



## **ENSINO DA RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO EM SALA DE AULA**

Graciela Paz Meggiolaro – UFRGS  
Michel Emile Marcel Betz – UFRGS

**Resumo:** Neste trabalho são apresentados os resultados de uma prática aplicada em uma escola da rede pública referente aos métodos computacionais no Ensino de Física. Como componente principal desta prática, elaborou-se uma planilha eletrônica, com conceitos voltados à Física Moderna. A escolha da abordagem foi motivada pela dificuldade de se trabalhar em sala de aula com assuntos da Física Moderna no Ensino Médio. Com a preocupação de discutir a Física Moderna, foi desenvolvida com alunos do 3º ano noturno de uma Escola Estadual do município de Ijuí/RS, uma atividade voltada ao uso de uma planilha eletrônica referente aos conceitos da Radiação do Corpo Negro, com texto de apoio e guia de atividades do aluno. Verificou-se que a apresentação e a análise de gráficos dinâmicos facilitam a tradução de fatos observados na vida diária, em especial a variação da intensidade radiante e a modificação da cor de um corpo aquecido, em leis físicas relativas à potência e à frequência da radiação do corpo negro.

**Palavras-chave:** Educação Básica; Física Moderna; Planilha Eletrônica.

### **INTRODUÇÃO**

Até o século XIX eram conhecidos apenas os conceitos, teorias e leis da Física Clássica, desenvolvidos principalmente por Galileu Galilei, que tratava do movimento com aceleração nula ou constante, Johannes Kepler, que descrevia o movimento dos corpos celestes, Isaac Newton com a Mecânica Clássica, a qual descrevia todos os tipos de movimentos não-relativísticos e James Maxwell com a teoria do eletromagnetismo e a óptica.

Com estas leis, era possível entender e descrever os fenômenos ocorridos na natureza, porém, no final deste mesmo século, uma grande revolução unificou estas e criou novas teorias, a partir do momento em que chegou-se à conclusão que estas leis eram válidas apenas para o mundo macroscópico. Houve, assim, uma quebra de paradigmas da Física Clássica para a Física Moderna; segundo Oliveira e Zwirter (2006, p.45) “A Física Quântica representou para a Ciência, uma quebra dos paradigmas vigentes na descrição dos fenômenos naturais, que eram estudados a partir das Leis de Newton, Equações de Maxwell e pela ótica.”

A ruptura da Física Clássica para a Física Moderna pode ser caracterizada como uma revolução científica, na qual “[...] um paradigma mais antigo é total ou parcialmente

substituído por um novo, incompatível com o anterior.” (Kuhn, 1996, p.125). O novo paradigma foi aceito, pois as teorias da Física Clássica não se aplicavam aos fenômenos que ocorriam nos sistemas físicos microscópicos e a altas velocidades. “Para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada.” (Kuhn, 1996, p.38).

Com as descobertas de Einstein sobre a teoria da relatividade, surgiram novos conceitos de espaço, tempo, massa e energia. Max Planck, com a ideia de quantização da energia deu o primeiro passo para a chamada Física Quântica, a qual trabalha a nível atômico. Estas descobertas constituem o alicerce de boa parte da nossa tecnologia de hoje. Este novo ramo da Física está em constante avanço.

Um fenômeno que, já no final do século XIX, desafiava as teorias clássicas era a radiação eletromagnética emitida por um corpo aquecido.

Tal radiação (distribuída pelos diferentes comprimentos de onda ou frequências) é emitida por um corpo metálico, quando o mesmo é aquecido a grandes temperaturas e se torna incandescente, emitindo luz, ou seja, trata-se de uma radiação eletromagnética. (RIBEIRO FILHO, 2002, p. 308).

“O problema básico era a compreensão da distribuição de comprimentos de onda observada na radiação emitida por um corpo ideal, chamado corpo negro<sup>1</sup>” (SERWAY e JEWETT, 2007, p. 1095).

Stefan estabeleceu experimentalmente que “[...] o poder emissor de um corpo negro (energia emitida pelo corpo negro na forma de luz e calor em cada segundo) era proporcional à temperatura absoluta elevada à quarta potência.” (Id, p.307). Boltzmann deu uma explicação teórica, sendo a partir daí este resultado conhecido como Lei de Stefan-Boltzmann. Wien “[...] verificou que, ao aumentar-se a temperatura do corpo negro, o comprimento de onda correspondente ao brilho máximo da luz emitida pelo mesmo tornava-se cada vez mais curto, deslocando-se para a parte violeta do espectro.” (Id, p.307). Porém, a teoria clássica não previa a existência de um máximo no brilho para um comprimento de onda finito, e sim um crescimento arbitrário do brilho com a diminuição do comprimento de onda. Esta previsão, a priori absurda, foi alcunhada por alguns físicos de “catástrofe ultravioleta”, por ocorrer em regiões de frequências elevadas (comprimentos de onda curtos).

