

## ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO INVESTIGATIVE TEACHING ABOUT BLACK BODY RADIATION

Tairine L. D. Machado<sup>1</sup> e Hamilton P. S. Corrêa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SED/ Escola Estadual/Professora de Física da Rede Estadual de Ensino/  
[tairinemachado@gmail.com](mailto:tairinemachado@gmail.com)

<sup>2</sup>UFMS/ Instituto de Física/ docente do programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências/  
[hpsoares@gmail.com](mailto:hpsoares@gmail.com)

### Resumo

As pesquisas que visam à importância da abordagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, assim como, as que apontam a necessidade de se produzir materiais didáticos que se mostrem como estratégias pedagógicas eficazes para esta finalidade, tem se intensificado e consolidado nas últimas décadas, trazendo resultados positivos que refletem em mudanças estruturais em diversos currículos escolares por todo o Brasil. Contudo, um dos desafios no ensino de Física, em especial de Física Moderna e Contemporânea em nível médio, ainda é a construção de experimentos de custo acessível que possam ser replicados com certa facilidade. Partindo desta premissa, a proposta aqui apresentada é referente a uma atividade experimental investigativa, a qual possui como pano de fundo o tema astronômico, “Estrelas”, e aborda o conceito de Radiação de Corpo Negro e informações relacionadas, por meio de um simulador experimental de produção própria. A sequência, que se apoia em elementos da teoria da Aprendizagem Significativa, foi desenvolvida com um grupo de alunos da rede estadual de Mato Grosso de Sul, e os resultados apontam um grande envolvimento e participação ativa dos alunos, assim como evoluções em suas concepções iniciais, e outros indícios que podem levar a construção de uma Aprendizagem Significativa.

**Palavras-chave:** Estrelas, Radiação de Corpo Negro, Ensino Investigativo e Aprendizagem Significativa.

### Abstract

The researches that aim at the importance of the approach of topics of Modern and Contemporary Physics in High School, as well as those that point out the necessity to produce didactic materials which are shown as effective pedagogical strategies for this purpose, has been intensified and consolidated in the last bringing positive results that reflect on structural changes in various school curriculum throughout Brazil. However, one of the challenges in physics teaching, especially in Modern and Contemporary Physics at the intermediate level, is still the construction of affordable experiments that can be replicated with some facility. Starting from this premise, the proposal presented here refers to a experimental investigative activity, which has as background the astronomical theme, "Stars", and approaches the concept of Black Body Radiation and related information, through a simulator through an own produced simulator. The sequence, that relies on elements of Significant Learning theory, was developed with a group of students from the state of Mato Grosso do Sul, and the results show a great involvement and active participation of the students, as well as evolutions in their initial conceptions, and other indications that may lead to the construction of A Significant Learning.

**Keywords:** Stars, Black Body Radiation, Investigative Teaching, and Significant Learning.

### **Introdução**

Os conceitos relacionados à Radiação de Corpo Negro representam um limiar entre a Física Clássica e o início da Física Moderna. As ideias, as informações e os questionamentos trazidos pela teoria proposta por Max Planck em 1900, trouxeram grandes contribuições para o avanço da compreensão da interação radiação/matéria. No entanto, é preciso certo cuidado ao se abordar conceitos físicos modernos no Ensino Médio, tendo clareza de quais aspectos e em que nível pretende-se direcionar os estudos, para que não se torne demasiadamente complexo e, por consequência, vazios de significados para os aprendizes. Neste caso em particular, apresentamos uma proposta de estudo feita por meio de um tema astronômico “Estrelas”, tendo em vista sua potencialidade em motivar, despertar questionamentos e incentivar a investigação, para a grande maioria das pessoas e, em especial, dos estudantes do Ensino Médio, como apontam os trabalhos de Rita e Dias (2008), de Langhi (2009) e de Santana e Santos (2017), dentre vários outros. Os conceitos físicos abordados foram organizados de forma a permitir uma compreensão do tema aliados a procedimentos que levam os estudantes a realizassem atividades experimentais de natureza investigativa (CARVALHO, 2011).

As atividades foram planejadas com base em elementos da teoria da Aprendizagem Significativa, sendo desenvolvida com um grupo de alunos da escola estadual Maria Constança Barros Machado do município de Campo Grande Mato Grosso do Sul, que participaram de um projeto em contra turno (vespertino) intitulado “*Escola de Formação de Jovens Astrônomos*”, projeto de extensão da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). As atividades ocorreram após os cursistas terem adquiridos durante o projeto conceitos subsunçores sobre: luz, espectro contínuo, de absorção e de emissão, assim como discussões iniciais sobre a natureza das Estrelas.

