

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**APLICAÇÕES DOS FUNDAMENTOS DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COMO  
INSTRUMENTOS FACILITADORES DO ENSINO DE  
TERMODINÂMICA EM FÍSICA AMBIENTAL**

**PAULO HENRIQUE ZANELLA DE ARRUDA**

**PROF. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA**  
ORIENTADOR

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**  
CO - ORIENTADORA

Cuiabá, MT, maio de 2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**APLICAÇÕES DOS FUNDAMENTOS DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COMO  
INSTRUMENTOS FACILITADORES DO ENSINO DE  
TERMODINÂMICA EM FÍSICA AMBIENTAL**

**PAULO HENRIQUE ZANELLA DE ARRUDA**

**PROF. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA**  
ORIENTADOR

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**  
CO - ORIENTADORA

Cuiabá, MT, maio de 2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**APLICAÇÕES DOS FUNDAMENTOS DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA COMO  
INSTRUMENTOS FACILITADORES DO ENSINO DE  
TERMODINÂMICA EM FÍSICA AMBIENTAL**

**PAULO HENRIQUE ZANELLA DE ARRUDA**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Física Ambiental da  
Universidade Federal de Mato Grosso, como  
parte dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Física Ambiental.*

**PROF. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA**  
ORIENTADOR

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**  
CO - ORIENTADORA

Cuiabá, MT, maio de 2009



## **AGRADECIMENTOS**

- Ao Prof. José de Souza Nogueira, professor, orientador e amigo, por toda confiança, dedicação e incentivo;
- A Prof<sup>ª</sup>. Iramaia Jorge Cabral de Paulo, pela confiança, orientação e todo o tempo doado, sem os quais este trabalho não haveria sido realizado;
- Ao Prof. Sérgio Roberto de Paulo, pelas valiosas contribuições e ajuda para a realização deste trabalho;
- Ao Prof. Alberto Sebastião de Arruda, pai, amigo e fonte eterna de inspiração;
- A minha mãe, Virte, pelas inúmeras cobranças e por me trazer até aqui. Meus irmãos, André, Eduardo e Marcelo, companheiros para toda a vida;
- A minha vó, Stella, por iluminar o meu caminho e transformar a minha vida e o que sou;
- A minha amada, Fran, por me apoiar em minhas decisões, e traçar comigo o nosso futuro;
- Aos colegas do grupo de trabalho, Flair e Miguel; aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Prof<sup>ª</sup>. Marta Nogueira pelo apoio especial, e professores do Instituto de Física da UFMT, pela formação e conhecimento;
- Super, Docinho, Beth, Hilton, Lucio Vidal e meus amigos, e a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;
- À minha cunhada, Gabrieli, transformadora de simples momentos em fontes de alegria;
- Finalmente, ao CNPq, pelo apoio financeiro.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>CIÊNCIAS DA ATMOSFERA .....</i>	<i>4</i>
2.2 <i>CONCEITOS DA TERMODINÂMICA PARA FÍSICA AMBIENTAL .....</i>	<i>7</i>
2.2 <i>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....</i>	<i>9</i>
2.3 <i>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA .....</i>	<i>14</i>
<b>3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>19</b>
3.1 <i>PLANO DE AÇÃO.....</i>	<i>20</i>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 <i>CONTEXTO DA PESQUISA .....</i>	<i>22</i>
4.2 <i>CURSO MINISTRADO.....</i>	<i>23</i>
4.2.1 – <i>Aula 1.....</i>	<i>25</i>
4.2.2 – <i>Aula 2.....</i>	<i>30</i>
4.2.3 – <i>Aula 3.....</i>	<i>37</i>
4.2.4 – <i>Aula 4.....</i>	<i>43</i>
4.2.5 – <i>Aula 5.....</i>	<i>48</i>
<b>5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>87</b>
7.1 <i>BIBLIOGRAFIA CITADA.....</i>	<i>87</i>
7.2 <i>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</i>	<i>89</i>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ilustração mostrando o dramático aumento no tamanho do buraco na camada de ozônio desde 1979. Dados da NASA GSFC, USA. Ilustração do CSIRO Atmospheric Research.....	5
<b>Figura 2</b> - Em vermelho, dados mensais da concentração de CO <sub>2</sub> medida pelo observatório Mauna Loa, que constitui o maior registro de medidas diretas de CO <sub>2</sub> na atmosfera. As medidas foram iniciadas em 1958. A curva em preto representa os dados corrigidos pela sazonalidade. Fonte: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - EUA).....	6
<b>Figura 3</b> – Representação esquemática do movimento das moléculas em um gás.....	8
<b>Figura 4</b> – Slide norteador da discussão sobre o conceito de Temperatura .....	26
<b>Figura 5</b> – Dedução da relação entre pressão e velocidade molecular por John Herapath. P = pressão, F = força, A = área, V = volume e T = temperatura. ....	27
<b>Figura 6</b> – Slide norteador da discussão sobre o conceito de Calor.....	28
<b>Figura 7</b> – Slide norteador da discussão sobre o conceito de condução de energia térmica.....	29
<b>Figura 8</b> – Slide norteador da discussão sobre o conceito de calor sensível e calor latente.....	30
<b>Figura 9</b> – Slides norteadores da discussão sobre estrutura e composição do Sol....	31
<b>Figura 10</b> – Slide norteador da discussão sobre a formação de energia do Sol.....	32
<b>Figura 11</b> - Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e eixo de inclinação terrestre. ....	32
<b>Figura 12</b> – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e as estações do ano.....	33
<b>Figura 13</b> – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e declinação solar.....	34
<b>Figura 14</b> – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol, ângulo zenital, zênite e horizonte.....	35
<b>Figura 15</b> – Slide norteador da discussão sobre o espectro eletromagnético.....	36
<b>Figura 16</b> – Slide norteador da discussão sobre espectro eletromagnético, emitância do Sol e os comprimentos de onda.....	36
<b>Figura 17</b> – Slide norteador da discussão sobre albedo e fatores determinantes para tal.....	38

<b>Figura 18</b> – Slide norteador da discussão sobre balanço de radiação de ondas curtas. .....	39
<b>Figura 19</b> – Slide norteador da discussão sobre emissão eletromagnética e lei de Stefan-Boltzmann.....	40
<b>Figura 20</b> – Slide norteador da discussão sobre o balanço de radiação de ondas longas.....	40
<b>Figura 21</b> – Slide norteador da discussão sobre a radiação líquida disponível durante o dia (a) e durante a noite (b). ....	41
<b>Figura 22</b> – Slide norteador da discussão sobre o efeito estufa terrestre.....	41
<b>Figura 23</b> – Slide norteador da discussão sobre desequilíbrio energético no planeta e aquecimento global. ....	42
<b>Figura 24</b> – Slides norteadores da discussão sobre instrumentos de medição utilizados para aquisição de dados pelo programa, (a) radiômetro, (b) heliógrafo e (c) piranômetro.....	43
<b>Figura 25</b> – Slides norteadores da discussão sobre fluxo e fenômenos de transporte. .....	44
<b>Figura 26</b> – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão dos componentes do saldo energético.....	44
<b>Figura 27</b> – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão de transferência de energia térmica por condução. ....	45
<b>Figura 28</b> – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão de transferência de fluxo de calor no solo, componente do saldo de radiação.....	46
<b>Figura 29</b> – Planilhas em <i>EXCEL</i> com dados de temperatura do solo em diferentes profundidades para (a) pantanal e (b) cerrado.....	46
<b>Figura 30</b> – Planilha em <i>EXCEL</i> com dados da temperatura do solo em função do horário e da profundidade medida. Esta medida é do solo do Pantanal.....	47
<b>Figura 31</b> – Slides norteadores da discussão sobre o método da razão de Bowen. ...	48
<b>Figura 33</b> – Continuação dos slides norteadores da discussão sobre o método da razão de Bowen.....	49
<b>Figura 34</b> – Slide norteador da discussão sobre os instrumentos utilizados no método da razão de Bowen. (a) Net radiômetro, (b) Psicrômetros, (c) Anemômetros e (d) fluxímetro. ....	50
<b>Figura 35</b> – Planilhas em <i>EXCEL</i> com dados calculados pelo método da razão de Bowen para o ecossistema do pantanal.....	51

<b>Figura 36</b> – Planilhas em <i>EXCEL</i> com dados calculados pelo método da razão de Bowen para um ecossistema de cultura mono dominante de algodão.....	51
<b>Figura 37</b> – Respostas da questão 1 ao pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas que discordam. Mas aumentou também o numero de pessoas que concordam fortemente.....	54
<b>Figura 38</b> – Respostas da questão 2 ao pré e pós-teste, podemos observar a diminuição no número de pessoas que concordam. Aumentou o numero de indiferentes, mas aumenta também os que concordam fortemente.....	57
<b>Figura 39</b> – Respostas da questão 3 do pré e pós-teste. Houve um aumento no número de mestrandos que afirmaram discordar. ....	60
<b>Figura 40</b> – Respostas da questão 4 do pré e pós-teste, podemos observar uma diminuição no número de alternativas “CF”, mas a somatória de “CF” e “C” manteve-se. ....	63
<b>Figura 41</b> – Respostas da questão 5 do pré e pós-teste, podemos observar a diminuição no numero de “C”, e o aumento no número de pessoas que discordam “D” e discordam fortemente “DF”. ....	67
<b>Figura 42</b> – Respostas da questão 6 do pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas concordantes, “C” e “CF”.....	70
<b>Figura 43</b> – Respostas da questão 7 do pré e pós-teste, podemos observar que a somatória de “CF” e “C” praticamente manteve-se. A quantidade de “DF” caiu, e “I” apareceu no pós-teste.....	73
<b>Figura 44</b> – Respostas da questão 8 do pré e pós-teste, podemos observar a diminuição de “C” e “CF”, o aumento de “D”, e “I” manteve-se expressivo....	76
<b>Figura 45</b> – Respostas da questão 9 do pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas que discordam. Alguns mestrandos se mostraram indecisos “I”.....	79

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Formação do aluno e legenda utilizada nos quadros de resposta. ....	52
<b>Quadro 2</b> – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.....	53
<b>Quadro 3</b> – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.....	55
<b>Quadro 4</b> – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.....	57
<b>Quadro 5</b> – Respostas dos alunos à quarta questão do pré e pós-teste. ....	61
<b>Quadro 6</b> – Respostas dos alunos à quinta questão do pré e pós-teste. ....	64
<b>Quadro 7</b> – Respostas dos alunos à sexta questão do pré e pós-teste. ....	68
<b>Quadro 8</b> – Respostas dos alunos à sétima questão do pré e pós-teste.....	71
<b>Quadro 9</b> – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.....	74
<b>Quadro 10</b> - Respostas dos alunos à nona questão do pré e pós-teste. ....	77
<b>Quadro 11</b> – Respostas dos alunos à primeira questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia. ....	80
<b>Quadro 12</b> – Respostas dos alunos à segunda questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia. ....	81
<b>Quadro 13</b> – Respostas dos alunos à terceira questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia. ....	82

.

## RESUMO

ARRUDA, P. H. Z. **Aplicações dos fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica como instrumentos facilitadores do ensino de termodinâmica em Física Ambiental**. Cuiabá, 2009. 100f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

O objetivo deste trabalho foi investigar e propor uma estratégia para suprir as falhas conceituais encontradas em termodinâmica para os alunos iniciais do Mestrado em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso. Foi implementada uma proposta de curso de nivelamento fundamentado em conceitos relevantes pertinentes ao tema a partir dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) – que busca explicar o processo de aprendizagem segundo a ótica do cognitivismo, e em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa e organiza em seu mundo, i.e., estuda o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição – e Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC); e finalmente, em caráter conclusivo, investigar a evolução conceitual dos aprendizes sintetizando sugestões para a abordagem de tais conceitos no curso de mestrado ou uma nova proposta de nivelamento. Foram analisados os questionários elaborados de pré e pós-teste, e a avaliação do curso feita pelos discentes. Os resultados sugerem que houve uma evolução significativa de alguns conceitos trabalhados. Sugere também que diferentes estratégias trabalhadas durante o curso, como a utilização dos dados coletados pelo programa, contribuem positivamente para a formação e desenvolvimento dos alunos no mestrado. Contudo, foi constatado que alguns conceitos não correspondem a uma construção relativamente fácil, principalmente o conceito de calor e temperatura.

**Palavras – chave:** Teoria da Aprendizagem Significativa, Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, Termodinâmica, Curso de nivelamento.

## ABSTRACT

ARRUDA, P. H. Z. **Applications of the Critical Meaningful Learning theory foundations as a facilitator of the thermodynamics teaching in Environmental Physics.** Cuiabá, 2009. 100f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

The objective of this study was to investigate and propose a strategy to overcome the difficulty encountered in thermodynamics for students of Master of Science in Environmental Physics, Universidade Federal de Mato Grosso. Was implemented for a proposed course of smoothing based on relevant concepts of thermodynamics from the principles of the Meaningful Learning theory - that seeks to explain the learning process according to the cognitive perspective, in general, what happens when the human being is in and organize their world, ie, studying the process of understanding, processing, storage and use of information involved in cognition – Critical Meaningful Learning theory and finally, conclusive in nature, investigating the development of apprentices conceptual suggestions for summarizing the approach of these concepts in the master program or a new proposal for capping. We analyzed the questionnaires prepared for pre-and post-test, and evaluation of progress made by students. The results suggest that there was a significant development of the concepts worked. It also suggests that different strategies worked during the course, as the use of data collected by the program, contribute positively to the training and development of students in the course. However, it was found that some concepts do not correspond to a relatively easy construction, especially the concept of heat and temperature.

**Keywords:** Meaningful Learning theory, Critical Meaningful Learning theory, Thermodynamics, Leveling Course.

## 1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global, como conseqüência da liberação crescente na atmosfera de gases de efeito estufa, é considerado o maior impacto ambiental da história da civilização, o que não significa que aponte para o final dos tempos. Desafio é, literalmente, a palavra chave para a abertura de novas possibilidades na interação possível e necessária entre as limitações de recursos naturais tais como estoques hídricos e ofertas de energia a partir de combustíveis fósseis com populações crescentes, especialmente em países ditos em desenvolvimento, como o nosso.

O conhecimento científico tem participação ampla e profunda tanto no processo de aquecimento da Terra como nos encaminhamentos para evitar uma tragédia de proporções inéditas para a humanidade. Foram avanços de natureza científica – particularmente na termodinâmica, o estudo das transformações da energia - que advertiu, já no século XIX, para o praticamente inevitável aquecimento futuro da atmosfera por elementos tão insuspeitos quanto vapor d'água e dióxido de carbono.

Atualmente, as manchetes dos jornais, anunciando a identificação do aquecimento global a partir de atividades humanas, fizeram do dióxido de carbono um vilão quase indefensável ao longo dos últimos meses. A verdade, no entanto, é que este gás é imprescindível para a vida como a conhecemos e, além disso, atua como cobertor térmico, para fazer da Terra o mundo aconchegante que ela é.

Quais as possibilidades de o atual conhecimento científico permitir uma desaceleração deste processo, ainda que nem tudo volte a ser como antes?

A identificação do aquecimento global como problema agravado pela ação antrópica, devidamente separado de causas naturais, que já foram responsáveis por mudanças climáticas mais de uma vez na história da Terra, certamente não deve passar despercebida. Assim, o obstáculo maior, ao que tudo indica, não está no acúmulo de conhecimentos, mas na necessidade de se produzir e divulgar esse conhecimento não como verdade absoluta, mas com caráter científico, sendo

---

---

encarado não pontualmente mas como um problema interdisciplinar e de interesse social, político e econômico.

O Programa de Pós Graduação em Física Ambiental (PGFA), desde a sua origem, vem se preocupando com a formação de recursos humanos aptos a estudar e entender o funcionamento dos ecossistemas da região, no contexto das mudanças climáticas globais, focando os estudos dos fenômenos ambientais - que apresentam caráter interdisciplinar. Contudo, o domínio significativo de alguns conceitos fundamentais das ciências Física, Química, Biologia e Matemática são necessários para que se defina o objeto de estudo, os métodos de pesquisa, coleta de dados e para tornar plausível o uso de instrumentos de medida. O formalismo matemático é importante por definir relações entre grandezas e/ou variáveis que possam fornecer interpretações para os fenômenos estudados. O que justifica este trabalho é que alguns conceitos pertinentes a termodinâmica são imprescindíveis para a otimização de novas relações entre as variáveis de interesse e a compreensão de relações já estabelecidas. Não se trata da simples leitura de instrumentos de medição, mas da compreensão do valor intrínseco das variáveis para que inferências e conclusões se evidenciem e que uma pesquisa relevante seja efetivada.

Neste contexto de pesquisa, os alunos ingressantes no programa apresentam uma diversidade de formações acadêmicas que, se por um lado favorece as discussões, a compreensão do objeto de estudo e a definição de temas de investigação, metodologias de coleta e análise de dados – tendo em vista que o problema é multidisciplinar –, por outro lado, o conhecimento específico construído nos cursos de formação destes alunos pode se apresentar como insuficientes para a captação dos novos significados pertinentes a temas relacionados aos fenômenos ambientais, que apresentam aspectos físicos, químicos, biológicos, geográficos, econômicos e sociais. E ainda, alguns conceitos específicos importantes podem ser desconhecidos por não pertencerem a especialidade em que o aluno tenha sido formado.

É consensual entre os professores que ministram as disciplinas iniciais do PGFA que existem importantes falhas conceituais na formação dos alunos que se evidenciam no decorrer do curso de mestrado. Este assunto é sempre discutido em reuniões de colegiado do programa. O objetivo geral deste trabalho é minimizar o

---

problema de falhas conceituais apresentado. Para tal, será investigado os conceitos de termodinâmica que se estruturaram ao longo da formação acadêmica no nível de graduação. Em seguida, será implementado um curso de nivelamento fundamentado onde serão enfatizados os conceitos relevantes pertinentes ao tema, a partir dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) e posteriormente, será investigada a evolução conceitual dos aprendizes, sintetizando sugestões para a abordagem de tais conceitos no curso de mestrado ou uma nova proposta de nivelamento.

---

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CIÊNCIAS DA ATMOSFERA

A ciência da atmosférica é relativamente nova, disciplina aplicada que se preocupa com a estrutura e evolução das atmosferas planetárias e com a vasta gama de fenômenos que ocorrem dentro delas. Na medida em que se concentra principalmente na atmosfera da Terra, a ciência atmosférica pode ser considerada quase unicamente como uma das ciências terrestres ou *geociências*, cada uma das quais representa uma fusão de elementos da física, química, e dinâmica de fluidos (WILLACE & HOBBS, 2006).