---

<sup>1</sup> Um corpo negro pode ser definido como um absorvedor perfeito de radiação eletromagnética. Sendo a emissão o processo inverso da absorção, o corpo negro é também o mais eficiente emissor de radiação térmica, para uma dada temperatura.

Em 1900, Planck apresentou uma explicação para o problema do comportamento da radiação do corpo negro, a quantização da energia.

[...] Planck precisou "postular" que a luz (visível ou não) é formada de "partículas" ou "pacotes de onda". Cada pacote tem uma energia que é proporcional à frequência da onda de luz. Isto é, cada pacote carrega uma energia dada por  $E = h f$ , onde  $h$  é a chamada "constante de Planck" e vale  $6,63 \times 10^{-34}$  joule.seg. Foi uma hipótese revolucionária. Não havia nenhuma razão para adotá-la, a não ser o ajuste ao espectro do corpo negro. Planck chamou esses pacotes de "quanta" de luz ("quanta" é o plural de "quantum"). (SANTOS, [2011], não paginado).

Mais tarde com as discussões que emergiram no início desse século o "quanta" de luz também foi discutido por Einstein no efeito fotoelétrico e passou a ser conhecido como fóton ou partícula de luz.

Dionísio (2005) apresenta uma interessante revisão dos aspectos históricos, discutindo como surgiu o problema da radiação do corpo negro, analisando as contribuições de Planck e Einstein e direcionando sua discussão em especial para as contribuições de Einstein, relativas ao conceito do fóton. Este autor também aponta aspectos da radiação térmica que são bem conhecidos de quem já observou, por exemplo, um ferro em brasas: "[...] a coloração da luminosidade irradiada depende da temperatura: a medida que o objeto esquenta, sua cor passa de um vermelho fosco a um vermelho vivo, a um alaranjado, depois amarelo, branco e, finalmente, azulado." ( p.149). Evidentemente, tais observações podem ser aproveitadas na discussão do assunto em sala de aula.

O professor também pode trabalhar com radiação do corpo negro através da instrumentação; como exemplo, Cavalcante e Haag (2005) desenvolveram um equipamento destinado principalmente ao ensino de graduação, mas que também poderia ser utilizado com os alunos do Ensino Médio. Os autores apresentam um experimento de baixo custo para o estudo da distribuição espectral, no qual a seleção e a detecção se processam através de LED's. Eles afirmam que o experimento ajudou os alunos a compreenderem melhor a distribuição em frequência da radiação de um corpo negro, permitindo ainda a determinação experimental da constante de Planck.

Como outro tipo de recurso que está disponível para trabalhar em sala de aula, pode-se mencionar algumas animações existentes em *sites* da internet, as quais oferecem recursos suficientes para que o aluno consiga assimilar as características principais da radiação emitida:

- Blackbody Radiation and Stellar Luminosity<sup>2</sup> (radiação de corpo negro e luminosidade estelar) disponibiliza um texto sobre o assunto, questões e exercícios para responder e resposta dos exercícios. Além de trabalhar com o gráfico da radiação alterando a temperatura, é possível visualizar que a distribuição da radiação em comprimento de onda se desloca.
- Interactive Simulations - PhET<sup>3</sup>, outro simulador que permite ao aluno também alterar a temperatura e acompanhar em um termômetro a variação da temperatura e no gráfico a distribuição em comprimento de onda com as cores correspondentes.
- My Black Body Applet<sup>4</sup>, mostra os resultados previstos pela distribuição de Planck; o aluno pode variar a temperatura entre zero e 10.000 graus, observando o pico na distribuição e o comprimento de onda correspondente.
- La radiación del cuerpo negro<sup>5</sup>. (A radiação do corpo negro) permite escolher a temperatura e selecionar uma região do espectro. O programa então calcula e mostra num gráfico a distribuição de radiação nesta região.