### **Encaminhamentos Metodológicos**

Um dos desafios no ensino de Física, em especial de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em nível médio, é a construção de experimentos de custo acessível que possam ser replicados com certa facilidade. Partindo desta premissa, a proposta explora o conceito de Radiação de Corpo Negro (RCN), por meio de um simulador experimental de produção própria, construído a partir de materiais de fácil acesso e de custo baixo. A sequência aborda sobre a construção do experimento, a escolha dos materiais e, mais a frente, as estratégias pedagógicas para o desenvolvimento da atividade experimental com base na contextualização em um tema astronômico.

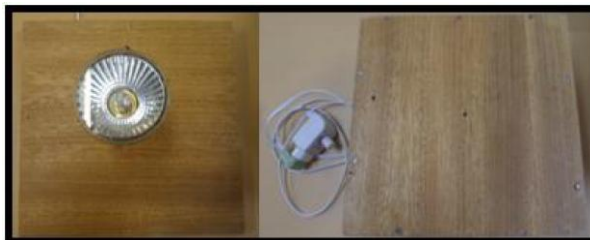
### ***Materiais utilizados para confecção do experimento e procedimentos de montagem.***

Para montagem do simulador de RCN de Emissão foi utilizada uma lâmpada do tipo halogênea de 50 W, uma vez que esta possui características típicas de uma fonte térmica similar ao esperado para um Corpo Negro de Emissão (CNE). Ela possui uma película que a torna espelhada em suas laterais produzindo um efeito refletor direcional em um cone de iluminação. Quando submetida a uma tensão variável, o filamento varia sua temperatura podendo chegar a 3000 K, de forma que o mesmo incandesça emitindo uma luz de cor rubra, à luz de cor branco amarelada.

Desta forma, pode ser utilizada como um exemplo de fonte térmica que se comporta similarmente a um CNE.

A lâmpada foi acoplada a uma caixa de madeira, a fim de isolá-la evitando que alguém se machuque ao manipulá-la, com uma fenda para colimar a luz emitida, localizada a frente da lâmpada, sendo a única saída de luz. Desta forma, ao invés de trabalhar com um cone de luz, convencionalmente gerado pelo tipo de lâmpada escolhido, teremos apenas um fecho de luz, que facilita o alinhamento com os demais instrumentos ópticos utilizados.

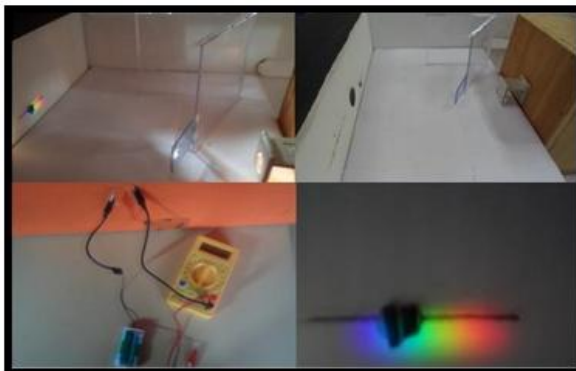
**Figura 01** - Lâmpada halogênea acoplada à caixa de madeira



**Fonte:** Os autores.

Uma vez ligada a luz emitida é direcionada por uma lente para a superfície de um DVD (o qual foi retirada a película metalizada), que funciona como uma rede de difração. A lâmpada foi conectada a um aparelho *DIMER* (figura 01) e este na alimentação elétrica, possibilitando controlar a intensidade da luz emitida durante a experimentação. Foi acoplado um sensor de luz (do tipo resistivo), alimentado por duas pilhas do tipo AA, e em série a um multímetro que possibilita a leitura da corrente elétrica que atravessa o circuito. A figura 02 apresenta a posição de cada um dos materiais listados e a montagem final do simulador.

**Figura 02** - Montagem do simulador de CNE



**Fonte:** Os autores.

O sensor foi posicionado sobre o espectro de luz gerado após dispersão pelo DVD e projetado sobre um anteparo. Com o uso de uma fita adesiva preta, a superfície do sensor foi reduzida a uma pequena região de coleta de luz, permitindo que, ao se deslocar o sensor por meio de um guia no anteparo, este varre uma pequena região do espectro de luz.