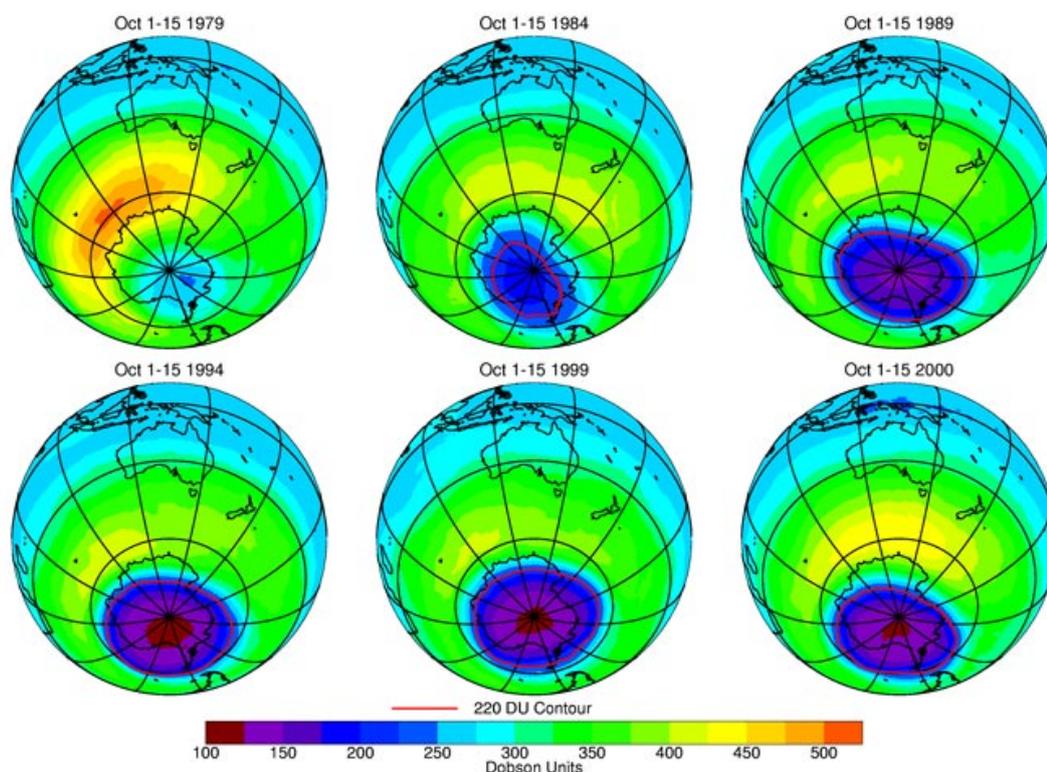
O desenvolvimento histórico das ciências da atmosfera, particularmente no século XX, foi dirigido pela necessidade de obter uma melhor previsão do tempo. Durante o século passado, a previsão do tempo evoluiu do *status* de arte que se baseou exclusivamente na experiência e intuição para uma ciência que se baseia em modelos numéricos baseados em conservação de massa, momento e energia. A crescente sofisticação dos modelos levou a melhorias dramáticas na habilidade de previsão. As previsões meteorológicas atuais não só abordam a evolução dia a dia dos padrões climáticos ao longo das próximas uma ou duas semanas, mas também a probabilidade de ocorrência de fenômenos meteorológicos (por exemplo, fortes tempestades, geadas), com base em dados em tempo real, e em séries maiores (as estatísticas das condições meteorológicas), permitindo ajustar os valores às sazonalidades e outros.

Um novo, mas cada vez mais importante tema organizacional nas ciências atmosféricas é a química atmosférica. Pouco tempo atrás, cerca de 50 anos, o principal foco desta área foi a qualidade do ar urbano. Esta área de pesquisa se reformulou durante a década de 1970, quando foi descoberto que as florestas e os organismos que vivem em lagos em algumas partes do norte da Europa, a nordeste do Estados Unidos e na região leste do Canadá estavam sendo prejudicados pela *chuva ácida* causada por emissões de dióxido de enxofre proveniente da queima de carvão nas centrais energéticas localizadas a centenas e, em alguns casos, a milhares

---

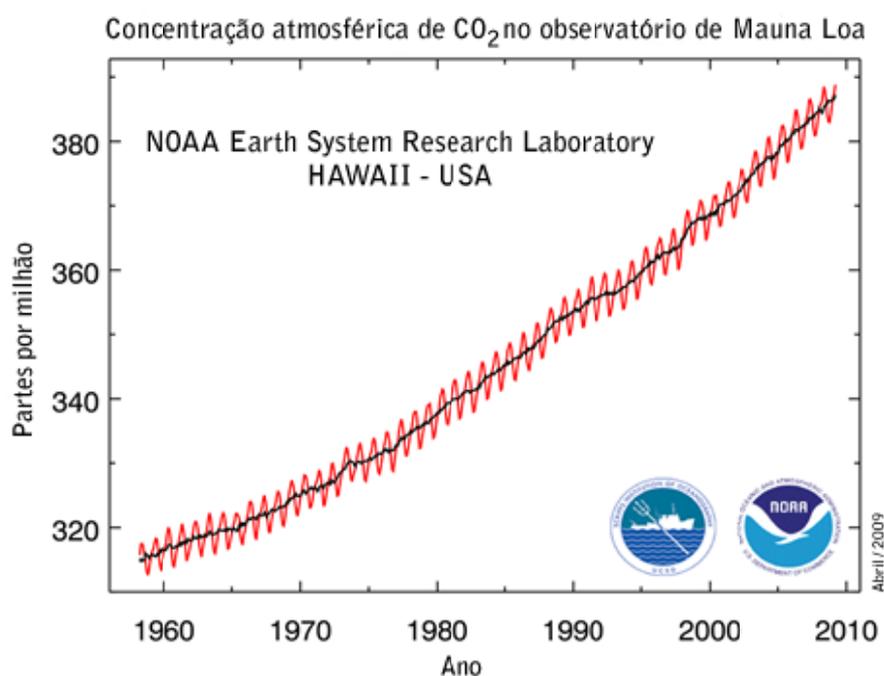
de quilômetros de distância. As fontes destas chuvas ácidas são compostos gasosos de dióxido de enxofre e nitrogênio ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) que dissolve-se em forma de gotículas de nuvem microscópicas e formam soluções de ácidos sulfúrico e nítrico que pode atingir o solo em forma de gotas de chuva.

Há também indícios da influência da atividade humana sobre a composição da atmosfera global. Uma importante descoberta da década de 1980 foi o “buraco na camada de ozônio” sobre a Antártida: o desaparecimento de grande parte da camada estratosférica de ozônio sobre a calota polar sul a cada primavera (**Figura 1**). A principal causa encontrada para a destruição da camada de ozônio é a ruptura de clorofluorcarbonetos (CFCs), uma família de gases sintéticos que foi se tornando cada vez mais utilizado para refrigeração e diversos fins industriais. Nos dias atuais, a utilização destes gases está sendo cada vez mais evitada.



**Figura 1** - Ilustração mostrando o dramático aumento no tamanho do buraco na camada de ozônio desde 1979. Dados da NASA GSFC, USA. Ilustração do CSIRO Atmospheric Research.

O conhecimento gerado a partir da pesquisa em química da atmosfera foram de grande valor no desenvolvimento de políticas para controle das chuvas ácidas e do crescimento do buraco na camada de ozônio. A pesquisa para a questão científica em torno do aquecimento pelo efeito estufa, causado pelo acúmulo de dióxido de carbono e de outros gases traços liberada na atmosfera por atividades antrópicas representam um novo desafio para a química atmosférica e para todos os ramos das ciências atmosféricas (**Figura 2**).



**Figura 2** - Em vermelho, dados mensais da concentração de CO<sub>2</sub> medida pelo observatório Mauna Loa, que constitui o maior registro de medidas diretas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. As medidas foram iniciadas em 1958. A curva em preto representa os dados corrigidos pela sazonalidade. Fonte: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - EUA)

As ciências atmosféricas abrangem também o campo emergente da *dinâmica climática*. Pouco tempo atrás, as mudanças climáticas eram vistas pela maioria dos cientistas como fenômenos que ocorrem em prazos tão longos que, para a maioria dos fins, o clima hoje poderia ser descrito em termos de conjuntos padrões de estatísticas. Com efeito, climatologia e mudanças climáticas foram considerados como sub-campos separados, um como ex-ramo das ciências atmosféricas e o outro como ramo de estudo de várias disciplinas, como geologia, biologia e derivações,

geoquímica, física e outros. Então, para entender a variação do clima e a sua natureza, temos que tratar a atmosfera e seus constituintes como componentes do sistema terrestre.

Tendo em vista a grandeza dos estudos em questão, o Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, programa multidisciplinar, busca entender o funcionamento dos ecossistemas da região, neste contexto das mudanças globais, bem como os impactos da ação antrópica sobre esses ecossistemas, dentro da perspectiva de elaboração de políticas públicas voltadas a uma compatibilização entre a preservação do meio-ambiente regional e a ocupação humana. Um componente importante de estudo do programa é o balanço energético do planeta, e os processos que o compreendem.

## **2.2 CONCEITOS DA TERMODINÂMICA PARA FÍSICA AMBIENTAL**

Tanto em um dia escaldante de verão quanto em uma noite fria de inverno, seu corpo precisa manter a temperatura corporal praticamente constante. Ele possui mecanismos de controle eficientes. Mas em algumas circunstâncias, ele precisa de ajuda. Em um dia quente, usamos menos roupas, para facilitar a troca de energia entre seu corpo e o ar ambiente. Em um dia frio, usamos mais roupas ou procuramos ambientes quentes.

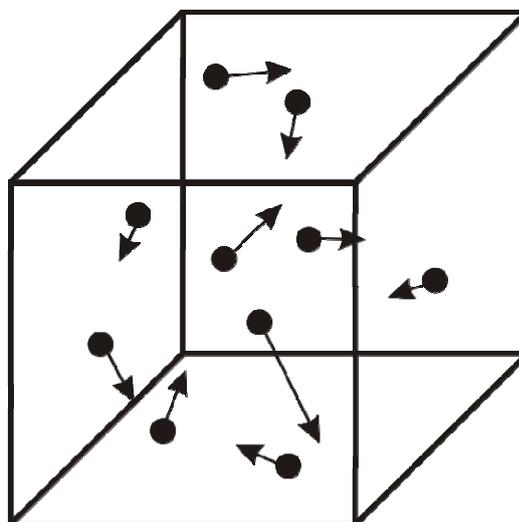
Os termos “*temperatura*” e “*calor*” costumam ser usados como sinônimos na linguagem cotidiana. Na literatura científica, contudo, estes termos têm significados distintos. A compreensão destes termos, e seus processos em termodinâmica, constituem uma parte indispensável dos fundamentos da física, da química e da biologia, e sua aplicação é indispensável em Física Ambiental.

O conceito de temperatura tem origem nas idéias quantitativas de “*quente*” e “*frio*”, que são baseadas em nosso tato. Um corpo que parece estar *quente* normalmente está em *temperatura* mais elevada do que um corpo análogo que *parece* estar frio. Isso é vago, e os sentidos podem ser enganosos. Contudo, muitas propriedades da matéria que podemos *medir* dependem da temperatura. O comprimento de uma barra metálica, a pressão no interior de uma caldeira, a

---

intensidade de corrente elétrica em um condutor – todas essas grandezas dependem da temperatura.

A teoria cinético-molecular da matéria, com seus primórdios no século XIX, buscou explicar inicialmente do que é constituída a matéria no estado gasoso e como ela está organizada. A hipótese de que as moléculas de um gás estejam em constante movimento aleatório permite algumas considerações sobre suas velocidades. Esse movimento depende exclusivamente da temperatura do gás, e por esse motivo é denominado “movimento térmico desordenado”. À temperatura ambiente, por exemplo, a velocidade média das moléculas de um gás é da ordem de 500 m/s (**Figura 3**).



**Figura 3** – Representação esquemática do movimento das moléculas em um gás.

Quando a temperatura de um gás aumenta, a velocidade média de suas moléculas também aumenta, e vice-versa. A temperatura, a velocidade das moléculas e sua energia cinética média são conceitos que estão intimamente relacionados. Assim, a temperatura de um gás é a medida do grau de agitação das moléculas que o constituem: desde muito intenso (quando a temperatura é muito alta) até mínimo (quando a temperatura é muito baixa).

Quando um gás recebe energia, a velocidade média de suas moléculas aumenta. Conseqüentemente, a energia cinética total das moléculas do gás aumenta, ou seja, sua energia interna sofre um acréscimo. O efeito perceptível é o aumento da temperatura do gás, uma vez que ela representa uma forma indireta de medir sua

---

energia cinética média. Essa mudança de temperatura ocorre porque o gás recebe *energia* de uma fonte que está a uma temperatura maior que a dele.

Como sabemos, quando duas amostras de gás a temperaturas diferentes são colocadas em contato, o equilíbrio térmico é atingido após uma troca de *energia* entre elas. Assim, sempre que existir uma diferença de temperatura entre dois sistemas ou objetos, certa quantidade de energia é transferida do objeto “*mais quente*” (maior temperatura) para o “*mais frio*” (menor temperatura). Portanto, fisicamente, *calor* é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles.

Note, então, que existem duas maneiras de transferir energia de um sistema para outro: através do *trabalho* realizado por uma força e através do *calor*. Nesse caso, só haverá transferência de energia quando houver diferença de temperatura entre os sistemas. Depois de atingido o *equilíbrio térmico*, esta transferência cessa.

O significado físico da palavra “calor” não é o mesmo daquele usado geralmente no dia-a-dia. É comum, por exemplo, uma pessoa dizer que está com calor. Como vimos, fisicamente, o calor não está nos objetos ou sistemas. Trata-se de um nome dado a um modo de se transferir energia de um sistema para outro devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles.

### **2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

A teoria de aprendizagem de Ausubel fundamenta teoricamente a nossa proposta de trabalho. Esse referencial teórico busca explicar o processo de aprendizagem segundo a ótica do cognitivismo. Foi descrito inicialmente por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), e em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa e organiza em seu mundo, i.e., estuda o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição.

Quando novas informações são assimiladas, por processos de diferenciação, elaboração e estabilidade, adquirindo significado para o indivíduo por meio da interação com conceitos já existentes na estrutura cognitiva, a aprendizagem é dita significativa (MOREIRA, 1997). Estes conceitos foram denominados por Ausubel

---

---

de *subsunçores*. Um subsunçor é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que serve de ‘ancoradouro’ a uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir-lhe significado. A aprendizagem significativa, portanto, caracteriza-se por uma interação (não uma simples associação), entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através das quais estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores pré-existentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.

Para Ausubel, é possível que a aprendizagem se dê de maneira tal que novas informações sejam adquiridas por um aprendiz sem que nenhuma ou poucas associações sejam feitas com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno, em um processo que se denomina "*aprendizagem mecânica*".

O conceito de aprendizagem mecânica acima apresentado pode parecer uma contraposição ao conceito de aprendizagem significativa, entretanto, para Ausubel, não há dicotomias de fato, e sim extremos de um continuum visto que, em algum momento do processo ensino-aprendizagem, pode ser necessário que ocorra aprendizagem mecânica inicial quando se trata de uma área de conhecimento completamente nova ao aprendiz, onde não há *subsunçores* para que as novas informações possam ser ancoradas, possibilitando reorganização conceitual em uma reelaboração que proporcione a aprendizagem significativa.

Portanto, não se trata de rejeitar a aprendizagem mecânica e sim de considerá-la possível e necessária até que o indivíduo tenha condições de aprender significativamente, passando a reelaborar conceitos mais complexos a partir de subsunçores previamente elaborados. Por outro lado, Ausubel considera a aprendizagem representacional como significativa. Nesse caso, não haveria porque começar com aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa, ao ser externalizada, vem impregnada da leitura de mundo do aluno. É preciso negociação entre professor e aluno para que se tenha pontos básicos conceituais compartilhados que evidenciem a aprendizagem. Portanto, há que se repensar o processo de avaliação como uma inferência se os alunos assimilaram conceitos, recolhendo informações das mais diversas formas para

---

buscar evidências que possam indicar que houve aprendizagem significativa por parte do aluno.

Entretanto, é preciso que se efetive condições para que ocorra a aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (MOREIRA, 1999), há duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa:

- a) *Que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-litera. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. Essa condição implica não só que o material seja suficientemente não-arbitrário, em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados.*
- b) *Que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar, de uma maneira substantiva e não-arbitrária, o novo material potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva.*

Há, ainda, a distinção entre a aprendizagem por recepção, ou receptiva, que ocorre quando o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno; e a aprendizagem por descoberta, quando o conteúdo a ser aprendido deve ser antes descoberto pelo aprendiz a medida em que se proporcione em situações de ensino-aprendizagem, pistas e caminhos que possam facilitar tal descoberta. Observe-se que aprendizagem receptiva não é sinônimo de passiva. Ao contrário, deve ser muito ativa cognitivamente, pois o sujeito tem que processar a informação e dar-lhe significado. Note-se também que apresentar o novo conhecimento ao aluno não significa necessariamente aula expositiva, pode ser através de materiais didáticos usuais ou por meio dos mais modernos recursos tecnológicos. A questão central é que o ser humano normalmente não precisa descobrir para aprender. Precisa é ter conhecimento prévio adequado e querer relacionar interativamente este conhecimento com o novo conhecimento que lhe é apresentado. Está aí a essência do processo de aprendizagem significativa: a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio.

---

Mais um aspecto relevante da aprendizagem significativa é que, em geral, a aprendizagem se dá dos conceitos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva). Em contrapartida, os conceitos mais específicos se interrelacionam no sentido de tornar mais elaborado o conceito mais geral, de onde partiu o processo de aprendizagem (reconciliação integrativa) (MOREIRA, 1999). A aprendizagem significativa é um processo que se efetiva a partir de sucessivas interações, os conceitos vão sendo elaborados, desenvolvidos, diferenciados. Nesta perspectiva, a aprendizagem de um conceito é facilitada quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e depois este é progressivamente diferenciado em termos de detalhes e especificidades.