A discussão da radiação do corpo negro é o primeiro passo que o professor pode colocar em seu planejamento de ações em sala de aula e metodologias, referente à introdução da Física Moderna, explorando historicidade, simulação computacional, modelagem e uso de equipamentos.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados da realização de uma atividade que se deu através do uso de uma planilha eletrônica, software desenvolvido durante um curso de especialização, em uma atividade prática do componente de métodos computacionais no ensino de Física. A atividade foi desenvolvida com alunos do 3º ano (Física III - noturno) da Escola Técnica Estadual 25 de julho, localizada no município de Ijuí - Rio Grande do Sul, com 32 alunos, com a intenção de contribuir na aprendizagem do aluno através da utilização do método computacional da planilha eletrônica, abordando os conceitos da Lei de Stefan e da Lei de Wien.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

<sup>2</sup> <http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Blackbody/frame.html>

<sup>3</sup> <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>

<sup>4</sup> [http://webphysics.davidson.edu/alumni/milee/java/bb\\_mjl.htm](http://webphysics.davidson.edu/alumni/milee/java/bb_mjl.htm)

<sup>5</sup> <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>

A fundamentação teórica que a pesquisa utilizou foi baseada nas idéias de Lev Semiónovitch Vigotski. Este autor formulou uma teoria do desenvolvimento intelectual humano fundamentada no pensamento e na linguagem. Para ele, o indivíduo faz parte do processo social, e o seu desenvolvimento é mediado pela interação com o ambiente, instrumentos e outras pessoas.

Na escola o aprendizado induz a generalização, propiciando a conscientização do aluno no próprio processo mental. Na medida em que a palavra é aprendida, a palavra evolui; com isso o conceito no intelecto da criança se desenvolve, levando a criança a formar verdadeiros conceitos. Vigotski (2008, p.104) afirma que

[...] um conceito é mais do que a soma de certas conexões associativas formadas pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário.

“O conceito tem uma origem social e sua formação envolve antes a relação com os outros, passando posteriormente a ser de domínio da própria criança.” (GÓES e CRUZ, 2006, p.33), “[...] é preciso salientar que o processo de formação de conceitos, assim como todas as funções superiores, surge e desenvolve-se nas condições reais de vida humana, culturalmente construídas.” (TUNES, 2000, p.40). Os conceitos são representações da realidade; tomemos o seguinte exemplo

[...] o conceito de relógio não se refere a um objeto em particular, mas a um grupo de objetos que apresentam a característica essencial de marcar as horas. O conceito é, portanto, também uma generalização. Assim, podemos atuar mentalmente com o conceito relógio sem que estejamos diante do objeto relógio. Esse é o grande papel dos conceitos no desenvolvimento do psiquismo: a libertação dos sujeitos do contexto perceptual direto. (CASCONI e SFORNI, 2009, p.4).

No exemplo do relógio, a referência ao objeto material está bastante próxima do conceito, fazendo parte do processo de abstração e generalização da linguagem nos conceitos cotidianos, nas situações concretas. Já para o conceito científico de medidor do tempo, a relação de um instrumento com outros que apresentam a mesma funcionalidade se diferenciaria pelo grau de generalizações. Mas devemos enfatizar que os conceitos possuem uma inter-relação, não existe conceitos isolados

Os conceitos não ficam guardados na mente da criança como ervilhas em um saco, sem qualquer vínculo que os una. Se assim fosse, nenhuma operação intelectual que exigisse coordenação de pensamentos seria possível, assim como nenhuma concepção geral do mundo. (VIGOTSKI, 2008, p.138).

Os conceitos não ficam isolados, eles sempre estão relacionados, os conceitos novos e mais elevados, transformam o significado dos conceitos inferiores. Porém as inter-relações não são automáticas, o professor tem que ajudar. Existem duas categorias de conceitos, os conceitos cotidianos (espontâneos) e os conceitos científicos (acadêmicos, verdadeiros), aos quais são associados processos de formação diferentes

Enquanto os conceitos espontâneos são elaborados nas situações de utilização da linguagem, nas relações cotidianas, os científicos tornam-se acessíveis principalmente nas relações escolarizadas, pela mediação deliberada e explícita de um adulto que visa a aquisição pela criança de conhecimentos sistematizados. (GÓES e CRUZ, 2006, p.34 e 35).

Os conceitos cotidianos são construídos na experiência pessoal, na atividade prática ou interação social imediata da criança e os conceitos científicos se desenvolvem pelo meio da aquisição de um sistema de conhecimento mediado pelo ensino formal. A seguir iremos discutir os dois tipos de conceitos.