### ***Estratégias Pedagógicas***

As atividades experimentais investigativas com o simulador de CNE visam favorecer a construção de uma Aprendizagem Significativa por Descoberta, tendo como base os elementos da teoria de Ausubel (2003). Assim sendo, os estudantes

foram incentivados a interagir, manipular, testar e coletar informações, seguindo uma linha de laboratório não estruturado na busca de aguçar o senso de investigação e descoberta. Ao longo do processo, realizaram-se leituras informativas e discussões, buscando proporcionar condições para o desenvolvimento de outro tipo de Aprendizagem, a Aprendizagem por Recepção. As atividades propostas foram divididas em três etapas: interação e manipulação do simulador de CNE; leitura e discussão do texto "Radiação do Corpo Negro"; e experimentação com o simulador de CNE. Na sequência do texto discutiram-se os procedimentos e as estratégias adotadas em cada uma delas.

### ***Interação e manipulação do simulador CNE***

A primeira prática foi à apresentação do simulador de CNE aos cursistas como um instrumento que poderia ser usado no estudo e na compreensão da "Luz emitida pelas Estrelas". Desta forma, evidenciando a importância de se conhecer sobre o dispositivo experimental e o seu funcionamento. Para esta atividade os participantes formaram um grupo único, dispondo-se ao redor da mesa na qual o simulador se encontrava. A fim de iniciar uma discussão e envolvê-los, levantaram-se algumas questões para sondar a compreensão que tinham sobre o significado de "Corpo Negro" e se haviam estudado este conceito na disciplina de Física no curso regular. Como proposta, buscou-se explorar os componentes do simulador e suas respectivas funções, com exceção do componente DVD que foi discutida posteriormente.

Ao manipularem os componentes do simulador, os cursista observaram que a fonte de luz utilizada não era "negra", assim pode-se levantar a seguinte questão: *Qual a relação entre a lâmpada halogênea e o chamado "Corpo Negro"*? Fez-se uma lista no quadro, pontuando em colunas as características de um corpo que emite luz por incandescência, dando ênfase a emissão de luz como consequência da variação de temperatura sofrida e, em outra coluna, as de um corpo de cor preta, especialmente a propriedade de absorção de luz. Com a hipótese de que, até aquele momento, dizer que um corpo é de cor preta não é garantia de ser classificado como um "Corpo Negro".

A partir das informações das colunas, introduziu-se uma visão geral do conceito de "Corpo Negro", como um corpo que possui dois tipos de comportamentos, Corpo Negro de Emissão - corpos que emitem radiação luminosa conforme a sua temperatura - e Corpo Negro de Absorção - corpos que têm a capacidade de absorver toda luz incidente sobre eles. A lâmpada halogênea possui comportamento similar ao de emissão, daí a importância de usá-la como fonte de luz para a experimentação.

### ***Leitura e discussão do texto "Radiação do Corpo Negro"***

Foi entregue aos cursistas uma cópia do texto "Radiação de Corpo Negro", o qual aborda a relação entre "Estrelas" e "Corpo Negro de Emissão". Traz algumas informações sucintas relacionadas ao desenvolvimento histórico dos estudos sobre "Corpo Negro", enfatizando a importância deste para as bases da Mecânica Quântica. Além de abordar exemplos de corpos que possuem comportamento similar de um "Corpo Negro de Emissão", tais como, carvão e ferro em brasa, lâmpadas de filamento e Estrelas, trazendo imagens diversificadas para auxiliar os estudos propostos. O que possibilitou discutir a relação existente entre "Corpo Negro de Emissão" e "Estrelas", destacando que conforme avançou os estudos sobre este

conceito foi possível discutir com maior clareza o comportamento apresentado por vários tipos de Estrelas e como as luzes por elas emitidas estão relacionadas aos diferentes estágios de suas vidas. Ao longo da discussão do texto, os cursistas tiveram liberdade para fazer comentários, trocar informações, expor opiniões e questionamentos pertinentes.

### ***Experimentação com o simulador de CNE***

Os cursistas foram convidados para a primeira atividade experimental com o simulador, podendo manipular livremente seus componentes, considerando que já haviam conhecido os mesmos, assim como, suas respectivas funções, tendo condições de desenvolverem em grupo uma proposta de procedimento, que permitisse obterem informações sobre a luz da fonte, ou seja, parte visível da radiação do espectro do suposto “Corpo Negro”.

Neste primeiro momento não foi utilizado o DVD, o estudo foi centrado apenas no comportamento do spot de luz branca. Eles receberam uma folha impressa com um enunciado sucinto da atividade e um campo em branco para a escrita, disponibilizado para anotações de ideias, hipóteses, resultados e demais esquemas e representações que julgassem necessário.