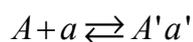
Segundo Ausubel (MOREIRA, 1999), na aprendizagem significativa, adquirir uma informação resulta em mudança tanto no subsunçor onde se ancora como na própria informação. Essa aprendizagem pode se dar de três formas diferentes:

- *Aprendizagem representacional*: quando o aprendiz estabelece uma relação entre símbolo e referente. Normalmente este símbolo é uma palavra;
  - *Aprendizagem de conceitos*: quando o aprendiz constrói conceitos para uma dada informação. Não deixa de ser também uma aprendizagem representacional, mas os conceitos são representados por símbolos mais genéricos ou categóricos que representam abstrações e com eles formamos proposições. Enfim, pode-se dizer que tanto na aprendizagem de conceitos como na representacional, a tarefa é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam;
  - *Aprendizagem proposicional*: quando a tarefa passa a ser aprender o significado de idéias em forma de proposições. É bem verdade que, para se aprender o significado de uma proposição verbal, é preciso que se tenha aprendido os significados dos termos que a formam. Assim, antes que a aprendizagem proposicional se dê, é necessário que se tenha por base a aprendizagem representacional e a conceitual.
-

---

Segundo AUSUBEL (2000), a estrutura cognitiva do aprendiz muda ao longo do tempo, tornando a aprendizagem significativa processual. Assim, o aprendiz adquire novas idéias genéricas por meio de experiências, vivências ou por descoberta, em um processo chamado formação de conceitos, que é mais freqüente em crianças com idade pré-escolar ou por assimilação de conceitos, relacionando novos atributos recebidos a idéias já relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva, de modo não-arbitrário e não-literal, o que é predominante no processo de escolarização e na fase adulta.

Uma vez que uma nova informação é assimilada, tanto ela quanto o conceito subsunçor a ela relacionado já não são mais os mesmos. Ambos são modificados, ou reformulados, durante o processo de assimilação. Nessa etapa, tanto os conceitos subsunçores ( $A$ ) e as informações originais ( $a$ ), quanto os correspondentes reformulados ( $A'$  e  $a'$ ) coexistem, e são dissociáveis, tais como os produtos e reagentes de uma reação química:



Enquanto o subsunçor e a informação relevante originais são dissociáveis, o resultado da assimilação – subsunçor e informação modificados – fazem parte de um todo. Essa etapa é denominada de fase de retenção, uma vez que a nova informação pode ser recuperada com características que a identificam e a distinguem da idéia-âncora. Em concomitância à fase de retenção, inicia-se um processo – chamado obliteração – em que  $a'$  acaba perdendo identidade, restando apenas  $A'$ . Trata-se da assimilação obliteradora, em que à nova informação ( $a$ ) resta o papel de modificar, enriquecer, reelaborar, o conceito subsunçor ( $A$ ), não ficando incorporada, com identidade, na estrutura cognitiva. Pode-se dizer, nesse caso, que, apesar de desempenhar um papel importante no processo de assimilação, a informação  $a$  é “esquecida” (MOREIRA & MASINI, 1982). Contudo, não se trata de esquecimento no sentido usual do termo, pois, de alguma maneira, a nova informação está incorporada ao subsunçor.

Outra distinção importante com relação ao processo de subsunção é aquela que Ausubel estabelece entre *subsunção subordinada* e *subsunção superordenada*. No primeiro processo, a nova idéia ou proposição é incorporada à estrutura cognitiva mediante subsunção sob um conceito mais inclusivo.

---

---

Existem duas categorias distintas de subsunção subordinada: a subsunção *derivativa*, onde a informação *a* diz respeito simplesmente a um exemplo específico de um conceito mais genérico; e a subsunção *correlativa*, onde a nova informação contém elementos que não correspondem exatamente às características do conceito subordinado inclusivo correspondente. Já a subsunção superordenada é oposta à subordinada no que diz respeito ao grau de inclusividade de *A* e *a*. Na subsunção superordenada, é a nova informação que possui o caráter mais inclusivo.

A *subsunção superordenada*, ou *aprendizagem superordenada*, ocorre também quando o aprendiz percebe relações, semelhanças e diferenças entre conhecimentos já adquiridos e constrói novos conhecimentos mais abrangentes que passam a subordinar os primeiros. É um tipo menos freqüente de aprendizagem significativa.

## 2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

Quais são as condições para que ocorra a aprendizagem significativa e como facilitá-la? O que falta aos professores para que possam promovê-la como uma *atividade crítica*? Segundo MOREIRA (2000), falta muito. A começar pela questão da predisposição para aprender. Como provocá-la? Muito mais do que motivação, o que está em jogo é a relevância do novo conhecimento para o aluno. Como levá-lo a perceber como relevante o conhecimento que queremos que construa?

O caminho mais indicado talvez seja a Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2000). Sua proposta, subjacente ao conceito de ensino subversivo desenvolvidas por Neil Postman e Charles Weingartner (1969), enfatiza que a motivação para aprender não se dá apenas no sentido de propor estratégias e recursos didáticos e sugere que o importante também é que o aluno perceba como relevante o novo conhecimento a ser construído e produzido utilizando de maneira substantiva e não arbitrária os seus subsunçores. Segundo MOREIRA (2000), podemos esclarecer o que está sendo entendido aqui como aprendizagem significativa crítica: *é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela*. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades, mas ao

---

---

mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo.

Para a facilitação da aprendizagem significativa crítica, analogamente aos princípios programáticos de Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa, MOREIRA (2005) propõe nove princípios, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner, porém de maneira bem menos radical e bem mais viável. São eles (PAULO, 2006):

1. **Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.** – O papel do professor é preferencialmente o de ensinar a perguntar do que fornecer respostas, uma vez que uma boa pergunta (não arbitrária e não literal) requer a utilização do conhecimento prévio de maneira significativa. Dada a grande quantidade de informações com que o aluno interage, com generalidades, especificidades ou trivialidades disponibilizadas pelos meios de comunicação em geral, tais como: TV, revistas, jornais, internet, cinema, rádio, é fundamental que ele saiba selecionar e que questões são relevantes para a sua aprendizagem (saber perguntar). É nesse momento que ele desenvolve uma percepção crítica a respeito da sociedade e do contexto em que está inserido.
  2. **Princípio da não adoção do livro-texto. Aprender a partir de distintos materiais educativos.** – Neste ponto o autor defende a utilização de outros recursos que podem ser disponibilizados para o evento educativo tais como documentos, artigos científicos, contos, histórias, poemas e uma infinidade de possibilidades portadoras de informações acerca de um determinado tema. É óbvio que a utilização desse aparato literário requer habilidade de exploração por parte do professor e do aluno para extrair e aprofundar no conhecimento que se deseja construir. Em geral, o livro-texto é utilizado como único recurso que encerra o conhecimento científico como verdade única e acabada. Ao utilizar outros recursos, o aluno desenvolve capacidade de leitura e contextualização do conhecimento.
-

- 3. Princípio do aprendiz como perceptor e representador. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo.** – Os aprendizes não são meros receptores de informações. Ao receber uma nova informação, o aprendiz a percebe e a representa mentalmente, de forma única, de acordo com suas percepções prévias. Somente é possível se estabelecer uma aprendizagem significativa crítica se o professor considerar o aprendiz como um perceptor e, a partir de então, um representador do mundo e daquilo que lhe é ensinado.
- 4. Princípio do conhecimento como linguagem. Aprender que a linguagem está implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade.** – É no evento educativo que as linguagens específicas, com simbologia própria, de cada área do conhecimento são apresentadas aos aprendizes. Considerando o aluno como um perceptor, aprender uma linguagem específica de um determinado conhecimento abre novas perspectivas de representação.
- 5. Princípio da consciência semântica. Aprender que o significado está nas pessoas e não nas palavras.** – O significado das palavras é atribuído pelas pessoas a partir de suas experiências prévias, portanto o aprendiz deve conseguir atribuir significado às palavras. A palavra é um símbolo, não se tratando da coisa em si. As palavras são utilizadas para significar as coisas, e tais significados mudam com o tempo. No evento educativo, o aprendiz e o professor negociam significados a partir do material didático. A consciência semântica pode levar o aprendiz a minimizar a causalidade, vislumbrar possibilidades entre o certo e o errado, permitindo escolhas ao invés de mera aceitação da realidade posta.
- 6. Princípio da aprendizagem pelo erro. Aprender que o homem aprende corrigindo os seus erros.** – Aprender significativamente é ter certa tranquilidade em aceitar que o erro é um processo importante na aprendizagem. A superação do erro decorre de sua percepção. Ao punir o erro, a escola estabelece que o conhecimento seja definitivo e encerra em si verdades absolutas. A história da ciência está repleta de exemplos de
-

---

que o conhecimento é provisório o método científico está baseado na superação sistemática do erro.

- 7. Princípio da desaprendizagem. Aprender a desaprender, a não usar conceitos, estratégias irrelevantes para a sobrevivência.** – Uma vez que um novo conhecimento interage com o conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva, essa interação não necessariamente ocorre de forma a favorecer a aprendizagem. Alguns conhecimentos prévios podem dificultar ou mesmo impedir a aprendizagem de um novo conhecimento. Desaprender não significa apagar determinado tipo de conhecimento prévio (até porque se houve aprendizagem significativa isso não vai ocorrer), trata-se de não utilizá-lo como subsunçor. Tal princípio é particularmente importante pois nos encontramos em um mundo em rápida transformação, onde os conceitos e estratégias previamente aprendidos podem se tornar obsoletos. Assim é crucialmente importante identificar quais conhecimentos prévios são relevantes para as novas demandas.
- 8. Princípio da incerteza do conhecimento. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos de pensar.** – De certa forma, trata-se este princípio de uma síntese dos princípios anteriores, onde a ênfase se dá ao fato de o conhecimento humano não é expresso em termos de verdades absolutas. Isso se reflete no âmbito das definições, perguntas e metáforas, que são os elementos fundamentais na construção de uma visão de mundo. Perguntas são instrumentos de percepção. Definições e metáforas são instrumentos para pensar e são válidos apenas dentro de um contexto.
- 9. Princípio da não utilização do quadro de giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade das estratégias de ensino.** – Em geral, é no quadro de giz que, com sua autoridade, o professor reproduz o seu saber muitas vezes livresco, resolve exercícios tradicionais que devem ser cobrados em avaliações posteriores, acarretando uma média que classifica e, muitas vezes, estigmatiza o aluno. As atividades utilizadas como estratégias de ensino devem ser colaborativas, para que seja encorajada a
-

troca de significados entre os aprendizes e professor, bem como o papel de mediador deste último. Portanto, de nada adianta substituir o quadro de giz por outras técnicas de aula expositiva, mesmo utilizando “tecnologias de ponta” como o data show, filmes educativos e retroprojetores.

Assim como a idéia que está por trás do princípio da não centralidade do livro de texto é a da diversidade de materiais educativos a que subjaz ao princípio da não utilização do quadro-de-giz é a da diversidade de estratégias instrucionais. O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2005).

Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. Segundo este autor, a não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, enfim, a diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais princípios. O uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor.

Portanto, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica evidencia a importância, em dias atuais, de proporcionar ao educando condições para a construção de conhecimentos em uma perspectiva de *críticidade*, de perceber o que é relevante para a sua participação efetiva em um mundo em constante e acelerada transformação de conceitos e valores. Importante ressaltar que é preciso subverter, permitir ao sujeito aprendiz, receber/perceber/construir e reconstruir seu conhecimento.

---

### **3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste trabalho, uma abordagem quantitativa seria inviável, por duas razões: a primeira, por não se ter uma amostra estatisticamente representativa e a segunda, porque os fenômenos educacionais apresentam uma forte tendência a não generalização. Ou seja, quando se trata de ensino-aprendizagem, o contexto é uma variável importante que por sua vez, depende de uma gama de outras variáveis que lhe conferem caráter único.

Dado o caráter subjetivo dos fenômenos educacionais, optou-se por uma abordagem qualitativa, por seu estilo descritivo, que permite uma análise com certo grau de fidelidade conferindo confiabilidade à pesquisa. A fonte direta dos dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal. Por ser descritiva, interessa mais o processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos obtidos. A tendência na análise dos dados é ser indutiva, tendo o significado como algo fundamental nessa abordagem (BOGDAN, 1994, p. 47).

A pesquisa qualitativa tem metodologia que se utiliza multiformas de investigação em torno da realidade, desde desenhos mais estruturados até um caráter emergente que se vai construindo à medida que a pesquisa se desenvolve (RINALDI, 2002). Para isso se faz necessário a seleção adequada de procedimentos e instrumentos de coleta de dados, que possibilitam informar particularidades das situações através de descrição da realidade concreta do objeto de investigação, que pode ser até exaustiva. Seqüenciada por uma interpretação cuidadosa objetivando a organização em padrões significativos e finalmente, a apresentação precisa dos resultados e conclusões dos conhecimentos produzidos.

O caráter qualitativo desta pesquisa garante um plano de ação baseado nos objetivos já elencados bem como o processo de acompanhamento e controle da ação planejada e o relato do mesmo.

A seguir será apresentado o desenho inicial do que foi planejado para o desenvolvimento do trabalho.

---

---

### 3.1 PLANO DE AÇÃO

Em reunião com os professores das disciplinas introdutórias do curso de mestrado em Física Ambiental chegou-se a conclusão que deveria ser implementado um curso de nivelamento conceitual, sobre tópicos de Termologia fundamentais para o acompanhamento das disciplinas e a otimização das pesquisas nessa área. A fim de minimizar discrepâncias conceituais oriundas das diversas áreas de formações dos alunos ingressantes na turma de mestrado 2009. O grupo de alunos era composto por graduados em Licenciatura Plena em Física, Licenciatura Plena em Ciências Naturais e Matemática, Licenciatura em Geografia, Licenciatura Plena em Química, Licenciatura Plena em Ciências Biológicas e Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

A seqüência a seguir corresponde ao conteúdo programático do curso:

1. Conceitos da Termodinâmica
    - a. Temperatura;
    - b. Fluxo de energia térmica (Calor);
    - c. Trocas de energia térmica;
    - d. Conceitos de calor latente e sensível;
  2. Radiação
    - a. Espectro eletromagnético;
    - b. Absorção e emissão de radiação;
    - c. Balanço de radiação e seus componentes;
  3. Fenômenos Ambientais
    - a. Fluxo de calor;
    - b. Fluxo de calor no solo;
    - c. Fluxo de calor sensível e latente;
    - d. Razão de Bowen;
    - e. Efeito estufa;
  4. Utilização e funcionamento de instrumentos de medidas
    - a. psicrômetros, anemômetros, pluviômetros, termopares, radiômetros, heliógrafos;
-

5. Posicionamento da Terra em relação ao universo e ao Sol
  - a. Estações do ano;
  - b. Movimento aparente do Sol no decorrer do ano;

Para a implementação do curso elaborou-se um pré e pós–teste, constituído de questões abertas, de papel e lápis, e o material didático integrando notas de aula para abordagens em quadro-de-giz, apresentações multimídia, imagens que sintetizam os conceitos e propiciam a discussão dos temas. Outra fonte de coleta de dados consiste na elaboração de um diário de aulas onde foram feitas anotações pertinentes às interações ocorridas em sala de aula, ao término do curso, pretende-se ter um diário de campo com transcrições fiéis das aulas ministradas. As atividades são pautadas pela seqüência de ações facilitadoras da aprendizagem significativa, objetivando a interação professor-aluno-material didático. Para facilitar a captação de significados, pretende-se estimular no decorrer das aulas, a externalização de conceitos por parte dos alunos, facilitando a aprendizagem significativa dos mesmos.

A evolução conceitual será verificada através da análise do pós- teste com as mesmas questões do pré-teste e para inferir acerca da aceitação do curso e da metodologia utilizada. No pós-teste serão acrescentadas três questões onde os alunos poderão tecer suas considerações.

---

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Trataremos neste capítulo dos métodos empregados para investigar os conceitos de termodinâmica que se estruturaram ao longo da formação acadêmica a nível de graduação. Inicialmente, foi proposto e realizado um curso com caráter de nivelamento abordando conceitos pertinentes a termologia, ministrado na semana que antecedeu o início das aulas (período letivo 2009/01) do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA), cujo público alvo foi os mestrandos iniciantes. Foi realizada uma análise de pré e pós-teste que consistia em um questionário contendo quatorze perguntas/afirmações sobre os conceitos prévios esperados dos alunos com relação ao estudo da termodinâmica. A pesquisa tem caráter qualitativo, portanto, mas começamos sua apresentação descrevendo em detalhes o curso e a metodologia de ensino.

A escolha da metodologia didática empregada ao longo do curso foi fundamentada na vivência do pesquisador como aluno das disciplinas iniciais do curso de mestrado. Na ocasião, a preocupação dos professores em estimular que os mestrandos externalizassem seus conceitos prévios e suas representações acerca dos temas abordados, de alguma forma, parecia direcionar as estratégias de ensino-aprendizagem adotadas nas aulas. O resultado, invariavelmente, era uma maior interação professor-aluno e material didático. Enquanto participante deste contexto, optou-se por propor um curso de nivelamento, uma vez que as dificuldades que os alunos apresentavam pareciam estar relacionadas com uma deficiência trazida da formação acadêmica anterior.

### **4.1 CONTEXTO DA PESQUISA**

O Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA) da Universidade Federal de Mato Grosso tem atuado ativamente na formação de pesquisadores com uma visão sistêmica que os possibilite, compreender e abordar os ecossistemas da nossa região capacitando-os a desenvolver um trabalho científico integrado e multidisciplinar. Para consolidar a construção do pesquisador com o perfil almejado,

---

---

é fundamental que o currículo, desde o início, propicie uma visão global dos fenômenos naturais. Contudo, como já foi dito, há de ser um domínio conceitual específico mínimo, apesar da diversidade de perfis acadêmicos consolidados pela formação inicial em nível de graduação.

A situação de ensino estudada nesta pesquisa foi o curso de nivelamento em Termodinâmica para os alunos ingressantes no mestrado em Física Ambiental. O grupo de alunos era composto por graduados em Licenciatura Plena em Física, Licenciatura Plena em Ciências Naturais e Matemática, Licenciatura em Geografia, Licenciatura Plena em Química, Licenciatura Plena em Ciências Biológicas e Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

O questionário foi aplicado no início e no final do curso ministrado. A população-alvo foi um conjunto de 14 alunos ingressantes no mestrado em Física Ambiental. O curso foi em realizado em regime optativo, com 20 horas / aula, na semana que antecedeu o início do período letivo 2009/01.

## **4.2 CURSO MINISTRADO**

A aprendizagem da Termodinâmica, nos diversos níveis de ensino, é um problema que tem sido objeto de estudo em todo o mundo. Embora a aprendizagem seja uma atividade própria dos alunos, o professor pode facilitar-lhes a captação dos significados a aprender através do ensino que pratica.

Como se quer propor uma forma de ensinar de maneira potencialmente significativa, a Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2000) se torna relevante à medida em que evidencia a importância, em dias atuais, de proporcionar ao educando condições para a construção de conhecimentos numa perspectiva de criticidade, de perceber o que é relevante para a sua participação efetiva num mundo em constante e acelerada transformação de conceitos e valores (PAULO, 2004).