### **Conceitos cotidianos**

Os conceitos cotidianos, como referidos anteriormente, são conceitos construídos na atividade prática ou interação social da criança, conforme Vigotski (2008, p.45):

Os cotidianos, dadas as suas características estruturais, são impregnados do concreto. Eles permitem o desenvolvimento, na mente da criança, de estruturas importantes de generalização. Falta-lhe a abstração necessária para o desenvolvimento do discernimento e o controle voluntário do ato de pensar.

Essa falta de abstração da criança refere-se à concentração nos objetos e não no seu próprio ato de pensar, ela não tem consciência deles, por tanto quando precisa lidar com esses conceitos cotidianos geralmente a criança entra em contradição, pois ainda não sabe considerá-los no plano da abstração:

A criança adquire consciência dos seus conceitos espontâneos relativamente tarde; a capacidade de defini-los por meio de palavras, de operar com eles à vontade, aparece muito tempo depois de ter adquirido os conceitos. Ela possui o conceito (isto é, conhece o objeto ao qual o conceito se refere), mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento. (VIGOTSKI, 2008, p.135).

A criança sabe usar a palavra adequada, porém não a utiliza com consciência, porque é incapaz de abstrair o significado da palavra. Veremos nos conceitos científicos que a palavra é parte integrante do processo de desenvolvimento.

### **Conceitos científicos**

As crianças, antes de entrarem na escola, possuem os conhecimentos cotidianos e, ao ingressarem na escola, elas não abandonam esses conhecimentos, mas sim passam a interagir com os conceitos científicos. Segundo Fino (2001, p.7) baseado em Vigotski

[...] o conhecimento científico repousa em sistemas culturais que são transmitidos através da escolaridade formal. Em contraste, os conceitos de todos os dias adquirem-se através da participação em actividades da vida quotidiana, e começam por ser uma compreensão concreta de eventos e de fenómenos, que se vão tornando cada vez mais abstractos à medida que se movem “para cima” e vão sendo integrados em sistemas de conhecimento formal. Os conceitos científicos, por seu lado, adquirem-se por exposição verbal, e vão-se tornando mais significativos à medida que se movem “para baixo” e entram em contacto com objetos e eventos de todos os dias.

A apropriação dos conceitos científicos é mediada por outros conceitos, a formação de um conceito superior implica em uma série de conceitos subordinados, conceitos com diferentes níveis de generalidades. Por tanto quando o aluno passa a ter condição da tomada de consciência, o conceito não age mecanicamente, e sim passa a ser aprendido como ferramenta para novas apropriações.

Referente aos conceitos científicos que o aluno aprende na escola, por meio de um ensino sistemático, eles passam por um processo de assimilação e compreensão, fazendo parte do processo de desenvolvimento do aluno, no qual a relação com o objeto é mediada por algum outro conceito.

Dessa forma, passando pelo desenvolvimento das funções intelectuais, os conceitos evoluem, mas vale lembrar que

Os conceitos científicos, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferido a outros conceitos e a outras áreas do pensamento. A consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos.” (VIGOTSKI, 2008, p.115).

No contexto do nosso trabalho, podemos identificar como conceito científico principal no sentido da teoria de Vigotski, a Potência Irradiada, pois este conceito científico é mediado por outros conceitos, os quais discutiremos a seguir.

### **Radiação térmica x conceitos cotidianos e científicos.**

Vimos que os conceitos científicos são geralmente mediados por um ou vários outros conceitos, conceitos cotidianos. Na escola, o professor ajudará o aluno na evolução do pensamento dos conceitos cotidianos até o conceito científico, através da interação e a negociação.

Para que o aluno compreenda e realize a construção de significados sobre a Potência Irrradiada, que é um conceito científico, é preciso que ele se aproprie e manipule os conceitos cotidianos, sendo estes discutidos em um processo descendente, em oposição com a caminhada ascendente já percorrida na assimilação cotidiana, sem consciência, destes conceitos familiares. Entre os conceitos relevantes, destacam-se a temperatura, o calor e a cor de uma brasa.

Para chegarmos à idealização e ao entendimento da radiação do corpo negro e fenômenos subjacentes do mundo microscópico, inalcançáveis pelos sentidos, o professor, com a ajuda do recurso computacional, procurará fazer contato com os conhecimentos cotidianos já possuídos pelos alunos, possibilitando uma mediação na construção e no desenvolvimento do pensamento conceitual.

