula o que é produzido pela academia. A composição de tais roteiros foi apresentada em forma de aulas, se mostrando uma boa estratégia tendo em vista a necessidade de criar materiais para o ensino de astronomia para fornecer ferramentas aos docentes e contribuir, de maneira muito simples, para que se amplie o ensino de astronomia em nas escolas brasileiras [9]. Considerando que o tema luz chamou nossa atenção, por se relacionar com a astronomia de forma direta e que pode ser incorporado em estratégias de ensino para a educação básica, seguindo um raciocínio que prevê a contextualização histórica dos conceitos científicos, da construção do conceito e da prática experimental auxiliada por simulações, decidimos elaborar uma nova proposta de ensino que será apresentada a seguir.

Como ferramenta para uso do professor da educação básica, estruturamos um roteiro didático onde são encontradas quatro propostas de aula com a descrição da atividade, seus objetivos, problematização, conteúdos e

conhecimentos associados. Como tal, poderá ser levada à sala de aula de forma integral ou como modelo para outras propostas que desenvolvam conteúdos contemporâneos para o ensino de astronomia e de ciências em geral. Para organizarmos as atividades, utilizamos as bases da teoria dos três momentos pedagógicos [10]. Desta forma, introduzimos questões e situações que visam dar início a uma problematização que, em seguida, nos levam a trabalhar conteúdos de maneira a organizar um corpo de conhecimentos que irão constituir os elementos para que cada um dos objetivos da aula seja alcançado. Por fim, ao aplicar o conhecimento se espera, por exemplo, que os estudantes possam refletir sobre o fenômeno estudado e até mesmo extrapolem a sua aplicação para outros, que guardem relação ou não com o inicialmente proposto.

Uma síntese da proposta didática elaborada é apresentada na Tabela 1 com o objetivo de organizar de forma clara o conjunto de atividades sugeridas. O tempo de duração das atividades fica a critério do professor em função do seu planejamento.

TABELA 1. Conjunto de atividades sugeridas que compõe as aulas.

Atividade / Aula	Objetivos	Problematização	Organização do Conhecimento	Aplicação do Conhecimento
Espectro Eletromagnético	Identificar os comprimentos de onda e frequências características da radiação eletromagnética.	São diversos os comprimentos de onda, como classificá-los de acordo com suas propriedades?	Ondas - Comprimento e Frequência; Bandas de emissão.	Relacionar ambientes astrofísicos aos principais comprimentos de onda.
Espectroscopia Leis de Kirchhoff	Experimentar com o auxílio de um simulador, os fenômenos associados as leis da espectroscopia.	Imaginando que é possível identificar de que é feita uma estrela, qual a forma de fazer isso sem uma amostra dela?	Linhas espectrais; Linhas de Absorção e Emissão.	Entender que o desenvolvimento da espectroscopia permitiu saber as propriedades das estrelas e de outros corpos do Universo.
Usando um simulador da radiação de corpo negro	Associar as curvas de emissão de cada estrela com o pico de emissão característico obtido em uma curva.	Como estudar as propriedades de um corpo, usando a sua temperatura?	Temperatura de Cor.	Executar uma atividade que guarda relação com o que os cientistas fazem na sua prática.
Astronomia Espacial	Apresentar a tecnologia espacial e aplicação tecnológica de conhecimentos acerca da Luz.	30 anos do Telescópio Hubble; Tecnologia para além do visível.	Detectores; Propriedades ópticas; Instrumentação; Tratamento de Dados.	Provocar a reflexão sobre os desafios contemporâneos da ciência em busca de respostas para as questões associadas a origem e evolução do Universo.

Apresentar aos estudantes conhecimentos teóricos que envolvem direta ou indiretamente o trabalho de um astrônomo profissional é uma das maneiras que buscamos para atenuar os efeitos do distanciamento das atividades de

pesquisa profissional em relação à escola básica. Assim o enfoque da proposta é levar até os estudantes os conhecimentos relativos à prática observacional e coleta de dados astronômicos.

A aulas de espectroscopia visam uma primeira aproximação com conceitos fundamentais para o estudo da luz, com o auxílio do espectro eletromagnético geralmente difundido em livros didáticos. Ao término do conjunto de atividades que o professor pode preparar acerca do tema, os estudantes poderão extrapolar seus conhecimentos encontrando outros exemplos de aplicação prática, desde a leitura de informações encontradas em uma caixa de lâmpada *LED* a, por exemplo, ter conhecimento de que uma estrela jovem emite no visível, no infravermelho e em raios-X, cada tipo de emissão correspondendo à uma característica diferente do objeto.