A aula expositiva possui fortes vínculos com o ensino tradicional e “tem sido criticada pela forma como vem sendo adotada pela grande maioria dos professores, a saber, de modo mecânico e desvinculado da prática social, produzindo uma postura autoritária do professor e inibição da participação do aluno” (LOPES, 1993).

---

---

Segundo GIL-PÉREZ (1983), existiriam dúvidas quanto ao favorecimento da aprendizagem significativa pelo ensino por transmissão verbal de conhecimentos. Se é verdade que estas críticas se aplicam a muitas situações e a muitos professores, não é uma necessidade que as aulas expositivas devam se constituir em insípidos monólogos do professor.

O problema das dificuldades em facilitar a aprendizagem significativa dos alunos não se resolve pelo abandono das aulas expositivas e emprego de outras técnicas de ensino — que podem apenas mascarar a realidade e conduzir à aprendizagem mecânica tão bem quanto aulas expositivas de má qualidade — mas, pela busca de referências educacionais que orientem para um ensino coerente com esse objetivo.

Para tal, foram utilizados diversificados recursos em sala de aula, como projetor multimídia, simulações computacionais com planilhas eletrônicas e “*applets Java*”<sup>1</sup>, dados coletados em campo para uso nas simulações, vídeos, enfim, diversificadas estratégias de ensino, visando a participação ativa do aluno, tornando as atividades mais colaborativas possível, encorajando a troca de significados entre os alunos e o professor.

As 20 horas / aula foram divididas em 5 dias de curso, no período de 16 a 20 de fevereiro de 2009, no bloco da Pós-Graduação em Física Ambiental, UFMT. Foram utilizadas uma sala de aula e o laboratório de informática.

No primeiro encontro, após a apresentação inicial, foi aplicado o questionário de pré-teste (Anexo 1), que foi recebido com certo receio entre os participantes do curso. Vale ressaltar que, além da diversidade de formação dos alunos, há também certa diferença de tempo de graduação dos mesmos, havendo alunos recém formados e alunos já há algum tempo graduados. Os alunos, com certo receio, optaram por não informar o nome no pré-teste. Neste mesmo encontro, foram apresentadas as metas e o conteúdo programático previsto para o curso. Em todos os encontros, houve um observador externo realizando anotações de diálogos pertinentes ao conteúdo e às interações entre estudante-professor e estudante-estudante.

Será mostrada a seguir uma descrição das aulas ministradas:

---

<sup>1</sup> Applet é um software, ou aplicativo, que é executado no contexto de outro programa. No nosso caso, Applets em Java são programas desenvolvidos na linguagem de programação JAVA para realizar alguma tarefa de interação com o usuário, simulando algum fenômeno.

---

### 4.2.1 – Aula 1

A aula iniciou-se com a apresentação do curso, seus objetivos e o conteúdo programático. Nesta conversa inicial tentou-se também contextualizar o curso para os mestrandos, qual a sua importância e o porquê de estar sendo realizado.

Aplicou-se o pré-teste (Anexo 1), composto de 14 perguntas/afirmações, para que possamos buscar indícios da base conceitual dos mestrandos, e posteriormente validar o curso de modo a saber se houve ou não aprendizagem significativa dos conceitos explorados. Foi explicado que se destinava a informar seu conhecimento sobre alguns conceitos termodinâmicos e que essa informação seria usada na preparação das aulas, e não seria atribuída nota ao teste e sua participação na avaliação de aprendizagem seria em termos comparativos com o conhecimento demonstrado posteriormente.

Segundo CARRILHO SOBRINHO (2009), muitos livros do ensino médio e superior, principalmente aqueles cuja versão é uma tradução da obra original em inglês, além de textos encontrados em paradidáticos, artigos científicos, publicações em jornais e revistas especializadas, monografias, dissertações e até teses de doutorado, trazem e usam as palavras “*temperatura*” e “*calor*” de maneira equivocadas trazendo conseqüências negativas para o aprendizado do leitor desprevenido.

Nesta aula buscou-se, além da aplicação do pré-teste, investigar os conceitos prévios que os mestrandos carregavam de bagagem dos cursos de graduação. A proposta de estrutura conceitual para fundamentar o ensino tem suas raízes na idéia de que se pode facilitar o estabelecimento de relações dos novos significados com o conhecimento prévio dos mestrandos.

ARNOLD & MILLAR (1994) propõem que, na introdução aos conceitos da Física Térmica, os conceitos de calor e temperatura sejam desenvolvidos e considerados simultaneamente, o que inclui ainda o conceito central de equilíbrio térmico. Juntos, esses três elementos compõem uma *estória científica* básica que constitui objeto do ensino elementar. Os autores recomendam, ainda, considerar os seguintes aspectos:

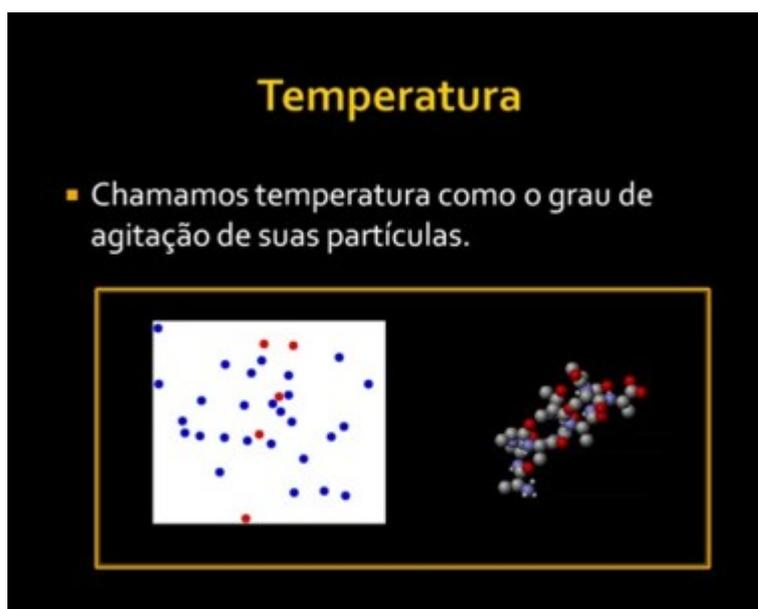
---

1. ao se tratar de fluxos de calor, é fundamental reconhecer as fronteiras e levar em consideração todos os elementos que interagem com o sistema;

2. é necessário prover o conhecimento de uma organização numa teoria consistente, mediante o ensino explícito de estratégias metacognitivas;

3. o modelo científico (ou estória ) deve ser apresentado explicitamente pelo ensino e ser por ele suportado, uma vez que não pode ser elaborado, indutivamente, a partir de evidências empíricas.

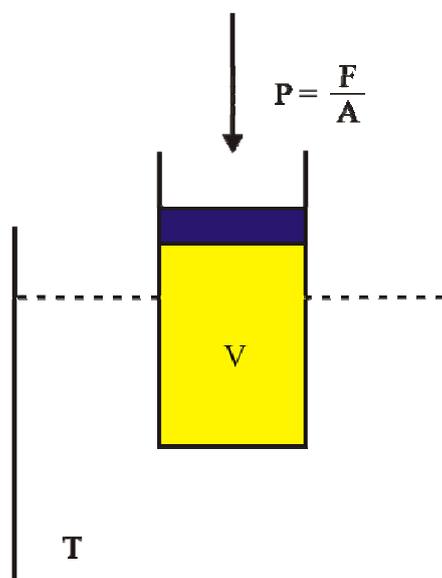
Em outro trabalho, os autores (ARNOLD & MILLAR, 1996) examinam os resultados de um curso concebido a partir de tais pressupostos. A história da Termodinâmica é introduzida, no sentido de um modelo físico, estabelecendo a ontologia da área e suas inter-relações, o que elabora uma narrativa para o entendimento dos fenômenos térmicos.



**Figura 4** – Slide norteador da discussão sobre o conceito de Temperatura

Seguindo esta idéia, como uma pequena contextualização, a aula foi iniciada com as idéias de Daniel Bernoulli, que em 1738, foi o primeiro a entender a pressão atmosférica em termos moleculares. Ele imaginou um cilindro vertical, fechado com um pistão no topo, o pistão tendo um peso sobre ele, ambos o pistão e o peso sendo suportados pela pressão dentro do cilindro. Ele descreveu o que ocorria dentro do cilindro da seguinte forma: *"imagine que a cavidade contenha partículas muito*

*pequenas, que movimentam-se freneticamente para lá e para cá, de modo que quando estas partículas batam no pistão elas o sustentam com repetidos impactos, formando um fluido que expande sobre si caso o peso for retirado ou diminuído ..."* É triste dizer que seu relato, apesar de correto, não foi aceito de maneira geral. A maioria dos cientistas acreditavam que as moléculas de um gás estavam em repouso, repelindo-se à distância, fixas de alguma forma por um éter. Newton mostrou que  $PV = \text{constante}$  (produto da pressão pelo volume do gás em questão) era uma consequência dessa teoria, se a repulsão dependesse inversamente com o quadrado da distância. De fato, em 1820 um inglês, John Herapath, deduziu uma relação entre pressão e velocidade molecular (dada abaixo), e tentou publicá-la pela Royal Society (a academia de ciências britânica). Foi rejeitada pelo presidente, Humphry Davy, que replicou que igualando pressão e temperatura, como feito por Herapath, implicava que deveria existir um zero absoluto de temperatura, uma idéia que Davy relutava em aceitar.



**Figura 5** – Dedução da relação entre pressão e velocidade molecular por John Herapath. P = pressão, F = força, A = área, V = volume e T = temperatura.

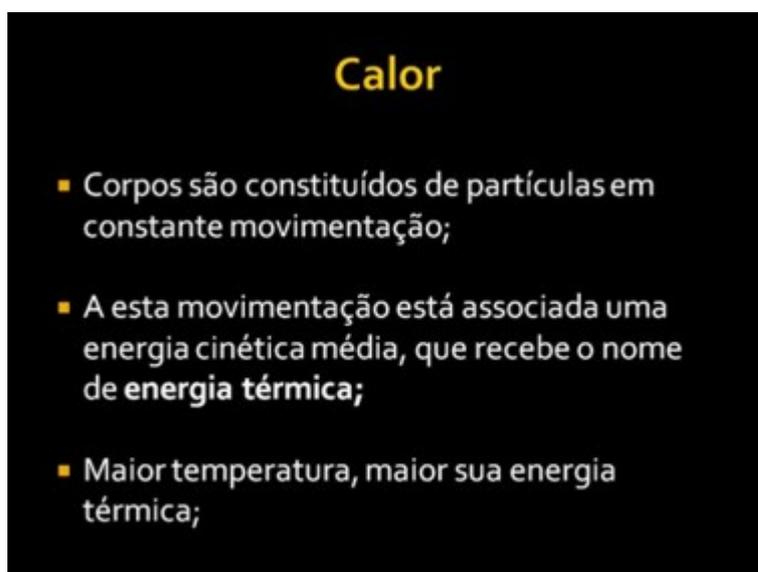
A hipótese de que as moléculas de um gás estejam em constante movimento aleatório permite algumas considerações sobre suas velocidades. Esse movimento depende exclusivamente da temperatura do gás, e por esse motivo é denominado

“movimento térmico desordenado”. À temperatura ambiente, por exemplo, a velocidade média das moléculas de um gás é da ordem de 500 m/s.

Quando a temperatura de um gás aumenta, a velocidade média de suas moléculas também aumenta, e vice-versa. A temperatura, a velocidade das moléculas e sua energia cinética média são conceitos que estão intimamente relacionados. Assim, a temperatura de um gás é a medida do grau de agitação das moléculas que o constituem: desde muito intenso (quando a temperatura é muito alta) até mínimo (quando a temperatura é muito baixa). Foi realizado um exemplo com uma simulação em *JAVA* e com animações, no primeiro slide (**Figura 4**).

É interessante observar que, nas primeiras horas da disciplina, os estudantes comportavam-se essencialmente como ouvintes, com raras interrupções às explicações do professor. A maior participação neste início de aula foi dos mestrandos graduados em física e com conclusão do curso recente.

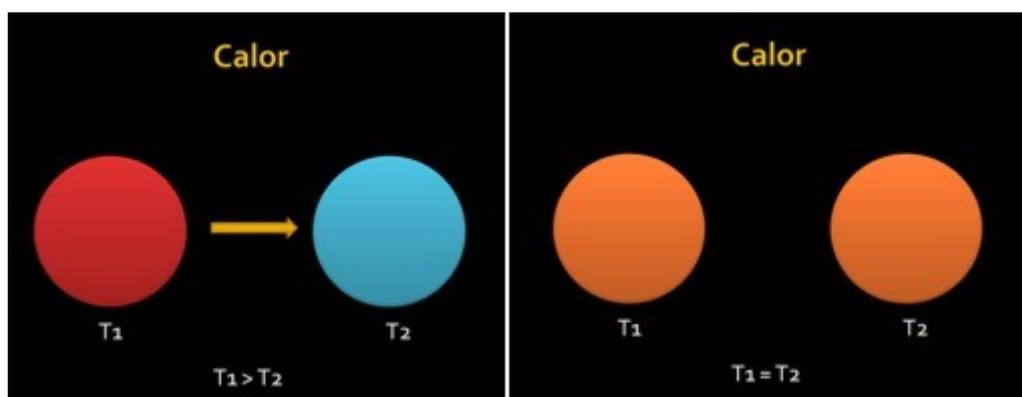
Passando para o conceito físico de calor, dissemos que quando um gás recebe energia, a velocidade média de suas moléculas aumenta. Conseqüentemente, a energia cinética total das moléculas do gás aumenta, ou seja, sua energia interna sofre um acréscimo. O efeito perceptível é o aumento da temperatura do gás, uma vez que ela representa uma forma indireta de medir sua energia cinética média. Note que essa mudança de temperatura ocorre porque o gás recebe *energia* de uma fonte que está a uma temperatura maior que a dele (**Figura 5**).



**Figura 6** – Slide norteador da discussão sobre o conceito de Calor

Também vimos que, quando duas amostras de gás a temperaturas diferentes são colocadas em contato, o equilíbrio térmico é atingido após uma troca de energia entre elas. Assim, sempre que existir uma diferença de temperatura entre dois sistemas ou objetos, certa quantidade de energia é transferida do objeto “*mais quente*” (maior temperatura) para o “*mais frio*” (menor temperatura). Portanto, fisicamente, *calor* é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles (**Figura 6**).

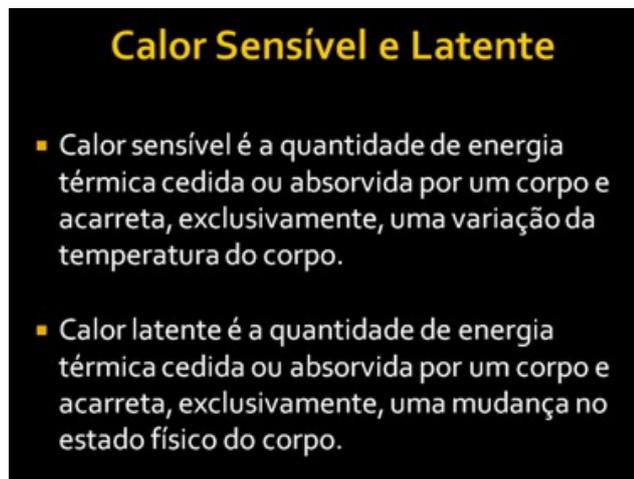
Note, então, que existem duas maneiras de transferir energia de um sistema para outro: através do trabalho realizado por uma força e através do *calor*. Nesse caso, só haverá transferência de energia quando houver diferença de temperatura entre os sistemas. Depois de atingido o equilíbrio térmico, esta transferência cessa (**Figura 7**).



**Figura 7** – Slide norteador da discussão sobre o conceito de condução de energia térmica.

A partir dessa base, podemos também definir os conceitos de calor sensível e calor latente:

Calor sensível pode ser definido como a quantidade de energia térmica cedida ou absorvida pelo corpo em questão e que acarreta, exclusivamente, em mudança de temperatura do corpo e calor latente como a quantidade de energia térmica cedida ou absorvida pelo corpo em questão e que acarreta, exclusivamente, em uma mudança de estado físico do corpo (**Figura 8**).

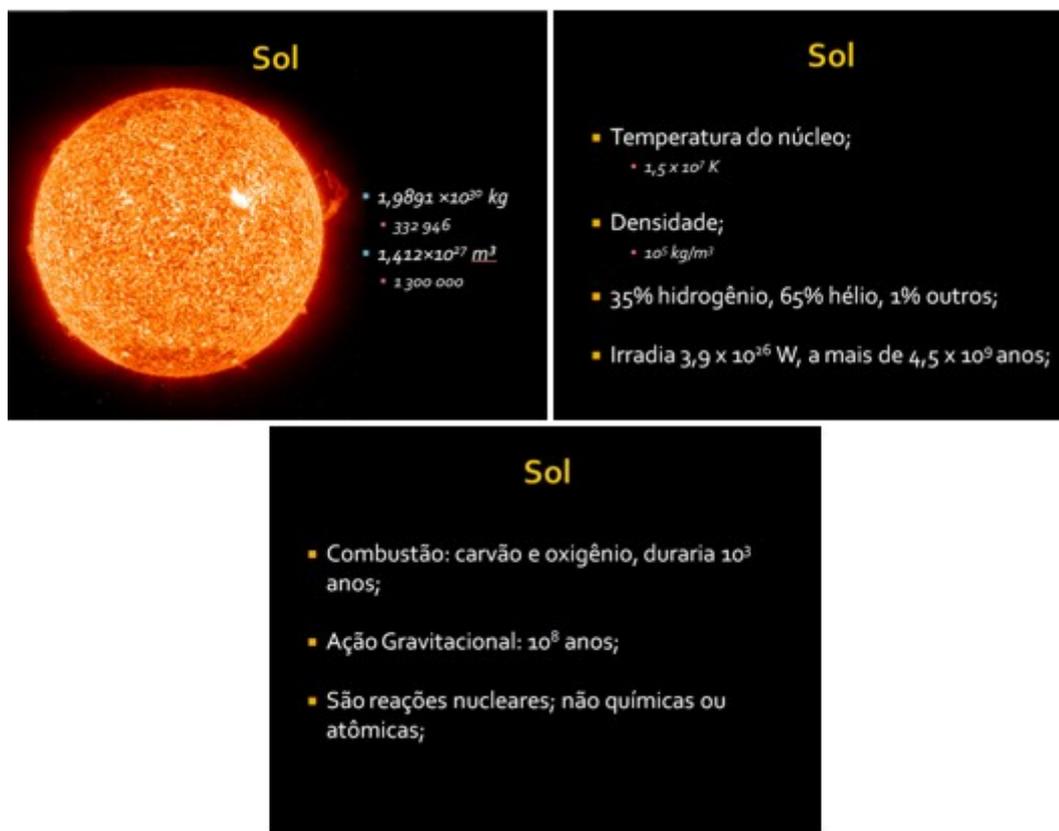


**Figura 8** – Slide norteador da discussão sobre o conceito de calor sensível e calor latente.

#### 4.2.2 – Aula 2

Esta segunda aula iniciou-se com um diálogo sobre o que havia sido discutido na aula anterior. Os participantes apresentaram suas impressões sobre o que tinham visto e se mostraram receptivos à proposta.