## **ATIVIDADE PROPOSTA E METODOLOGIA**

Esta atividade se deu na forma de uma Prática Pedagógica desenvolvida no Ensino de Física, ela consistiu em três momentos:

### **1º Momento: Introdução sobre a Física Moderna em sala de aula**

Discussão e introdução da Física Moderna, na qual se fez referência à ruptura entre a Física Clássica e a Física Moderna, discutindo as características de cada concepção juntamente com as suas teorias envolvidas. Também nesta parte inicial, foram discutidos os conceitos relativos à Radiação Térmica, explicando o Corpo Negro, a Potência de Radiação Total, o Comprimento de Onda de máxima radiação, a Lei de Stefan, a Lei de Deslocamento de Wien e a Lei de Planck.

### **2º Momento: Atividade no Laboratório de Informática com apresentação e montagem da planilha eletrônica**

No laboratório de informática, após a explicação sobre os conceitos envolvidos na Radiação Térmica, os alunos desenvolveram a montagem da Planilha Eletrônica destinada ao estudo do assunto, no qual seguiram as instruções do Guia de atividades do aluno.

### **3º Momento: Desenvolvimento das atividades propostas no questionário no Laboratório de Informática e sistematização da atividade.**

No guia de atividades do aluno constava um questionário sobre Radiação Térmica com nove questões, das quais quatro exigiram a inserção de dados na Planilha Eletrônica e a observação dos valores calculados do Comprimento de onda e da Potência Irradiada, Uma das questões referia-se à observação de um gráfico, analisando a modificação da distribuição em comprimentos de ondas com as variações da temperatura estudada. E finalizando o questionário, eram enunciadas quatro questões dissertativas, no intuito de observar se ocorreu a aprendizagem e a apropriação dos conceitos pelos alunos. Neste momento foi sistematizado o questionário discutindo com o grande grupo, ou seja, com toda a turma.

Para colocar em prática a atividade, desenvolvemos um material instrucional, com a apresentação da atividade de uma forma clara e objetiva, colaborando na aprendizagem do aluno. Detalha-se a seguir a composição deste material.

- *Guia de atividades do aluno:* cujo objetivo era guiar o aluno no desenvolvimento da atividade em sala de aula. Este material foi impresso e nele constavam todos os procedimentos que precisavam ser seguidos, de forma estruturada e com uma sequência didática.
- *Texto de Apoio:* neste material estavam descritos detalhadamente os conceitos envolvidos na discussão da Potência Irradiada. A ideia foi que somente esse material desse subsídio suficiente para o professor ter conhecimento sobre o assunto.
- *Planilha eletrônica:* recurso computacional organizado em tabelas e gráficos, com o objetivo de o aluno debater sobre o assunto e trabalhar com os conceitos. Conforme figura 1.

Radiação térmica	
<p><b>Fórmulas</b></p> <p>Lei de deslocamento de Wien</p> <p><math>\lambda_{max} T = 2898 \text{ mK}</math></p> <p>Lei de Stefan</p> <p><math>I(T) = \sigma T^4 \text{ W}</math></p>	<p>Lei de Stefan-Boltzmann</p> <p><math>I(T) = \sigma T^4 \text{ W}</math></p>
<p><b>Constantes</b></p> <p>Unidade de medidas</p> <p><math>\lambda_{max} T = 2898 \text{ mK}</math></p> <p><math>\sigma = 5,67E-8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4</math></p> <p><b>Emissividade = <math>\epsilon</math></b></p> <p>Corpo negro = 1</p> <p>de um corpo</p> <p>Para um papel (20°C)</p> <p>Para a água (20°C)</p> <p>Pele humana (37°C)</p>	<p>temperatura (°C) temperatura (K)</p> <p>20 293</p> <p>Pico do comprimento de onda (<math>\mu\text{m}</math>) da radiação</p> <p>9,89</p> <p><math>\lambda_{max} T = 2898 \text{ mK}</math></p> <p>417,88</p>

Figura 1: Representação da tabela utilizada.

- *Tutorial*: Detalhava a montagem da planilha.
- *Questionário*: apresentava 5 problemas quantitativos que deviam ser resolvidos pelos alunos com a ajuda da planilha, terminando com 4 questões qualitativas destinadas a avaliar o êxito da atividade.
- *Gabarito*: material complementar para o professor, elaborado no intuito de já fornecer ao mesmo uma referência para a avaliação dos exercícios propostos no questionário.