As leis de Kirchhoff para a espectroscopia não são parte do escopo tradicional das aulas de física do ensino médio, sua abordagem pode levar a conteúdos fascinantes. Sabendo que as escolas públicas, em sua maioria, não contam com laboratórios o professor que desejar poderá lançar mão de experimentos de baixo custo ou usar aplicativos simuladores.

Conceituar as linhas do espectro visível em razão da absorção ou emissão, associando isso às propriedades das substâncias é uma oportunidade chave, para que o estudante passe a ter acesso aos conhecimentos que se relacionam com as teorias que tentam desvendar o funcionamento das estrelas e a composição de uma parte do Universo.

A radiação de corpo negro e as propriedades dos corpos que emitem luz é um passo ousado no sentido de trabalhar conceitos abstratos nos anos finais da educação regular, como é proposto na BNCC. O simulador indicado anteriormente é um forte aliado do docente para trabalhar os conceitos de temperatura de cor (Lei de Wien) e pode conduzir o estudante mais curioso a conceitos da astrofísica que se apoiam em ferramentas como o Diagrama H-R.

No último tema, todo o conjunto dos conteúdos tratados anteriormente será usado de forma articulada com o objetivo de apresentar aos estudantes a tecnologia que é associada aos telescópios espaciais sendo que o *Hubble Space Telescope*, que orbita a Terra há três décadas, é o mais conhecido entre todos os já desenvolvidos pela comunidade científica.

Adotar este tema para finalizar a proposta didática é uma escolha que leva em consideração que o estudante deverá ser capaz de discutir e argumentar com seus colegas que há limites para o uso de telescópios na superfície terrestre, sendo que a construção e o lançamento no espaço desses equipamentos é também produto do desenvolvimento tecnológico que remonta a corrida espacial iniciada durante o período da guerra fria.

Os tipos de telescópios e como a comunidade científica se organiza em torno dos grandes projetos, os principais aspectos dos instrumentos localizados no território nacional, aqueles que atualmente são utilizados para pesquisas em astronomia, outros aplicados em atividades de ensino, como por exemplo o telescópio Argus, do Observatório Abrahão de Moraes (OAM) que está instalado em Valinhos – SP estão disponíveis no trabalho de Silva [9] na forma de um material específico de apoio ao docente.

IV. CONCLUSÃO

O estudo do espectro eletromagnético, da luz e dos telescópios é sem dúvida uma possibilidade que tende a enriquecer as aulas de física na educação básica. As atividades propostas têm potencial transdisciplinar e visam engajar os estudantes a descobrir uma pequena parte do fazer dos astrônomos, a tecnologia que reina no mundo dos telescópios e que move as descobertas da astronomia.

É importante notar que essa iniciativa é apenas uma das várias que podem relacionar conhecimentos e conteúdo da escola básica com trabalhos e pesquisas realizadas na academia atualmente. Cabe à comunidade científica também contemplar ações que aproximem nossos estudantes dos laboratórios e empreendimentos científicos como uma forma de atrair o apoio da sociedade em tempos de crise do financiamento e ataques aos cientistas e à ciência.

REFERÊNCIAS

- [1] Langhi, R., *Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores*, Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, (2009).
- [2] Cavalcante, M. B., *A popularização da astronomia no ensino de geografia: Uma experiência no ensino fundamental e médio*, Revista Brasileira de Educação em Geografia, **2**, 192 (2012).
- [3] Gama, L. D. e Henrique, A. B., *Astronomia na sala de aula: Por quê?* Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA **9**, 7 (2010).
- [4] Darroz, L. M., Heineck, R. e Pérez, C. A. S., *Conceitos Básicos de Astronomia: Uma Proposta Metodológica*. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA **12**, 57 (2011).
- [5] Langhi, R. e Nardi, R., *Ensino da Astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica*. Revista Brasileira de Ensino de Física **31**, 4402 (2009).
- [6] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular*, MEC, Brasília, (2018).
- [7] Hecht, E., *Óptica*. (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002).
- [8] Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K. J., *Fundamental Astronomy*, (Springer, New York, 2017).
- [9] Silva, M. P. C., *A observação da Lua com instrumentos ópticos: articulações entre a experimentação e a sala de aula*. Dissertação de Mestrado, IAG/USP, Universidade de São Paulo (2016). Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.14.2020.tde-09042020-151647>.
- [10] Delizoicov, D., Angotti, J. A., Pernambuco, M. M., *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. (Cortez, São Paulo, 2002).