Passou-se então para a explanação sobre a nossa maior fonte de energia, o sol, que a base para o estudo do balanço energético que será discutido à posterior. O Sol é o objeto mais proeminente em nosso sistema solar. É o maior objeto e contém aproximadamente 98% da massa total do sistema solar. Cento e nove Terras seriam necessárias cobrir o disco do Sol, e em seu interior caberiam 1,3 milhões de Terras. A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, e tem uma temperatura de 6.000°C. Esta camada tem uma aparência turbulenta devido às erupções energéticas que lá ocorrem. Foram também apresentados alguns dados numéricos relativos as características do astro (**Figura 9**).

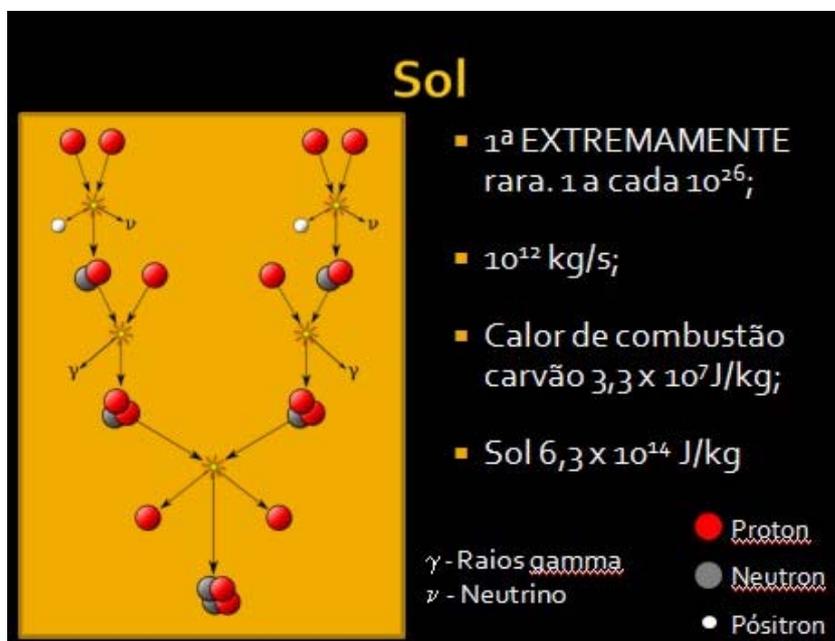


**Figura 9** – Slides norteadores da discussão sobre estrutura e composição do Sol.

Foi explicada também a origem da energia produzida. O Sol, basicamente, é uma enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de reações termo-nucleares. Se tentarmos explicar a origem da energia do Sol através dos processos de combustão básicos que conhecemos, baseados em reações químicas exotérmicas, chegaríamos a conclusão de que o Sol não poderia existir à mais do que alguns milhares de anos. As reações termonucleares, mais especificamente da cadeia próton-próton no caso do Sol, convertem o hidrogênio em hélio, O balanço global do processo é o equivalente de unir quatro prótons e dois elétrons para formar um núcleo de hélio-4 ( ${}^4\text{He}$ ).

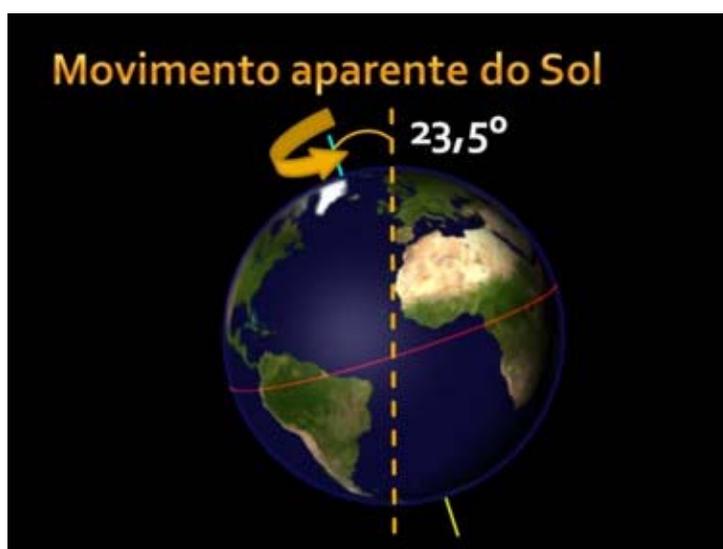
Para vencer a repulsão eletromagnética entre dois núcleos de hidrogênio se requerem grandes quantidades de energia. Em temperaturas estelares entre dez e vinte milhões de kelvins, o tempo médio da reação é aproximadamente de  $10^9$  anos. Tempo muito prolongado, mas suficiente para sustentar o Sol dada a enorme quantidade de hidrogênio contido no seu núcleo e as enormes quantidades de energia que, inclusive neste baixo ritmo de reações são geradas. Se o tempo médio de reação

fosse bastante mais rápido o Sol já haveria esgotado seu hidrogênio. Reações demasiadamente velozes tornariam impossível a estabilidade hidrodinâmica.



**Figura 10** – Slide norteador da discussão sobre a formação de energia do Sol.

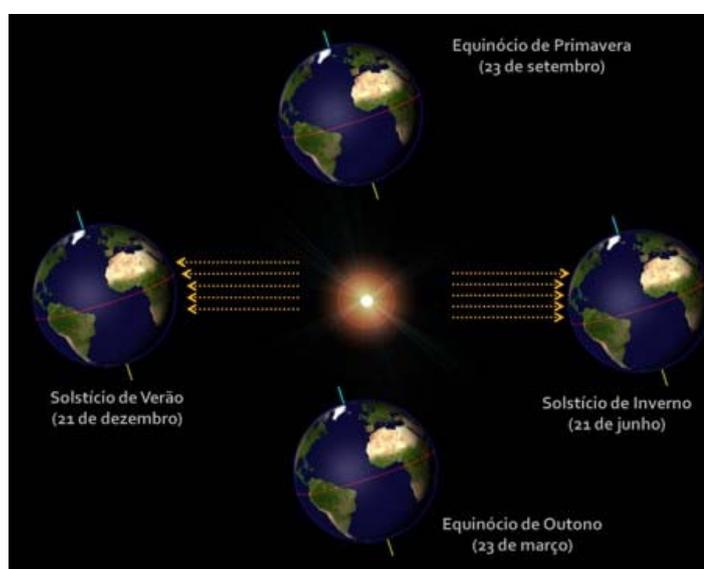
O ciclo p-p foi brevemente explanado para os mestrandos (**Figura 10**), mostrando-lhes a importância do processo para o funcionamento do Sol e para a produção de energia do mesmo.



**Figura 11** - Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e eixo de inclinação terrestre.

Como trabalhamos com a física da atmosfera, é importante termos conhecimento de conhecimento de como o nosso planeta se comporta no sistema solar, sabemos que devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, este, aparentemente se move entre as estrelas, ao longo do ano, descrevendo uma trajetória na esfera celeste chamada **Eclíptica**. A eclíptica é um círculo máximo que tem inclinação de aproximadamente  $23^{\circ} 27'$  em relação ao Equador Celeste (

**Figura 11**). É esta inclinação que causa a divisão do regime do clima global em estações do ano (**Figura 12**).



**Figura 12** – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e as estações do ano.

Devido a esta inclinação, à medida que a Terra orbita em torno do Sol, os raios solares incidem mais diretamente em um hemisfério ou outro, proporcionando mais horas com luz durante o dia a um hemisfério ou outro e, portanto, aquecendo mais um hemisfério ou outro.

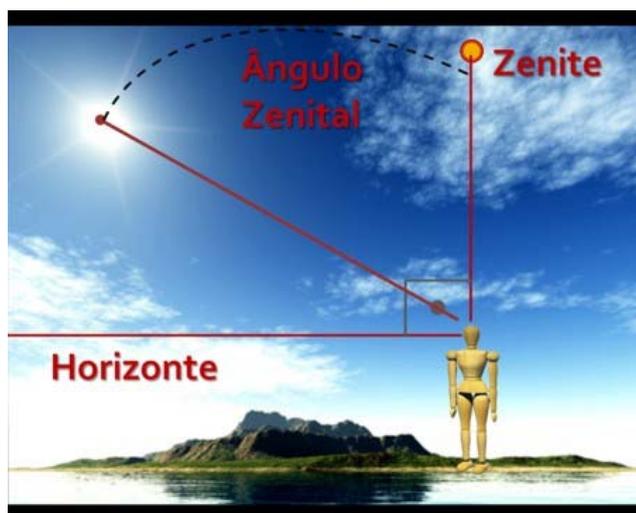
Para continuar a discussão, foi perguntado aos mestrandos alguns termos de localização geográfica, tais como latitude e longitude. Poucos mestrandos conseguiram responder o que significavam tais termos. Como um breve resumo, foi explanado que longitude geográfica é o ângulo medido ao longo do equador da Terra, tendo origem em um meridiano de referência (o meridiano de Greenwich), e extremidade no meridiano do lugar em questão. Na Conferência Internacional

Meridiana, realizada em Washington em outubro de 1884, foi definida como variando de 0 a  $+180^\circ$  (Oeste de Greenwich) e de 0 a  $-180^\circ$  (Leste). Na convenção usada em astronomia, varia entre  $-12h$  (Oeste) e  $+12h$  (Leste). Latitude geográfica é ângulo medido ao longo do meridiano do lugar, com origem no equador e extremidade no zênite (em astronomia, zênite é o ponto superior da esfera celeste, segundo a perspectiva de um observador estacionado num plano sobre a Terra, acima de sua cabeça projetado na abóboda celeste, ou a interseção da vertical superior do lugar com a esfera celeste) do lugar. Varia entre  $-90^\circ$  e  $+90^\circ$ . O sinal negativo indica latitudes do hemisfério sul e o sinal positivo hemisfério norte. Foi explicado também o conceito de declinação, que é o ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro. A declinação varia entre  $-90^\circ$  e  $+90^\circ$  (**Figura 13**).



**Figura 13** – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol e declinação solar.

Outro conceito também freqüentemente utilizado em física ambiental é o conceito de ângulo zenital, que é a distancia entre o astro, no caso o Sol, e o zênite do observador (**Figura 14**).



**Figura 14** – Slide norteador da discussão sobre o movimento aparente do Sol, ângulo zenital, zênite e horizonte.

Foi então visto o que realmente recebemos de energia do Sol, e como recebemos tal energia. Um breve resumo para os mestrandos do espectro eletromagnético, que é a distribuição da intensidade da radiação eletromagnética com relação ao seu comprimento de onda ou frequência (**Figura 15**), demonstrando que grande parte da radiação que recebemos do Sol está compreendida em uma pequena faixa espectral, dentro da faixa de radiação de luz visível.

Foi mostrado um gráfico clássico de emitância do Sol pelo comprimento de onda da radiação, comparada com a emitância de um corpo negro à mesma temperatura ( $\approx 5777$  K) (**Figura 16**). Este gráfico é interessante para se mostrar onde está o pico de emissão do Sol.

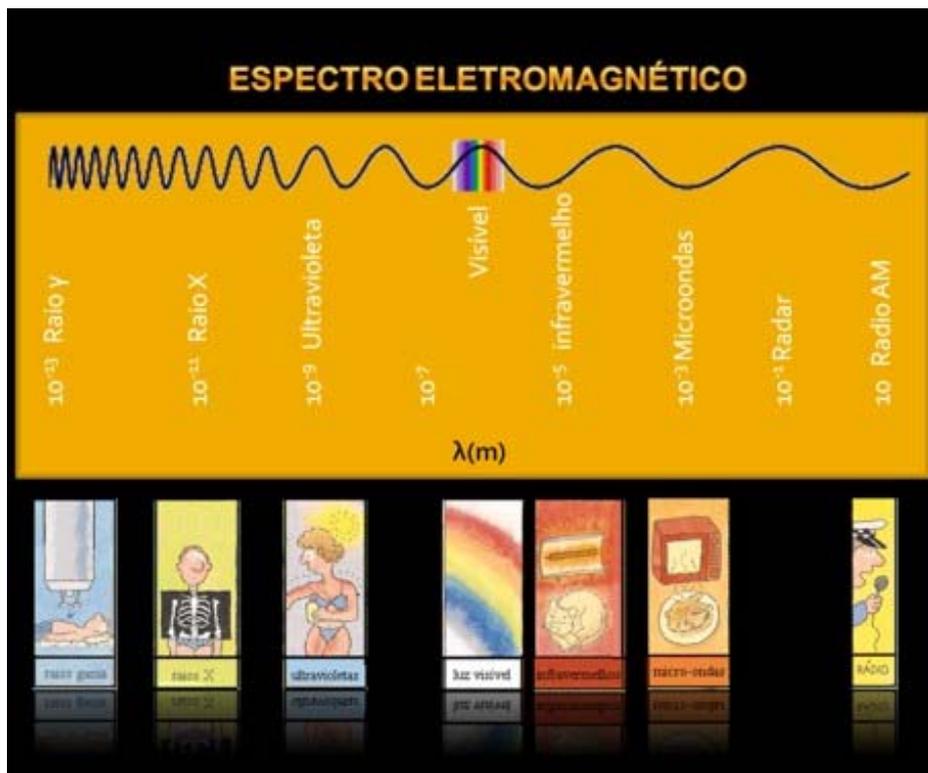


Figura 15 – Slide norteador da discussão sobre o espectro eletromagnético.

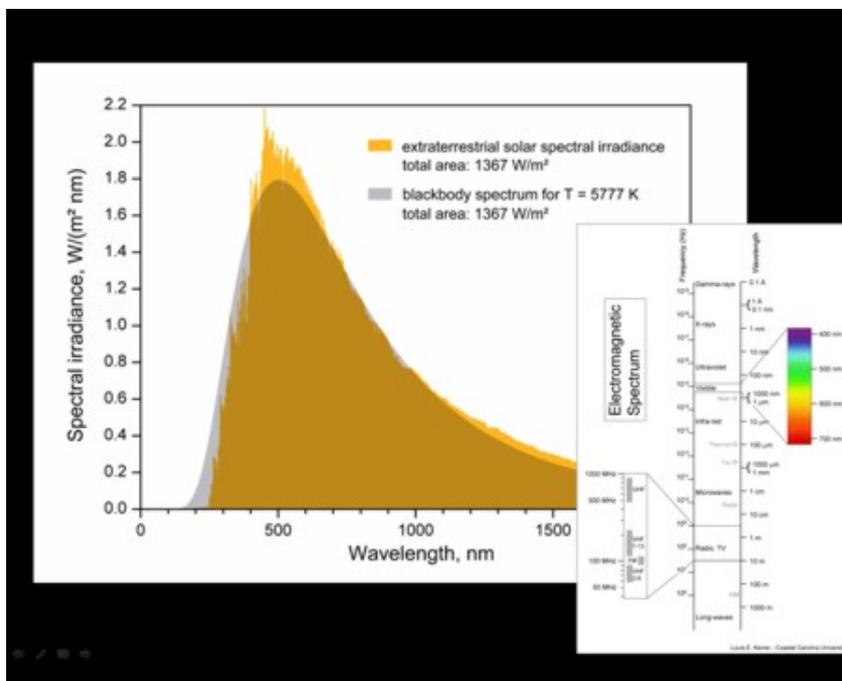


Figura 16 – Slide norteador da discussão sobre espectro eletromagnético, emitância do Sol e os comprimentos de onda.

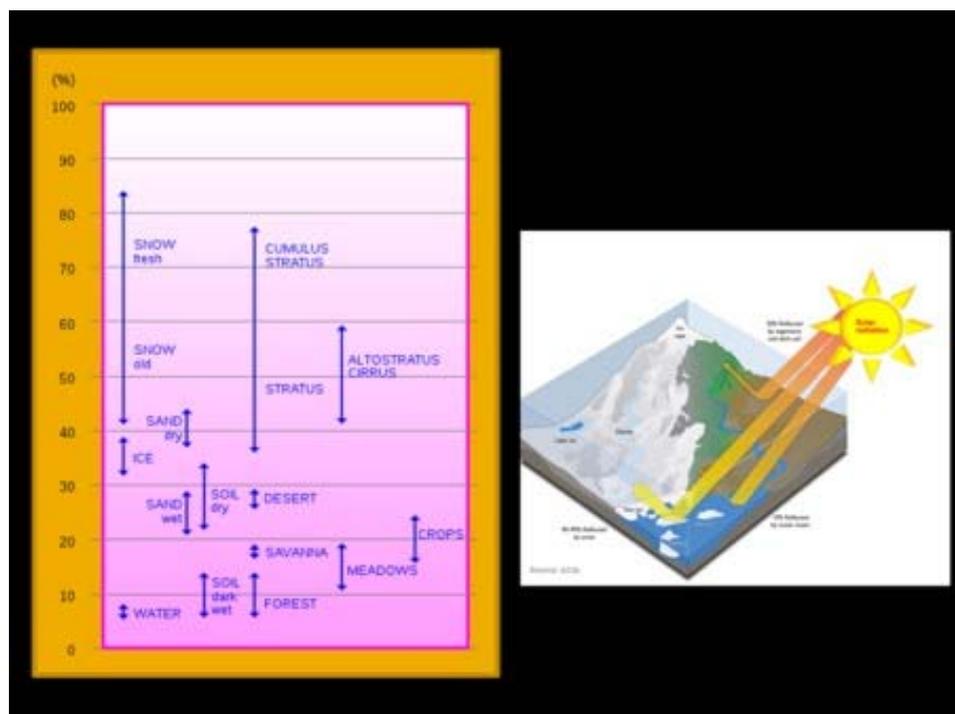
Em geral estamos interessados em conhecer a quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega em um determinado lugar da superfície da Terra, que chamamos insolação do lugar. A insolação varia de acordo com o lugar, com a hora do dia e com a época do ano. Por isso introduzimos todos estes conceitos, para que na próxima aula possamos entrar no balanço energético.

### **4.2.3 – Aula 3**

A diversidade conceitual apresentada nas aulas anteriores foi densa. É importante saber como foi a assimilação pelos mestrandos dos conceitos apresentados. Para tal iniciamos esta aula com uma conversa a cerca dos assuntos abordados nas aulas anteriores. A participação dos mestrandos se mostrou condizente com o conteúdo ministrado.