## RESULTADOS

Avaliamos a seguir os resultados da Prática Pedagógica aplicada na escola com alunos do 3º ano do Ensino Médio.

### **1º Momento: Introdução sobre a Física Moderna em sala de aula.**

A atividade se deu com uma turma do turno da noite. No início da discussão, os alunos não tinham conhecimento de que na Física, distingue-se a Física Clássica e a Física Moderna. Desta forma, a discussão inicial sobre a ruptura de paradigmas gerou muita polêmica, pois começaram a querer informações sobre telas LCD, funcionamento de celulares, microondas, laser e bomba atômica.

Questionaram a respeito de alguns fenômenos, se realmente eram possíveis de acontecer, por exemplo: o perigo no uso de celulares em posto de gasolina e o que poderia ocorrer se fossem usados. Outra questão levantada foi como funcionava um aparelho de raios X.

Após esta discussão, abordou-se a Radiação Térmica, apresentando os conceitos envolvidos, as fórmulas e o gráfico da potência emitida em função do comprimento de onda. Aparentemente, com a explicação e com a calculadora, parecia que tudo tinha sido entendido.

### **2º Momento: Atividade no Laboratório de Informática com apresentação e montagem da planilha eletrônica.**

Este momento não transcorreu como o planejado inicialmente, pois a escola tinha disponibilizado apenas quatro períodos na noite e, com o atraso na chegada dos alunos, houve muita demora inicial na explicação sobre a Física Clássica e a Física Moderna e sobre os conceitos da Radiação Térmica, o corpo negro, como encontrar a Potência de Radiação total, o Comprimento de onda de pico, a Lei de Stefan e a Lei de deslocamento de Wien. Percebendo que a turma era um pouco lenta na aprendizagem, a professora resolveu utilizar a Planilha Eletrônica elaborada por ela mesma na Prática Pedagógica. Apresentou a Planilha Eletrônica, discutindo com a turma as fórmulas e as células, para que os alunos possam entender como deveriam ser completadas.

### **3º Momento: desenvolvimento das atividades propostas no questionário no laboratório de informática e sistematização da atividade.**

Neste momento as dificuldades começaram a aparecer:

- Como encontrar a Potência Irradiada e o Comprimento de onda de pico?

- Como manusear a calculadora?
- Como organizar as fórmulas na planilha eletrônica?

Analisaremos estas situações

Enquanto estávamos em sala de aula durante a explicação e a discussão sobre o exemplo, todos conseguiram resolver e encontrar os resultados, mas no momento que foram responder o questionário em duplas, surgiram as dificuldades: primeiramente, eles não conseguiam ler e identificar os dados das questões. Por consequência não sabiam determinar quais informações já possuíam e quais precisariam descobrir.

Quando identificavam os dados não conseguiam realizar os cálculos na calculadora; principalmente, elevar a temperatura na quarta potência parecia coisa de outro mundo. O uso da notação científica para a constante de Stefan-Boltzmann também se revelou bastante problemático, por ser o expoente um número negativo.

Depois de ter compreendido como realizar os cálculos com as fórmulas, os alunos estavam desenvolvendo a análise no caderno com facilidade. Porém no momento em que foram iniciadas as atividades na Planilha Eletrônica, novamente eles tiveram dificuldades, com as fórmulas e células, em compreender o que se pedia; eles queriam completar a tarefa, mas não estavam compreendendo como trabalhar com os recursos da planilha. Então aos poucos eles foram assimilando a atividade e compreendendo como proceder para encontrar o que estava sendo pedido. A turma começou a ficar mais calma, pois no início estavam preocupados, apavorados com o que fazer e como fazer. No final ficaram contentes quando conseguiram verificar os resultados com os do caderno. Conforme relato das duplas:

**Dupla 7** *“é uma maneira eficiente e prática para fazer os cálculos e conferir os resultados.”*

**Dupla 4** *“é bom recurso para pesquisa, mas para cálculos a prática é ainda melhor”*

As duplas realmente demonstraram interesse em realizar a atividade, pois era a primeira vez que estavam indo para o Laboratório de Informática na disciplina de Física.

Sobre o gráfico mostrando a potência irradiada em função do comprimento de onda (ou seja, a radiância espectral), teria sido possível em princípio estudar com a Planilha Eletrônica a sua variação, em função da temperatura estudada. Julguemos, porém, que isto seria demasiadamente difícil para os alunos; por tanto resolvemos utilizar um gráfico

disponível na internet<sup>6</sup> que traria o mesmo resultado. O resultado realmente foi maravilhoso, os alunos conseguiram visualizar e entender a modificação com a temperatura da posição do pico na distribuição e da potência irradiada total.