Dando continuidade ao processo de experimentação foi introduzido o DVD na montagem do simulador. Novamente foi entregue aos cursistas uma folha impressa, contendo o enunciado da atividade de experimentação e um campo em branco para suas anotações e representações. A escolha da posição mais adequada para introduzir o DVD e eventuais modificações na montagem do simulador ficou a critério deles. Assim, buscou-se aguçar o espírito investigativo, a interação com o material e desenvolver suas habilidades de criatividade, para construir e testar hipóteses, tornando a atividade significativa para os cursistas. Desta forma, os procedimentos experimentais foram feitos e refeitos conforme eles julgaram convenientes. Todos os dados obtidos, esquemas e orientações adotadas foram anotados na folha de registro para posterior análise, discussão e construção de uma hipótese de explicação.

De posse dos registros de dados e das informações coletadas durante as duas fases da experimentação com o simulador, ou seja, no estudo do spot de luz branca e da luz dispersa, os cursistas construíram uma proposta de explicação para os resultados obtidos, com base em suas ideias, conhecimentos e experiências. O simulador ficou disponível para novas manipulações ou repetições de procedimentos, ou para observar algo que julgassem pertinentes. Este momento de interação, no sentido de troca de significados e informações, restringiu-se exclusivamente aos cursistas, cabendo a professora/pesquisadora apenas apresentar a atividade e instigá-los a desenvolvê-la, promovendo neles uma postura de jovens investigadores.

### **Análise dos dados e Discussões**

Nos instantes iniciais, ao verem o simulador de CNE, lançaram olhares “curiosos” e levantaram questionamentos com relação ao uso do mesmo. Porém, ficaram receosos em manipular o dispositivo, pois não sabiam do que se tratava. Quando convidados a se disporem ao redor da mesa, na qual o objeto de estudo encontrava-se, a maioria o fez com agilidade e entusiasmo. Então, apresentou-se este como simulador de “Corpo Negro de Emissão” e aproveitou-se para questioná-

los sobre o que entendiam por “Corpo Negro”, se já haviam estudado sobre o assunto na disciplina de Física em aula regular.

No entanto, a concepção apresentada pelo grupo sobre o conceito, de maneira geral, foi semelhante. Cada um deles contribuiu um pouco para a construção da resposta, expondo as informações que tinham sobre o assunto. Para eles, um “Corpo Negro” tratava-se de um corpo de cor preta e citaram exemplos de objetos que estavam presentes na sala, tais como, mochila e camiseta preta. Apresentaram ideias sobre o comportamento deste corpo afirmando, por exemplo, que uma característica da cor preta é absorver a luz, concluindo que um “Corpo de cor preta” absorve toda a luz incidente sobre ele. O quadro 01 sintetiza a concepção apresentada por eles.

**Quadro 01** - Concepção prévia inicial apresenta pelos cursistas sobre Corpo Negro

<b>Concepção Prévia</b>
Um “Corpo Negro” é um corpo de cor preta e possui a capacidade de absorver a luz incidente sobre ele.

Dando continuidade aos estudos, foi feita a apresentação e discussão dos componentes do simulador e suas respectivas funções. Como citado anteriormente, já haviam demonstrado curiosidade com relação ao objeto e, neste momento, agiram com autonomia manipulando os equipamentos e levantando questionamentos sobre as peças desconhecidas.

Ao falar sobre o funcionamento da lâmpada halogênea foi dito aos cursistas que a fonte de luz do experimento, simulava o comportamento de um “Corpo Negro”. Ligando esta informação com as ideias anteriormente discutidas e a concepção que apresentaram com relação a este conceito, pode-se questioná-los quanto à relação entre a lâmpada halogênea e o tal “Corpo Negro”.

Os cursistas mostram-se pensativos e não apresentaram respostas, o que permitiu concluir que não provinham, naquele momento, de ideias ou de informações, subsunçores, ancorados em suas estruturas cognitivas, que lhes permitissem argumentar. O questionamento introduzido foi estratégico para chamar a atenção deles, uma vez que a concepção sobre o conceito de “Corpo Negro”, expressa no quadro 01, revelou a presença de conhecimentos parciais sobre o conceito, referente às propriedades de absorção. Porém, nenhuma ligação com os aspectos que envolvessem propriedades de emissão.