A aula iniciou-se com um importante fator do balanço energético, o albedo da superfície. Podemos defini-lo como a medida da quantidade de radiação solar refletida por um corpo ou uma superfície. É um índice calculado como a razão entre a quantidade de radiação refletida pela quantidade de radiação recebida. Em Astronomia, que é o nosso caso, o albedo depende da faixa de onda eletromagnética considerada e do ângulo de incidência. Quando nada é dito a este respeito, o albedo é considerado como sendo em relação à faixa do espectro visível e em relação à normal da superfície do astro. O albedo varia de 0 a 1. 1 equivale a uma reflexão total, isto é, toda a luz recebida é refletida, ao passo que 0 (zero) equivale a uma absorção total, isto é o astro seria totalmente negro observado do espaço. O albedo da Terra é aproximadamente 0,39, ou seja, a Terra reflete 39% da luz solar recebida (**Figura 17**).

---



**Figura 17** – Slide norteador da discussão sobre albedo e fatores determinantes para tal.

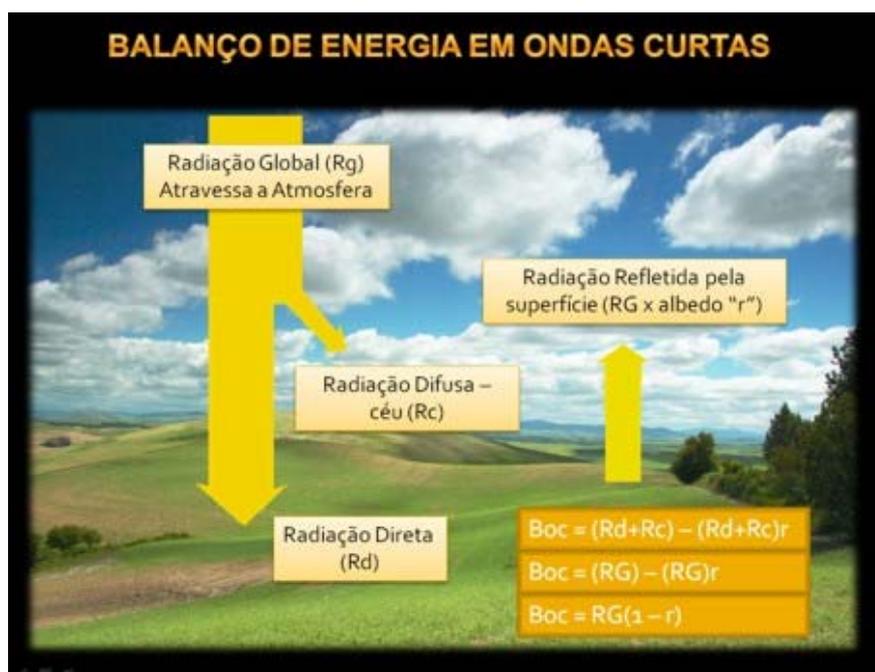
Foi ressaltado que vários fatores afetam o albedo terrestre, como a quantidade e tipos de nuvens na atmosfera, quantidade de material particulado na atmosfera, quantidade de neve e corpos d'água na superfície, tipo de cobertura vegetal, incluindo as culturas agrícolas, tipo de cobertura artificial do solo nos meios urbanos, tipo de solo nos terrenos arados, quantidade de água retida pelas partículas dos solos entre outros. O estudo do albedo é importante para a física ambiental, pois em estudos sobre aquecimento global e ilhas de calor algumas mudanças neste fator podem amenizar ou agravar os efeitos causados pelo aquecimento global.

Convencionalmente é aceito que, quando um corpo recebe energia, essa energia é computada como sendo positiva, e quando perde é computada negativa. Dentro desse raciocínio, quando a superfície do solo recebe energia, seja qual for, essa energia é positiva e quando ele “perde” a energia é negativa. Essa somatória algébrica das energias que alcançam ou deixam a superfície do solo é chamada de “*Balanco de Energia*”, e a energia resultante como “*Energia líquida disponível ao meio*”. Esta é uma importante área de estudo do Programa de Pós-Graduação em

Física Ambiental, tendo diversos trabalhos produzidos no assunto. É bem provável que um ou mais mestrandos deste curso de nivelamento trabalhem com o tema em seu mestrado.

A radiação proveniente do Sol, ao atravessar a atmosfera, tem parte de seu fluxo difundido pelos constituintes fixos e variáveis da atmosfera e parte chega diretamente à superfície do solo. À essa parcela que sofre difusão pela atmosfera dá-se o nome de radiação difusa ( $R_c$ ) e à parcela que alcança diretamente a superfície do solo, de radiação direta ( $R_d$ ). O valor ( $R_c + R_d$ ) compreende a radiação global ( $R_G$ ).

Em meteorologia, a parcela de radiação com comprimento de onda entre 220 a 4000 nanômetros é denominada “Radiação de Ondas Curtas”. A parcela da radiação líquida disponível, que representa a contribuição da radiação solar, chama-se “Balanço de Radiação de Ondas Curtas” ( $Boc$ ). A **Figura 18** ilustra o  $Boc$ .



**Figura 18** – Slide norteador da discussão sobre balanço de radiação de ondas curtas.

Nesta etapa, foram utilizadas animações para ilustrar o processo aos mestrandos. Foi falado também que a superfície do solo, ao receber radiação proveniente do Sol, difusa ou direta, irá se aquecer, e dessa maneira, emitirá radiação obedecendo a lei de emissão eletromagnética (**Figura 19**).

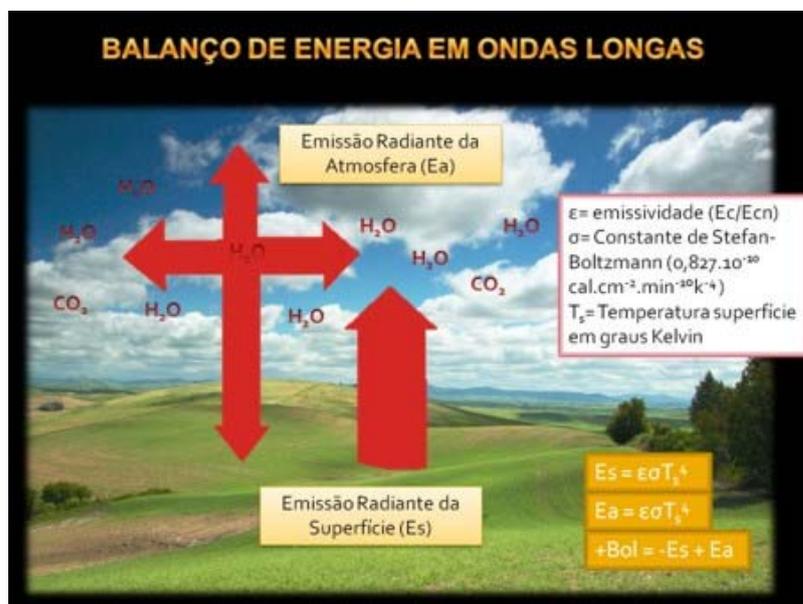
## Stefan-Boltzmann

- A emissão radiante total de um corpo é, segundo a lei de SB, proporcional a  $T^4$   
Potência da temperatura de sua superfície

$$Q_e = e\sigma T^4$$

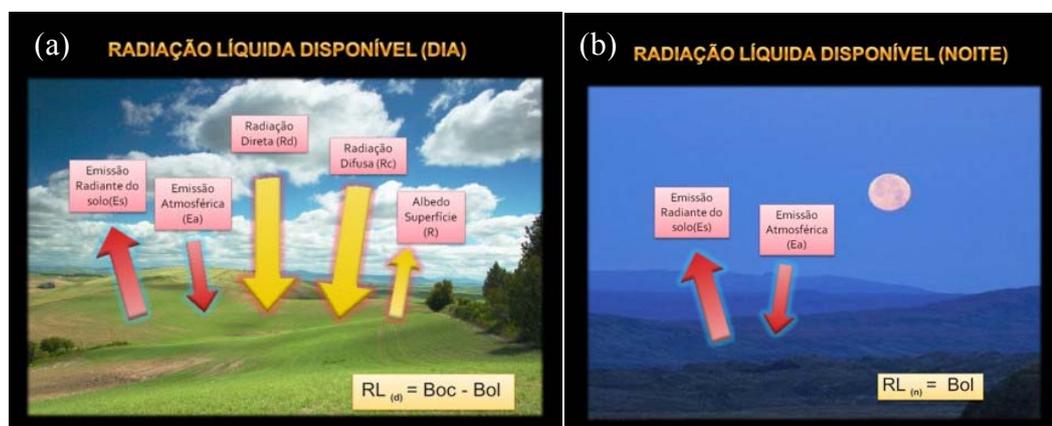
**Figura 19** – Slide norteador da discussão sobre emissão eletromagnética e lei de Stefan-Boltzmann.

Foi mostrado que o espectro de emissão da superfície do solo está contido dentro dos limites de  $4 \times 10^3$  a  $1,3 \times 10^5$  nanômetros, e em meteorologia chamamos de “Radiação de Ondas Longas”. Um esquema ilustrando o balanço de radiação de ondas longas (*Bol*) foi proposto na **Figura 20**.



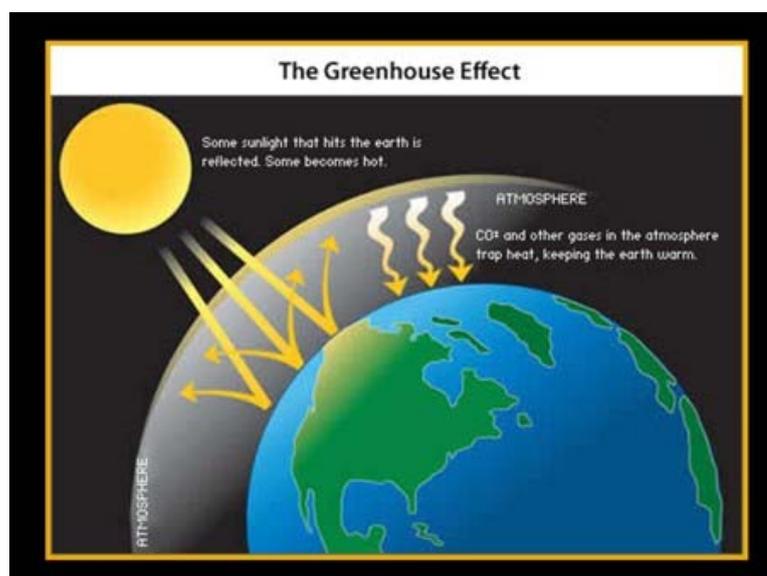
**Figura 20** – Slide norteador da discussão sobre o balanço de radiação de ondas longas.

Após as explicações sobre o *Boc* e *Bol*, foi trabalhado com o conceito de radiação líquida disponível, conforme **Figura 21** (a) e (b), que é a radiação resultante ao meio depois que todas as trocas radiativas se efetuarem.



**Figura 21** – Slide norteador da discussão sobre a radiação líquida disponível durante o dia (a) e durante a noite (b).

Foi então discutido que, incluindo-se na análise do balanço de transferência de energia a presença da atmosfera e os processos que nela ocorrem, se consegue explicar a energia adicional retida pela Terra e, conseqüentemente, sua maior temperatura superficial média. Vistos os processos do balanço de energia, discutimos algumas implicações nas alterações dos componentes do mesmo. Foi explicado então o que é e como se comporta o efeito estufa em nosso planeta (**Figura 22**).



**Figura 22** – Slide norteador da discussão sobre o efeito estufa terrestre.

Partindo da premissa de que a maior mudança das forçantes climáticas nos séculos recentes é causada por gases de efeito estufa produzidos pelo homem, e que esses gases na atmosfera absorvem a radiação de ondas longas em vez de deixá-la escapar para o espaço. Com efeito, tornam a camada absorvedora mais grossa, devolvendo mais radiação de ondas longas para o solo. Dessa forma, a Terra está irradiando menos para o espaço do que absorve do Sol e dos processos internos. Aparentemente, este desequilíbrio energético planetário temporário está gradualmente aquecendo o planeta. O *slide* da **Figura 23** ilustra este problema.

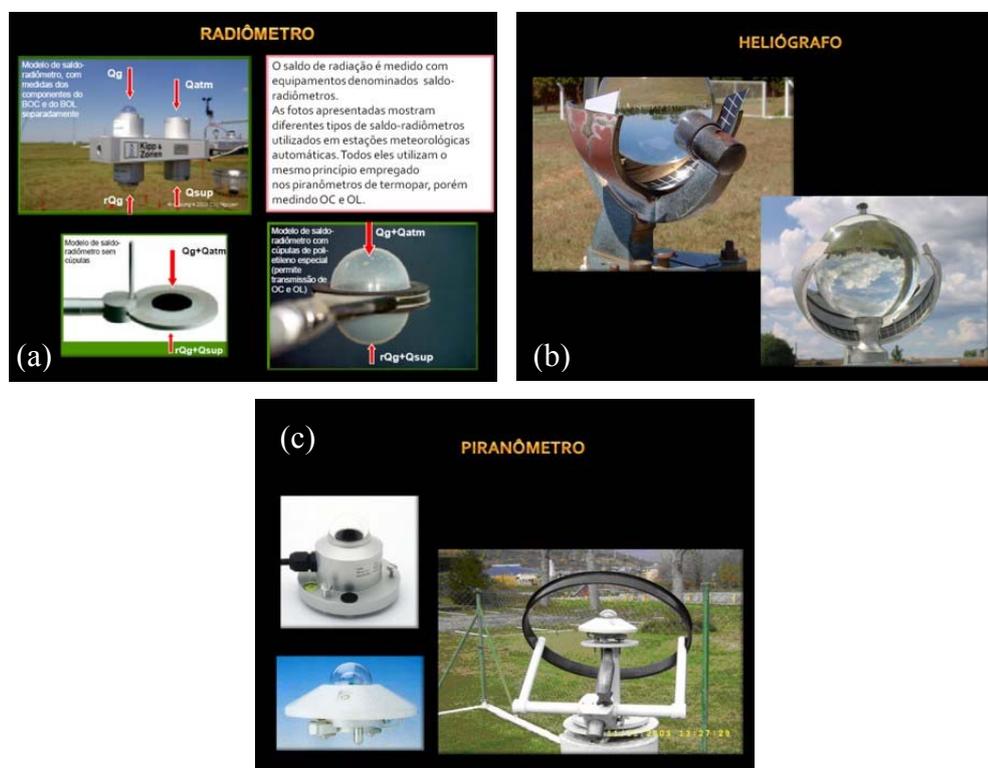


**Figura 23** – Slide norteador da discussão sobre desequilíbrio energético no planeta e aquecimento global.

Esta parte final da aula ficou focada na discussão das causas e conseqüências do efeito estufa, o foco da mídia do problema, e o que podemos interpretar de real do que nos é passado.

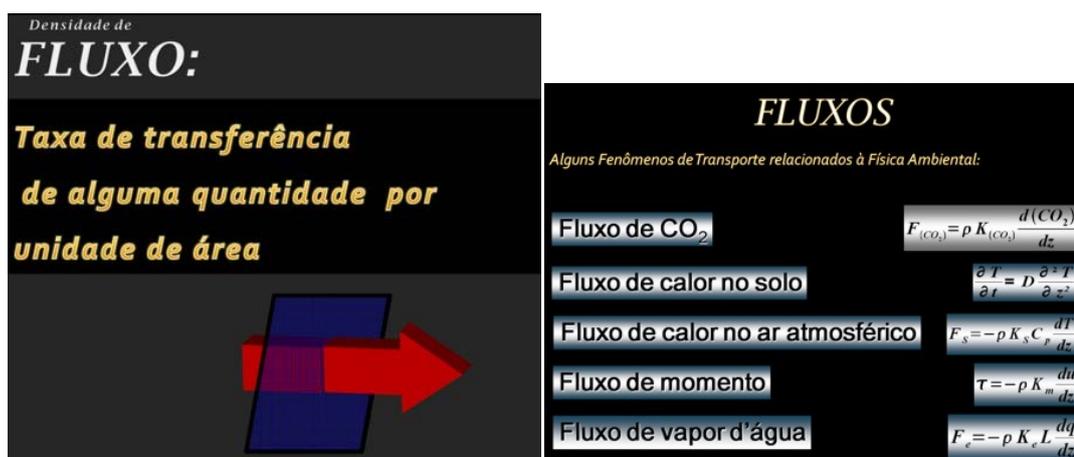
#### 4.2.4 – Aula 4

Esta quarta aula foi iniciada com uma revisão dos conceitos trabalhados na aula anterior, que são a base do que será trabalhado nesta quarta e quinta aulas. Entendido os processos do balanço de energia, é importante que saibamos como mensurar os componentes do processo. Foi então introduzido para os mestrandos os instrumentos de medida utilizados pelo programa e seu funcionamento, tais como radiômetro (**Figura 24 a**), heliógrafo (**Figura 24 b**), piranômetro (**Figura 24 c**), entre outros instrumentos. As figuras a seguir ilustram a discussão.



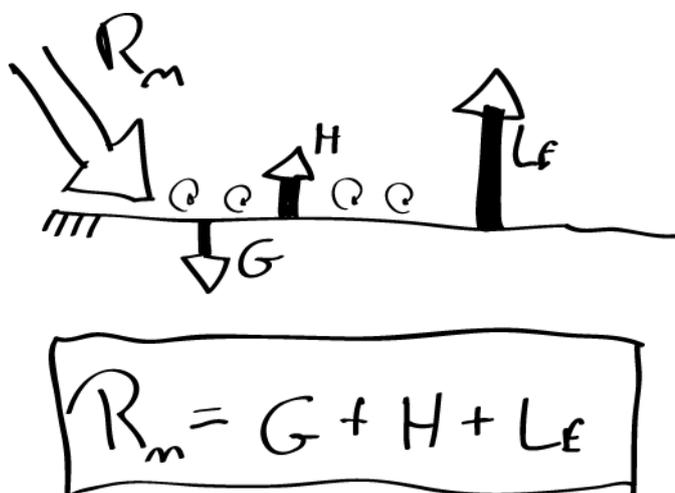
**Figura 24** – Slides norteadores da discussão sobre instrumentos de medição utilizados para aquisição de dados pelo programa, (a) radiômetro, (b) heliógrafo e (c) piranômetro.

Foi feita uma revisão de alguns conceitos de fenômenos de transporte, como conceito de fluxo, que é vastamente utilizado em física ambiental (**Figura 25**), e mostrada algumas aplicações nos estudos relacionados à física ambiental.