Além das atividades que exigiam cálculos, o questionário continha questões dissertativas, destinadas a observar se ocorreu a aprendizagem e a apropriação dos conceitos pelos alunos e das quais destacaremos aqui alguns relatos:

- **O que você achou sobre o uso da planilha eletrônica como recurso em sala de aula?**

A grande maioria achou que a Planilha Eletrônica é interessante, uma maneira prática de ver os resultados, já que eles realizavam os cálculos no caderno e depois os realizavam também na Planilha Eletrônica.

**Dupla 8-** *“é muito interessante e complementa mais o conteúdo”;*

**Dupla 6-** *“é um pouco difícil porém estimula nosso aprendizado.”*

Uma dupla, devido à dificuldade no manuseio da planilha eletrônica, mencionou que:

**Dupla 4** *“temos preferência por cálculos práticos no caderno”.*

- **Você teve dificuldade na realização desta atividade?**

Para melhor visualizar se os alunos encontraram dificuldades, montamos a tabela 1 baseada nas respostas dos alunos.

**Tabela 1. Porcentuais da dificuldade encontrada pelos alunos**

Nível de dificuldade	Porcentagem
Pouca dificuldade	36,36%
Não	9,09%
Sim	18,18%
Sim, no início	36,36%

Fonte: Meggiolaro (2011).

**Dupla 7-** *“No início tivemos um pouco de dificuldade, mas conhecendo melhor a planilha tivemos menos dificuldade”*

**Dupla 11-** *“No início sim, em relação ao programa, mas depois entendemos”*

- **Você acredita que o computador é um bom recurso, para trabalhar com conceitos relacionados à Física Moderna?**

<sup>6</sup> [http://www.if.ufrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/radTerm/aRadTermFrame.htm](http://www.if.ufrgs.br/~betz/iq_XX_A/radTerm/aRadTermFrame.htm)

A grande maioria dos alunos respondeu que sim, que o computador é um bom recurso para se trabalhar em sala de aula com os conceitos da Física Moderna.

**Dupla 1** - *“Em partes, pois é possível fazer pesquisas para ter maior conhecimento sobre o assunto. E achamos complicado, por não saber utilizar o Excel e alguns outros programas.”*

**Dupla 5** - *“acreditamos que seja sim um bom recurso, facilita a aprendizagem”.*

**Dupla 8** - *“Sim, porque encontramos mais opções de fórmulas e buscamos maior conhecimento”.*

- **Nesta atividade, trabalhando com 5 situações distintas, foi possível perceber que com o aumento da temperatura, a quantidade de radiação emitida (a área sob a curva) aumenta (lei de Stefan) e que o pico na distribuição desloca-se em direção aos comprimentos de onda mais curtos (Lei de Wien). Justifique.**

Para finalizar, nossa intenção era verificar se realmente os alunos tinham entendido toda a nossa discussão sobre a Radiação Térmica e verificamos que apenas duas duplas não responderam, mas as demais confirmaram o que esperávamos, que realmente entenderam as características da Radiação:

**Dupla 11**- *“Nessa atividade foi possível perceber que conforme a temperatura aumenta, a quantidade de radiação (potência) também aumenta; e o comprimento de onda diminui. Quanto menor a temperatura maior o comprimento de onda”.*

**Dupla 6** - *“Calculando a radiação a partir de sua superfície, é proporcional à quarta potência de sua temperatura superficial absoluta, sendo que, a potência emitida aumenta com a temperatura”.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na nossa Prática desenvolvida com alunos de Física módulo III, procuramos responder à problemática posta, qual seja: *é possível trabalhar com a Potência Irradiada através de métodos computacionais na Educação Básica?* Na luz dos resultados obtidos nas nossas atividades, concluímos que são necessários alguns requisitos anteriores, como:

- Noção de como utilizar a calculadora científica, pois os alunos possuem muitas dificuldades em calcular na notação científica exponencial e em elevar um valor a uma potência que não seja quadrada;
- Noção sobre o uso do computador, voltado a Planilhas Eletrônicas, para saber reconhecer e localizar as células dentro da planilha;
- Revisão dos conceitos de temperatura e calor.