A leitura compartilhada do texto intitulado “Radiação do Corpo Negro” permitiu discutir com os cursistas uma visão geral deste conceito e sua ligação com o estudo da luz das estrelas. Além disso, foi interessante a atenção especial dada por eles às informações do texto sobre “Corpo Negro” e ao início da Física Quântica. Não foi investigado o motivo de tal interesse, acreditamos que uma possível explicação possa ser o fato de ouvirem o termo Física Quântica, principalmente, em seriados de TV e em filmes de ficção científica. Em tempo, afirmamos que o Referencial Curricular de Mato Grosso do Sul ainda privilegia a Física Clássica, conceitos e informações sobre Física Moderna e Contemporânea são pouco discutidos em salas de aulas do ensino regular.

Em relação a primeira atividade de investigação experimental com o simulador de CNE, os cursistas não tiveram grandes dificuldades em manipular e organizar os componentes, foi necessário apenas algumas orientações sobre o

alinhamento ótico necessárias. Contudo, depois de finalizada a montagem, ao verem o spot de luz branca projetado no anteparo, apresentaram dificuldades para prosseguir. Não surgiram ideias de como proceder ou o que observar. Assim, foi necessário introduzir sugestões, a fim de ajudá-los na continuação da atividade.

Com relação ao spot de luz branca, foi perguntado se a corrente indicada no multímetro seria a mesma em todo o spot. Alguns afirmaram que sim e outros que não, porém ninguém soube justificar sua resposta. Então, sugeriu-se que verificassem isso, chamando a atenção para o fato do sensor de luz ser móvel. Os cursistas aceitaram a sugestão e se mobilizaram para fazer os testes.

Agregaram novas ideias a sugestão anterior e construíram um procedimento para desenvolver os testes. O primeiro passo foi medir o tamanho do spot de luz. Em seguida, fizeram marcações de pontos equidistantes de 0,5 cm. Por fim, mediram e anotaram os valores de corrente elétrica, apontados pelo multímetro para cada um dos pontos marcados, em um total de cinco (05). Na sequência, fizeram mais duas medições para diferentes distâncias, uma com três (03) pontos equidistantes de 1 cm e a outra com dois (02) equidistantes de 1,5 cm.

Com base nos resultados obtidos, verificaram (para a surpresa de muitos) que a corrente elétrica variava, à medida que o sensor era movido para cada um dos pontos marcados. O quadro 02 sintetiza as concepções apresentadas nas propostas de explicação do grupo para o efeito visualizado.

**Quadro 02:** Concepções prévias, referentes aos resultados iniciais, obtidas na experimentação com o simulador de CNE

<b>Concepções Prévias</b>
Há uma relação entre intensidade de luz e corrente elétrica.
O formato cônico da lâmpada halógena é a causa da concentração de Luz na região central do <i>spot</i> projetado.
A intensidade da energia são maiores nas regiões de concentração de luz, gerando correntes maiores.

Os cursistas demonstraram grande interesse em saber, qual seria o motivo do DVD não ter sido utilizado na primeira parte da experimentação. Ao receberem a informação do seu uso na segunda parte, um cursista logo o introduziu na montagem e levando a todos visualizaram (apesar de um pouco desfocado) a projeção do espectro gerado pela fonte de luz.

A professora/pesquisadora orientou os cursistas a manipularem o suporte do DVD na procura de uma posição que permitisse uma visualização nítida da projeção do espectro. Tendo a liberdade de escolher qualquer um dos dois espectros projetados pelo DVD. Observaram e analisaram o comportamento do espectro, fazendo ajustes nas posições dos componentes do simulador, conforme julgassem necessário.

A figura 03 apresenta o registro fotográfico dos espectros projetados observado pelos cursistas durante a atividade experimental com o Simulador de RCN de emissão. Inicialmente, verificaram que as marcações realizadas na primeira parte da atividade ficaram dispostas de forma aleatória. Decidiram apagar os pontos anteriores e marcar novos, ordenando-os conforme cada cor de luz do espectro observado.

**Figura 03:** Espectros projetados pelo Simulador de RCN de Emissão

**Fonte:** Os autores

Na sequência, após um breve momento de discussão sobre os próximos passos para experimentação, os cursistas moveram o sensor de luz ao longo do espectro, observando as variações de corrente elétrica. A partir daí, fizeram suas anotações de forma similar à etapa anterior, usando como parâmetro as cores do espectro que conseguiram identificar e a corrente correspondente. Realizaram duas medições, uma para 100% da intensidade da luz e outra para 50%, ajustados pelo controlador eletrônico (dimer), sendo esta variação de intensidade uma sugestão da professores/pesquisadores.