**Figura 25** – Slides norteadores da discussão sobre fluxo e fenômenos de transporte.

Esta aula foi realizada no laboratório de informática do PGFA. Nesta aula passamos a utilizar o quadro negro como meio de auxiliar o desenvolvimento desta aula. Abaixo temos algumas transcrições do quadro negro passado aos mestrandos:

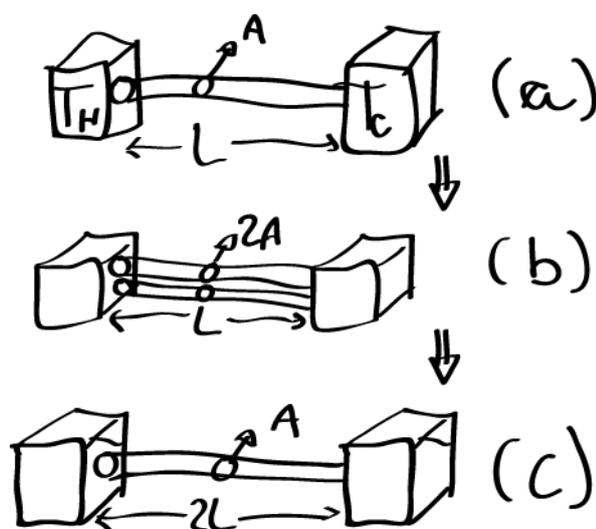


**Figura 26** – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão dos componentes do saldo energético.

Foi demonstrado os componentes individuais do saldo energético, explanando brevemente a importância e comportamento para cada um dos componentes. Lê-se na **Figura 26**  $R_n$  como saldo de radiação,  $G$  como fluxo de calor no solo,  $H$  como

fluxo de calor sensível e  $Le$  como fluxo de calor latente. A aula seguiu com a explicação de cada um dos componentes do saldo energético.

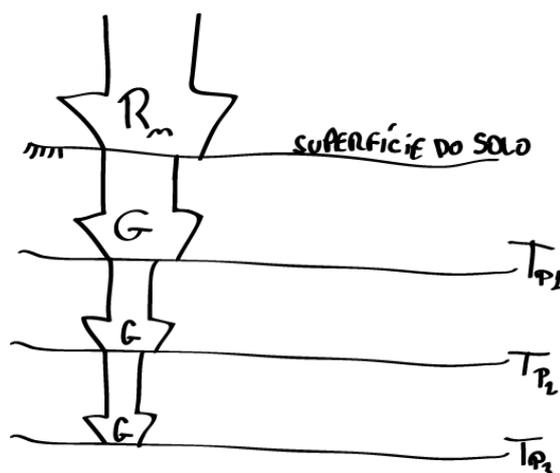
A primeira componente trabalhada foi o fluxo de calor no solo. Inicialmente, como revisão, foi trabalhado uma revisão sobre transferência de energia térmica por condução, pois é o fator predominante no estudo do fluxo de calor no solo (**Figura 27**).



**Figura 27** – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão de transferência de energia térmica por condução.

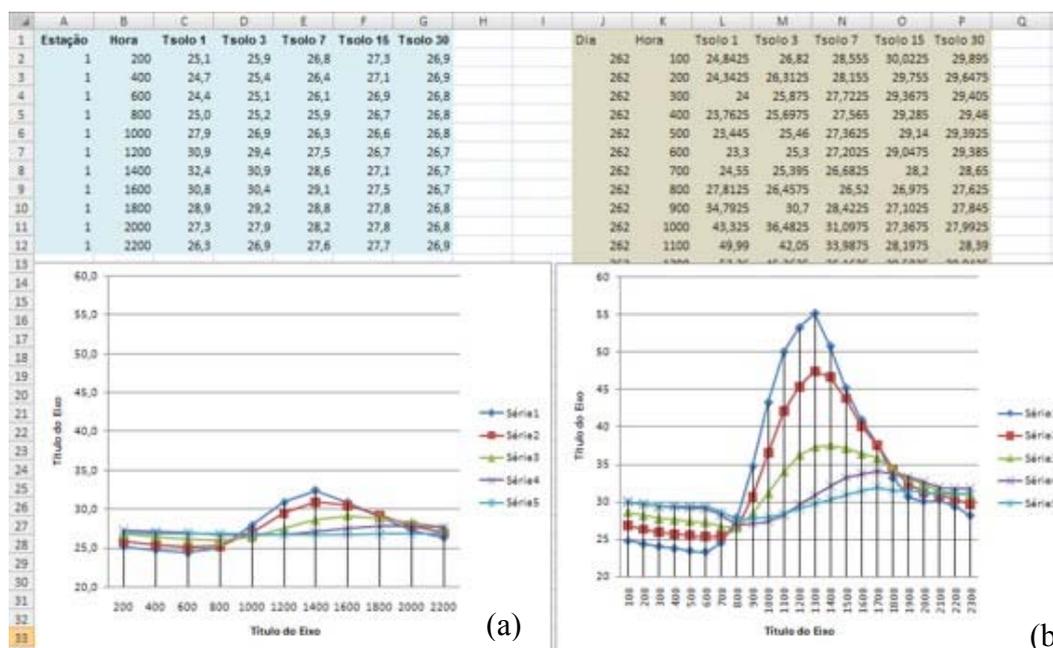
A transferência de energia térmica ocorre somente entre regiões de diferentes temperaturas ( $T_H > T_C$ ), no sentido do maior para o de menor temperatura (**Figura 27** (a)). Se dobrarmos a área de seção reta do condutor  $L$ , dobramos o fluxo de energia térmica de  $T_H$  para  $T_C$  (**Figura 27** (b)). Se dobrarmos o comprimento do condutor  $L$ , reduzimos pela metade o fluxo de energia (**Figura 27** (c)).

A **Figura 28** ilustra o esquema do fluxo de calor no solo. Uma quantidade de energia chega à superfície, e a condução dessa energia. Alguns fatores influenciam esta condução, tais como difusividade térmica do solo e propriedades intrínsecas à cada tipo de material constituindo do solo em questão.



**Figura 28** – Transcrição do quadro negro, norteador da discussão de transferência de fluxo de calor no solo, componente do saldo de radiação.

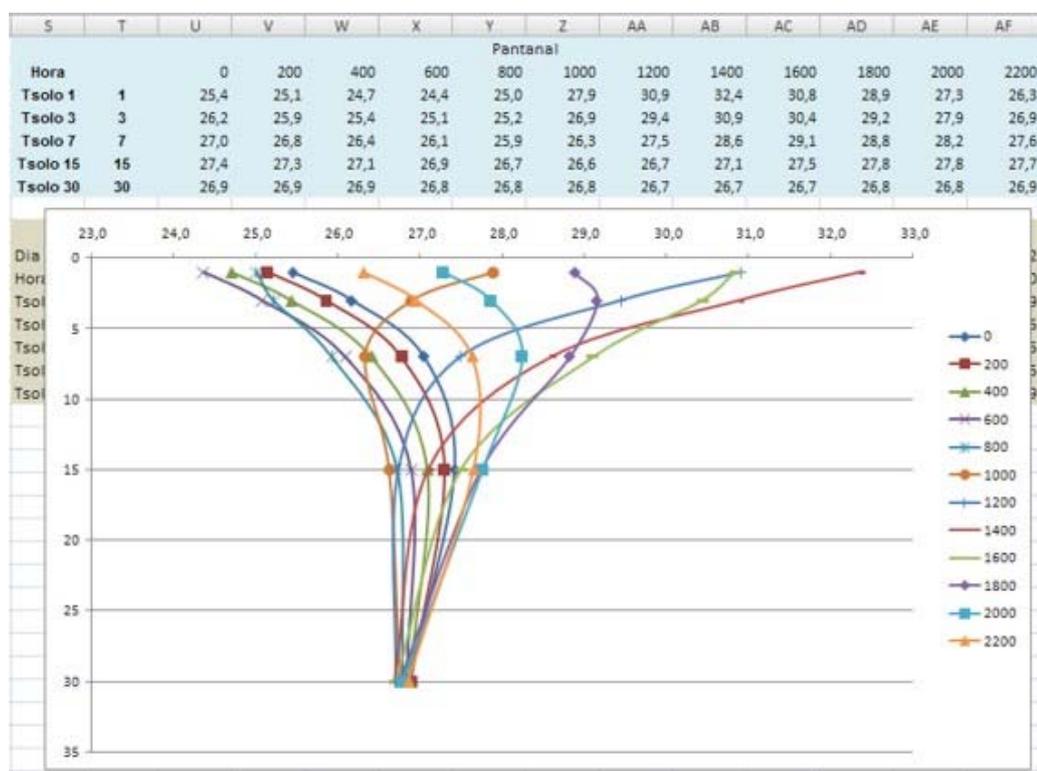
A partir deste ponto da aula, foi solicitado aos mestrandos que acessassem uma planilha, em formato *EXCEL*, contendo dados coletados em campo por pesquisadores do PGFA. Os dados correspondem à temperatura do solo na superfície e em 5 diferentes profundidades, coletadas na fazenda experimental do UFMT, em Santo Antônio do Leverger, inserido no ecossistema do cerrado e na estação de pesquisa em Porto Cercado, município de Barão de Melgaço, inserido no ecossistema do Pantanal matogrossense, um exemplo da tabela pode ser visto na **Figura 29**.



**Figura 29** – Planilhas em *EXCEL* com dados de temperatura do solo em diferentes profundidades para (a) pantanal e (b) cerrado.

Com base nesta planilha, foi solicitado aos mestrandos que interpretassem o que esta influenciando o comportamento da temperatura do solo nos diferentes ecossistemas. Feita a análise do comportamento da temperatura do solo nos dois ecossistemas, foi passada a uma análise mais detalhada sobre cada um dos tipos de solo.

Com o auxílio do professor, foram construídos gráficos da variação da temperatura em função da profundidade media. Este gráfico é importante na avaliação do solo e no entendimento dos processos quais ele está inserido (**Figura 30**).



**Figura 30** – Planilha em *EXCEL* com dados da temperatura do solo em função do horário e da profundidade medida. Esta medida é do solo do Pantanal.

### 4.2.5 – Aula 5

Após a revisão da aula anterior, buscando relembrar os componentes do saldo de radiação (**Figura 26**). Para a estimativa dos outros componentes do saldo de radiação, foi utilizado o método da razão de Bowen. O método baseia-se na lei da conservação de energia, expressa pela equação de balanço de energia. Constitui-se, basicamente, na partição do saldo de radiação nas densidades dos fluxos de calor latente de evapotranspiração e nas densidades de fluxo de calor sensível do ar e do solo. Bowen (1926) foi o pioneiro nos estudos do balanço de energia sobre uma superfície, considerando próximos, os valores das constantes de difusão turbulenta para as densidades de fluxo de calor sensível e latente. Este autor determinou a razão entre as densidades de fluxo de calor sensível ( $H$ ) e latente ( $LE$ ) emitidos pela superfície de água, durante o processo de evaporação, em função dos gradientes de temperatura e pressão de vapor d'água do ar, observados sobre a superfície, denominando esta relação de razão de Bowen ( $\beta$ ). O passo a passo do método foi demonstrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada. a Figura 32**, a seguir.

**Método da Razão de Bowen**

- Tem como objetivo estimar as densidades de fluxos verticais de calor latente ( $LE$ ) e sensível ( $H$ );
- Baseia-se no balanço de energia da superfície.

**Método da Razão de Bowen**

**Equação do Balanço de Energia**

$$Rn = H + LE + A + G + P + M$$

$$\beta = \frac{H}{LE}$$

$Rn$ : saldo de radiação  
 $H$ : densidade de fluxo de calor sensível  
 $LE$ : densidade de fluxo de calor latente  
 $A$ : densidade de fluxo de calor sensível e latente lateral  
 $G$ : densidade de fluxo de calor no solo  
 $P$ : energia bioquímica armazenada  
 $M$ : energia armazenada pela vegetação  
 $\beta$ : razão de Bowen

**Método da Razão de Bowen**  
Densidades de Fluxo de Calor Latente e Sensível

**Densidade de Fluxo de Calor Latente**

$$q = \frac{m_{vapor}}{m_{ar}} = \frac{e \cdot M_v}{P_a \cdot M_a} = \frac{e \cdot 18}{P_a \cdot 29} = 0,622 \cdot \frac{e}{P_a}$$

Como:

$$P_a = P - e \quad \text{e} \quad P \gg e$$

$$q = 0,622 \cdot \frac{e}{P}$$

**Método da Razão de Bowen**  
Densidades de Fluxo de Calor Latente e Sensível

**Densidade de Fluxo de Calor Latente**

Fazendo:

$$\gamma = \frac{C_p \cdot P}{0,622 \cdot \lambda}$$

A equação de  $LE$  pode ser escrita sob a forma:

$$LE = -\frac{\rho \cdot C_p}{\gamma} \cdot K_{LE} \cdot \frac{\partial e}{\partial z}$$

**Figura 31**– Slides norteadores da discussão sobre o método da razão de Bowen.

Método da Razão de Bowen

### Razão de Bowen

Admitindo que:

$$K_H = K_{LE}$$

A equação da razão de Bowen pode ser expressa por:

$$\beta = \gamma \cdot \frac{\Delta T}{\Delta e}$$

As medidas devem ser feitas separadas de uma altura tanto maior quanto menos sensíveis forem os psicrômetros.

Método da Razão de Bowen

### Razão de Bowen

A pressão de vapor de uma amostra e ar úmido é dada por:

$$e = e_{sat} - \gamma(T - T_n)$$

A pressão de saturação pode ser calculada pela expressão:

$$e_{sat} = 0,6108 \cdot 10^{\left(\frac{7,5T_n}{237,3 + T_n}\right)}$$

A diferença entre tensões de vapor é então:

$$\Delta e = \Delta e_{sat} - \gamma(\Delta T - \Delta T_n)$$

Método da Razão de Bowen

### Razão de Bowen

Substituindo a diferença entre tensões de vapor na equação da razão de Bowen:

$$\beta = \frac{\gamma \Delta T}{\Delta e_{sat} - \gamma(\Delta T - \Delta T_n)}$$

$$\beta = \left[ \frac{\Delta e_{sat} - \gamma \Delta T + \gamma \Delta T_n}{\gamma \Delta T} \right]^{-1}$$

$$\beta = \left[ \frac{1}{\gamma} \frac{\Delta e_{sat}}{\Delta T} - 1 + \frac{\Delta T_n}{\Delta T} \right]^{-1}$$

$$\beta = \left[ \frac{1}{\gamma} \frac{\Delta e_{sat}}{\Delta T_n} \frac{\Delta T_n}{\Delta T} - 1 + \frac{\Delta T_n}{\Delta T} \right]^{-1}$$

Método da Razão de Bowen

### Razão de Bowen

Fazendo:

$$s = \frac{\Delta e_{sat}}{\Delta T_n} = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2}$$

Resulta em:

$$\beta = \left[ \frac{s}{\gamma} \frac{\Delta T_n}{\Delta T} + \frac{\Delta T_n}{\Delta T} - 1 \right]^{-1}$$

$$\beta = \left[ \left( \frac{s}{\gamma} + 1 \right) \frac{\Delta T_n}{\Delta T} - 1 \right]^{-1}$$

Método da Razão de Bowen

## Cálculo dos Fluxos de Calor Latente e Sensível

Pela equação do balanço de energia:

$$LE = \frac{Rn - G}{1 + \beta}$$

Pela equação da razão de Bowen:

$$H = \beta LE$$

**Figura 32** – Continuação dos slides norteadores da discussão sobre o método da razão de Bowen.

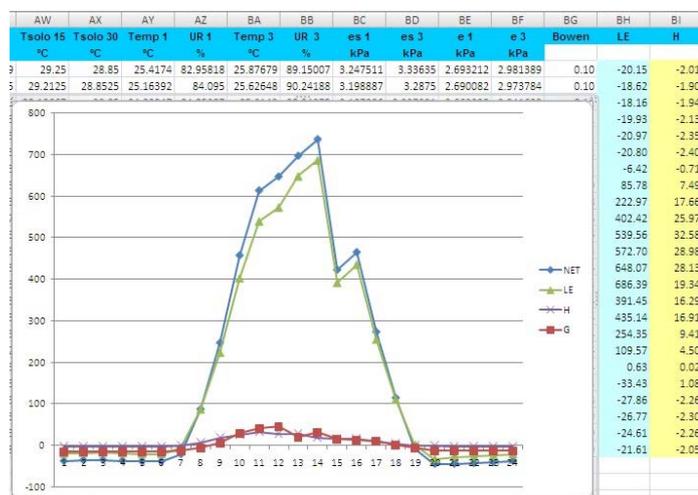
Foi então mostrado aos mestrandos os instrumentos utilizados para se coletar os dados necessários para a razão de Bowen, que neste caso em específico são três psicrômetros, três anemômetros de concha, um NET radiômetro e um fluxímetro (**Figura 33**).



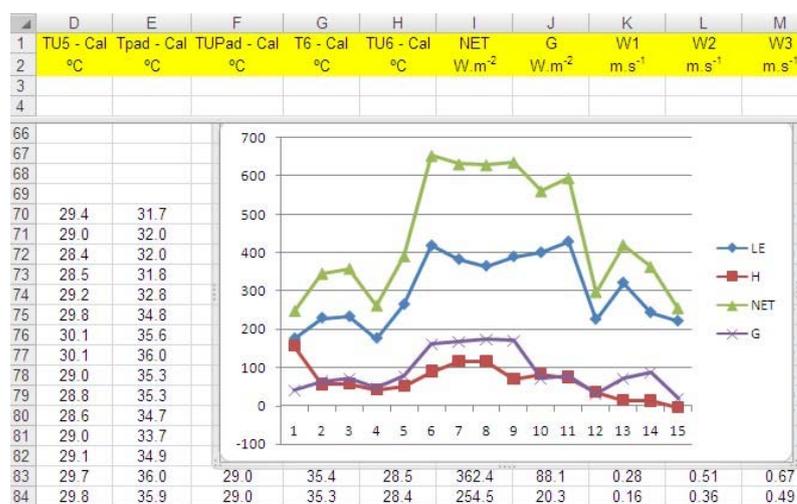
**Figura 33** – Slide norteador da discussão sobre os instrumentos utilizados no método da razão de Bowen. (a) Net radiômetro, (b) Psicrômetros, (c) Anemômetros e (d) fluxímetro.

Foram então fornecidas duas planilhas em formato *EXCEL* com os dados coletados em campo, novamente de dois diferentes ecossistemas, para que os mestrandos pudessem trabalhar com elas.

Utilizando o método da razão de Bowen, foram estimados os fluxos de calor latente e calor sensível do dois ecossistemas (**Figura 34** e **Figura 35**). Foram então gerados gráficos para a visualização dos resultados.