Com estes requisitos acreditamos que a atividade irá transcorrer perfeitamente, pois o professor poderá direcionar toda a sua aula para que os alunos realmente compreendam os conceitos focados na atividade, tendo mais tempo para observações no gráfico e substituição dos valores na planilha. Desta maneira, mais tempo poderá ser dedicado a explorar as relações entre os resultados obtidos e fatos observados. Em especial, poderão ser compreendidas a modificação da cor de um corpo e a variação da intensidade radiante com a temperatura. Um número maior de situações, relativas a diferentes corpos, poderão ser consideradas, fazendo com que o aluno perceba que a radiação emitida por um corpo aquecido depende não somente da temperatura, mas também do material do qual ele é feito.

Por tanto, concluímos que é sim possível trabalhar com a Potência Irradiada através de métodos computacionais desde que o professor se proponha a discutir o manuseio da Planilha Eletrônica e a Física Moderna na escola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blackbody Radiation and Stellar luminosity. **Blackbody Radiation Applet Copyright 2001** The McGraw-Hill Companies, Inc. Disponível em: <http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Blackbody/frame.html>. Acesso em: 02 Abril 2011.

CASCONE, Odete B. SFORNI, Marta S. F. Organização do Ensino aprendizagem conceitual: possibilidades formativas no livro didático. Disponível em: [http://www.ppe.uem.br/publicacoes/seminario\\_ppe\\_2009\\_2010/pdf/2009/11.pdf](http://www.ppe.uem.br/publicacoes/seminario_ppe_2009_2010/pdf/2009/11.pdf) Acesso em 10 de julho de 2010.

CAVALCANTE, Marisa A.; HAAG, Rafael. Corpo negro e determinação experimental da constante de Planck. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 343 - 348, (2005).

DIONÍSIO, Paulo H. Albert Einstein e a Física Quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 2: p. 147-164, ago. 2005.

Interactive Simulations – PhTE. Disponível em:  
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso em: 02 Abril 2011.

FINO, Carlos N. **Vigotski e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP): três implicações pedagógicas**. Revista Portuguesa de Educação. ano/vol.14, número 002. Universidade do Minho Braga, Portugal. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/374/37414212.pdf> acessado em: 10 de abril de 2011.

GÓES, Maria C. R; CRUZ, Maria N. **Sentido, significado e conceito: notas sobre as contribuições de Lev Vigotski**. Pro-Posições, v. 17, n. 2 (50) - maio/ago. 2006. Disponível em: [http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/~proposicoes/textos/50\\_dossie\\_goes\\_mcr\\_etal.pdf](http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/~proposicoes/textos/50_dossie_goes_mcr_etal.pdf) Acesso em 11 de abril de 2011.

KUHN, Thomas. **A estrutura das Revoluções científicas**. Editora Perspectiva. 1997.

La radiación del cuerpo negro. Disponível em:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>. Acesso em: 02 Abril 2011.

My Black Body Applet. Disponível em:  
[http://webphysics.davidson.edu/alumni/milee/java/bb\\_mjl.htm](http://webphysics.davidson.edu/alumni/milee/java/bb_mjl.htm). Acesso em: 02 Abril 2011.

OLIVEIRA, Fabiane; ZWIRTES, Ari. **A física moderna no Ensino Médio: Fundamentos de Física Moderna**. Biblioteca Universitária. Ijuí: Ed. UNIJUI, 2006 . 45-58. (Coleção cadernos UNIJUI. Série Física, 19).

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em Ensino de Ciências – V5(1), pp. 23-48, 2000.

RIBEIRO FILHO, Aurino. Capítulo V – Os Quanta e a Física Moderna. In: ROCHA, José F. **Origens e Evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 301-359

SANTOS, Jaider D. **Cola da Web**. Max Planck e o Quantum. [2011?], não paginado. Disponível em: < <http://www.coladaweb.com/fisica/ondas/max-planck-e-o-quantum>> Acessado 20 de jul. 2011.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, John. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica. Volume 2.**; tradução André Koch Torres Assis, Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, John. **Princípios de Física: Óptica e Física Moderna. Volume 4.**; tradução André Koch Torres Assis, Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

TUNES, Elizabeth. Os conceitos científicos e o desenvolvimento do pensamento verbal. **Cadernos Cedes**, 2000, ano XX (35): 36-49.

VYGOTSKI, Lev S. **Pensamento e Linguagem** / L.S. Vygotski: tradução Jefferson Luiz Camargo: revisão técnica José Cipolla Neto. -4ª Ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2008.