Na folha de registros, anotaram as cores observadas, as quais identificaram como: azul escuro, azul claro, verde escuro, verde claro, amarelo, alaranjado e vermelho, e os respectivos valores de corrente elétrica, para ambas as intensidades adotadas. A professora sugeriu que explicassem o observado, porém, não apresentaram uma proposta de explicação para os resultados.

Ao término das atividades, os cursistas responderam a um questionário compostas por cinco questões, formuladas e analisadas com base em três pontos principais: **Cor de Luz e Temperatura, Conceito de Corpo Negro, Radiação de Corpo Negro e as Estrelas**. Com o foco na sondagem do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos e na identificação dos indícios de uma Aprendizagem Significativa, com relação ao conceito de RCN e sua relação com as Estrelas, uma discussão detalhada de cada uma das questões foi apresentada na dissertação de mestrado intitulada “**Integração de Tópicos de Física Moderna e Astronomia: uma abordagem na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa**”. Este trabalho foi apresentado no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da UFMS. No quadro 03, estão dispostas as principais concepções apresentadas pelos cursistas em suas falas.

**Quadro 03:** Concepções dos cursistas com relação ao conceito de Corpo Negro.

#### Concepções

Um Corpo Negro é um corpo que possui a capacidade de absorver e emitir luz.

A Temperatura influencia o comportamento de um Corpo Negro

Uma concepção inicial, apresentada pelos cursistas, foi de que um "Corpo Negro" é um corpo de cor preta e possui a capacidade de absorver a luz incidente sobre ele. A partir da investigação, pode-se dizer que eles incorporam a seus modelos mentais, as ideias sobre a propriedade de emissão de luz pelo Corpo Negro, além de se consolidar um melhor entendimento sobre o processo de absorção, ressaltando que a relação com "um corpo de cor preta" não apareceu. A maioria dos cursistas apontaram em suas falas que os corpos possuem diferentes cores, chegando a citar as Estrelas como exemplos de Corpos Negros, mostrando indícios de mudanças em suas concepções iniciais.



### **Considerações Finais**

Com base em todo o comportamento apresentado pelos cursistas, durante o desenvolvimento das atividades, e traçando um paralelo entre as concepções presentes nos quadros 01 e 03, apontado expressamente pelas modificações apresentadas nas concepções dos cursistas, pode-se afirmar que os mecanismos de aprendizagem adotados mostraram-se eficazes e foram significativos para os cursistas. Pode-se enfatizar que as atividades investigativas com o simulador de “Corpo Negro de Emissão”, os cursistas demonstraram-se envolvidos e empenhados na função de investigadores, tanto no que tange a manipulação como nos procedimentos adotados, na tentativa de levantar hipóteses e testá-las e, posteriormente, explicá-las, favorecendo uma Aprendizagem Significativa por Descoberta. Além disso, indícios de uma Aprendizagem por Recepção podem ser considerados nas concepções apresentadas no quadro 03 e em falas apresentadas durante os experimentos, nas quais se podem notar elementos de informações contidas no texto “Radiação de Corpo Negro”, atividade em que eles participaram ativamente, levantando questionamentos e expondo ideias.

Em resumo, torna-se possível afirmar que as metas estabelecidas no que se refere à construção de um ambiente favorável ao desenvolvimento da Aprendizagem Significativa, tendo como estratégia uma sequência de ensino investigativo por meio de um tema astronômico e centrada em experimentação, foram alcançadas. Não podemos afirmar em um nível pleno, contudo, em um nível positivo. Tendo em vista que, aprender significativamente não é aprender todos os conteúdos que são apresentados, mas aprender aquilo que tem significado para o sujeito que está imerso no processo de ensino e aprendizagem.

### **Referências**

- AUSUBEL, David, P. **Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1 ed. Lisboa: Paralelo LDA, 2003. Trad. Lígia Teopisto.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI)**. In: Longhini, M. D. (org). O uno e o diverso na educação. Uberlândia, MG: EDUFU, 2011. cap. 18, p. 253- 266.
- LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.
- MACHADO, T. L. **Integração de Tópicos de Física Moderna e Astronomia: uma abordagem na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa**. 2016. Dissertação ( Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, UFMS, Campo Grande.
- RITA, J. R. S.; DIAS, C. A. C. M. **Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio**. Revista Latino – Americana de Educação em Astronomia,. n. 6, p. 55 – 65, 2008.
- SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J.S. **Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.