**Figura 34** – Planilhas em *EXCEL* com dados calculados pelo método da razão de Bowen para o ecossistema do pantanal.



**Figura 35** – Planilhas em *EXCEL* com dados calculados pelo método da razão de Bowen para um ecossistema de cultura mono dominante de algodão.

Por fim, com base no que havia sido estudado anteriormente, foi pedido aos mestrandos tecerem os comentários e interpretações sobre os fatores que estariam influenciando o comportamento dos dados com base nos cálculos e gráficos elaborados anteriormente.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As questões abordadas no pré e pós-teste as trazem afirmações acerca de conceitos e fenômenos importantes da termodinâmica que se deseja investigar. Como já foi dito, esses conceitos são importantes para a percepção, reflexão e leitura das questões pertinentes ao meio-ambiente, bem como a elaboração dos planos de pesquisas, interpretações de dados e propostas viáveis para minimizar e/ou solucionar problemas pertinentes. A TAS e a TASC, que são as teorias subjacentes a este trabalho, alertam para o fato de que os conceitos aprendidos significativamente devem ser investigados não com perguntas que privilegiem a memorização, mas através de afirmações, questões ou situações problemas cujas soluções são possíveis se há reflexão, criticidade e um certo domínio conceitual. Apresentar-se-á, então, as tabelas de dados coletados no pré-teste e no pós-teste, bem como a análise gráfica e textual. Cada quadro a seguir, mostra as respostas dos mestrandos às questões do pré e pós-teste (Anexo 1).

Ordenamos os mestrandos pela sua formação. O quadro 1 apresenta esta ordenação. A faixa etária da maioria da turma está entre os 23 e 30 anos, e é relevante ressaltar que, principalmente entre os alunos formados em licenciatura plena em física, a graduação foi concluída recentemente, ou seja, são alunos recém graduados.

**Quadro 1** – Formação do aluno e legenda utilizada nos quadros de resposta.

<b>Formação</b>	<b>Legenda utilizada</b>
Licenciatura Plena em Física	F. (F. 1, F. 2, ..., F. 6, representam os 6 mestrandos licenciados em física participantes)
Licenciatura Plena em Ciências Naturais e Matemática	<i>LCNM</i>
Bacharelado em Geografia	<i>Geog.</i>
Bacharelado em Geologia	<i>Geol.</i>
Bacharelado em Engenharia Civil	<i>Eng. Civ.</i>
Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo	<i>Arq.</i>

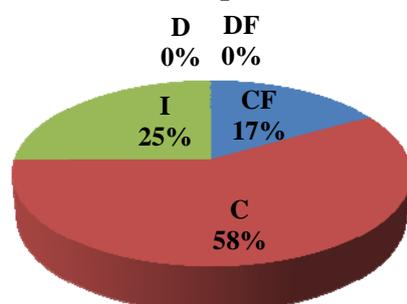
**Questão 1:** Podemos definir energia como uma quantidade física escalar, que pode nos dizer quanto trabalho pode ser realizado por uma força.

**Quadro 2** – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.

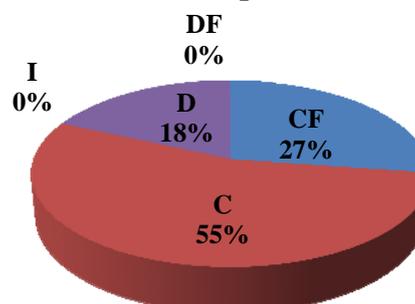
<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	C		C	Podem conceituar energia, acredito ainda ter dificuldades em sintetizar o conceito.
<i>F.2</i>	C	Sim, eu concordo com essa definição de energia. O conceito de energia numa forma ampla é um conceito de difícil definição curta, em livros por exemplo só definem energias específicas, como cinética, potencial, gravitacional, nuclear e entro outros tipos.	CF	Sim, mesmo porque definir energia de uma forma ampla não há como de dissociar de trabalho.
<i>F.3</i>	C		D	Energia -> grandeza física escalar Não se define energia.
<i>F.4</i>	C	Definição de energia?	C	Não há como realizar trabalho, sem energia. Energia pode sim ser definida como uma quantidade física escalar, e para se realizar trabalho precisamos utilizar força.
<i>LCNM</i>	C	A análise adimensional (da energia elétrica, por exemplo) de energia apresenta uma grandeza escalar	C	Através da energia, posso mensurar o trabalho a ser realizado.
<i>Geog</i>	CF		C	Concordo com essa afirmação, pois para que haja determinado trabalho é necessária uma determinada força que será definida a partir da intensidade da energia.
<i>Geol</i>	C		D	Podemos -> Energia como grandeza física. Ao aplicar uma força sobre um determinado corpo você realiza

				trabalho, esse trabalho -> a energia é a grandeza física determinada a partir da aplicação de uma força sobre um corpo realizando trabalho.
<i>Eng. Civ</i>	C		C	Energia é uma grandeza escalar, ou seja, não depende de direção e sentido, apenas da sua intensidade. O trabalho é uma grandeza vetorial. Força é uma grandeza vetorial.
<i>F.5</i>	I	Varição de energia pode ser calculada através de um trabalho realizado por uma força.	CF	Isso mesmo, a energia é a quantidade física escalar, pois não influencia direção e sentido, e nos diz o quanto de trabalho esta armazenado no sistema que pode ser realizado por uma força.
<i>F.6</i>	I	Trabalho é quanto energia um corpo precisa para realizar um deslocamento.	C	Trabalho é quanto de energia é necessária para mover um objeto em um determinado espaço.
<i>Arq.</i>	C		CF	Concordo, a quantidade de energia será a quantidade de trabalho que uma força pode realizar.

Pré-teste - questão 01



Pós-teste - questão 01



**Figura 36** – Respostas da questão 1 ao pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas que discordam. Mas aumentou também o número de pessoas que concordam fortemente.

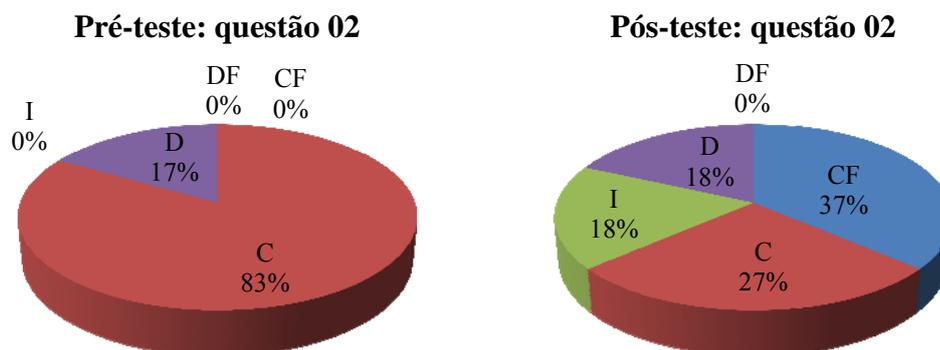
**Análise:** Alguns mestrandos defendem o ponto de vista de que não é possível se definir energia de uma forma genérica, apenas formas específicas de energia. De um modo geral, cada um dos mestrandos parece ter se prendido a um aspecto específico da questão. Alguns se ativeram ao aspecto de que a energia é uma quantidade escalar (LCNM e F5), outros a relação com o trabalho (Geol e Arq). Possivelmente o número de respostas tipo “D” (discordo) seja atribuível a aquisição de um conhecimento mais refinado sobre o conceito de energia, o que torna plausível encontrar falhas na afirmação da questão, como as próprias dificuldades inerentes à conceitualização genérica de energia. Há que se destacar que, no pós-teste, evidencia-se que mestrandos cuja graduação não foi em Física apresentam visões coerentes (Geol, Eng Civ e Arq).

**Questão 2:** Podemos definir temperatura como uma medida da energia cinética média das partículas que compõem o corpo em questão.

**Quadro 3** – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	C		C	Acredito que o conceito de temperatura esteja ligado a um fluxo de energia em que promova a perturbação das partículas de um corpo interagindo com a energia.
<i>F.2</i>	C	Sim. Paulo eu concordo com sua definição rapaz =)	C	Sim, em toda a literatura que já li e ate mesmo no curso de nivelamento essa definição de temperatura e mostrada
<i>F.3</i>	C	Ec média -> equilíbrio térmico. A temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas. E essa energia cinética não tem que ser média.	D	Temperatura -> grandeza física que expressa a agitação das moléculas de um corpo.
<i>F.4</i>	C		CF	Sim, a temperatura depende do grau de agitação das moléculas e uma das maneiras de saber esse grau de agitação é medindo a energia cinética.

<i>LCNM</i>	C	Temperatura: grau de agitação interna das partículas que compõe um corpo.	CF	De fato, o grau de agitação interna das partículas de um corpo é representado como um gradiente de uma escala construída: a temperatura.
<i>Geog</i>	C		I	A temperatura é a medida do calor sensível, que ocorre devido a movimentação das partículas, porém não tenho um conceito tão amplo de temperatura, conforme ela foi definida.
<i>Geol</i>	D		I	Não me lembro.
<i>Eng. Civ</i>	D		D	A energia cinética média das partículas é que pode ser avaliada a partir da temperatura de um corpo. Quanto maior a energia cinética, maior será a temperatura. A temperatura é consequência da energia cinética de um corpo e não o contrario.
<i>F.5</i>	C	$E_c = mv^2/2$	CF	Sim, pois as partículas têm o seu grau de agitação e no sistema elas se chocam e a temperatura é a medida dessa agitação (energia cinética) e ela é média, pois cada molécula tem 1 agitação e o todo é resultado de 1 média.
<i>F.6</i>	C	Ec média -> equilíbrio térmico. A temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas. E essa energia cinética não tem que ser média.	C	Podemos considerar que temperatura é o grau de agitação das moléculas, essa agitação é a energia cinética das partículas movimentando dentro do objeto ou meio em que estamos “medindo”.



**Figura 37** – Respostas da questão 2 ao pré e pós-teste, podemos observar a diminuição no número de pessoas que concordam. Aumentou o número de indiferentes, mas aumenta também os que concordam fortemente.

**Análise:** Com exceção de um aluno (Geol), é aparente que todos eles, após o curso, adquiriram o conceito de que a temperatura está relacionada ao grau de agitação das moléculas (energia cinética das moléculas). Os dados indicam que tal conceitualização foi mérito do mini-curso, uma vez que, no pré-teste, tal relação não se mostra tão evidente. Aparentemente, a maioria dos mestrandos, no pré-teste, marcaram que “C” (concordo) com a afirmação sem ter uma base mais consistente sobre a definição de temperatura, como pode ser constatados nos textos do pré-teste. No pós-teste, os textos evidenciam uma definição microscópica de temperatura significativamente mais consistente do ponto de vista da ciência.

**Questão3:** Para um sistema isolado termodinamicamente, podemos definir

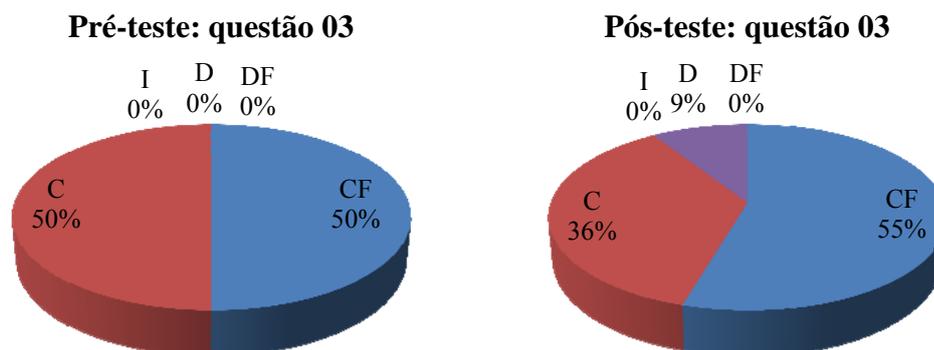
Equilíbrio térmico  $\Leftrightarrow T_A = T_B = T_{equilíbrio}$ , onde  $T_A$  é a temperatura de um corpo  $A$  e  $T_B$  a temperatura de um corpo  $B$ .

**Quadro 4** – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.

Aluno	Pré-teste	Pós- teste
F.1	CF	C Na forma da expressão acredito que esteja correto (teórico), porém haverá sempre uma interação entre os corpos.

<i>F.2</i>	CF	Sim. Se o sistema está isolado ao atingirem o equilíbrio térmico os corpos terão temperaturas iguais. $T_a(\text{final}) = T_b(\text{final}) = T_{eq}$	CF	Sim, pois estando o sistema isolado de sua vizinhança não há troca de matéria ou energia. E esta afirmação esta de acordo com a lei zero da termodinâmica.
<i>F.3</i>	C		C	Para um sistema isolado termodinamicamente, podemos definir : Equilíbrio térmico $\Leftrightarrow T_A = T_B = T_{equilíbrio}$ Onde $T_A$ é a temperatura de um corpo $A$ e $T_B$ a temperatura de um corpo $B$ .
<i>F.4</i>	C		CF	Sim. Temos dois corpos em equilíbrio quando ambos estão com a mesma temperatura ou seja, $T_A = T_B$ , caso contrario não temos equilíbrio térmico.
<i>LCNM</i>	C	Entropia: tendência ao equilíbrio, com fluxo de energia (ou calor) do mais energético para o menos energético.	CF	Isso se, o sistema isolado termodinamicamente contar o corpo A e o corpo B. Dessa forma, os corpos tendem a uma temperatura de equilíbrio.
<i>Geog</i>	CF		C	Concordo com a proposição, porque a temperatura de um corpo é um agente equilibrador, ou seja, independente do valor de $T_a$ e $T_b$ os dois corpos estão em equilíbrio, pois a temperatura regula o corpo tendendo ao equilíbrio.
<i>Geol</i>	C		D	Equilíbrio térmico se dá quando as temperaturas corpo A e de corpo B matem a estabilidade dos sistemas e não $T_a = T_b$ .

<i>Eng. Civ</i>	C		C	Quando dois corpos ou mais que representarem energia térmicas diferentes são colocados em contato, haverá transferência de energia térmica (calor) dos corpos mais energizados para os menos energizados, e ao fim, quando ocorrer o equilíbrio térmico, os corpos apresentam a mesma temperatura, a mesma quantidade de energia.
<i>F.5</i>	CF	Temos o equilíbrio térmico, quando não há variação de temperatura, ou seja, dois corpos A e B precisam estar a mesma temperatura, para que haja equilíbrio térmico.	CF	Sim, pois quando temos corpos com temperaturas diferentes e estes são colocados em um único sistema estes interagem a fim de alcançar um equilíbrio, ocorrendo uma interação na agitação das moléculas e se equilibram alcançando todos uma mesma temperatura.
<i>F.6</i>	C	A grande observação que deve ser feita é isolado e equilíbrio, pois considerando o equilíbrio térmico não haverá troca de energia térmica entre os corpos, além disso o sistema estando isolado.	CF	Sistema isolado sem influência externa. Equilíbrio térmico quando não há troca de energia térmica dos objetos do sistema.
<i>Arq.</i>	CF	Concordo, pois o sistema deve encontrar-se em equilíbrio quando a temperatura dos corpos que compõe o sistema for igual, ou seja, a diferença de temperatura for 0.	CF	Para uma situação de isolamento a afirmação é verdadeira. O equilíbrio é estabelecido a partir do momento que cessam as trocas de energia térmica, quando os dois corpos possuem a mesma quantidade.



**Figura 38** – Respostas da questão 3 do pré e pós-teste. Houve um aumento no número de mestrandos que afirmaram discordar.

**Análise:** Não se percebe diferenças significativas entre as respostas do pré e pós- teste. Os gráficos de pizza apontam que quase a totalidade dos mestrandos concordam com a afirmação, tanto no pré quanto no pós-teste. Possivelmente o conceito de equilíbrio térmico tenha sido construído de maneira coerente ao longo da formação desses aprendizes por via de escolarização, mas também por ser relacionável com suas experiências cotidianas. Por exemplo, quem ao longo da vida, nunca misturou água ou qualquer outro líquido com temperaturas diferentes, a fim de obter uma temperatura adequada para a situação? Contudo, o aluno Geol, parece ter dificuldade com o conceito quando afirma que:

*- Equilíbrio térmico se dá quando as temperaturas corpo A e de corpo B matem a estabilidade dos sistema e não  $T_a = T_b$ . Ou seja, não há correlação entre estabilidade do sistema e a igualdade de temperaturas.*

Algo semelhante ocorre com a resposta Geog:

*- Concordo com a proposição, porque a temperatura de um corpo é um agente equilibrador, ou seja, independente do valor de  $T_a$  e  $T_b$  os dois corpos estão em equilíbrio, pois a temperatura regula o corpo tendendo ao equilíbrio.*

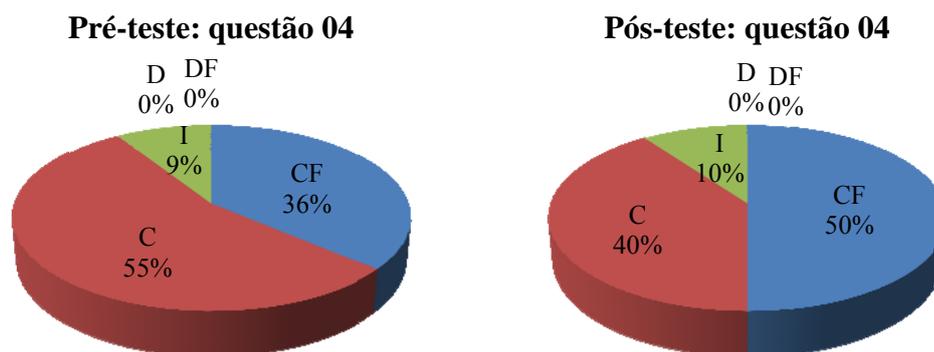
**Questão 4:** Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.

**Quadro 5** – Respostas dos alunos à quarta questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	C	Considerando de maneira simples, é o fluxo de energia do corpo.	C	Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.
<i>F.2</i>	C	Dispensa comentários. (concorda fortemente)	CF	Verdade, por muito tempo os diversos cientistas discutiam sobre essa propriedade chegando a dizer que era intrínseco de um corpo. Atualmente sabemos que a grandeza calor é devido a uma diferença de temperatura entre dois corpos ou até mesmo entre partes de um mesmo corpo, e causa uma transferência de energia térmica.
<i>F.3</i>			C	Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.
<i>F.4</i>	C	Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do	CF	Quando temos dois corpos A e B, com temperaturas diferentes, o calor é definido como a energia térmica que está em trânsito entre eles, ou seja, calor é energia térmica em

		século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.		trânsito.
<i>LCNM</i>	C	O corpo não contém calor, o calor surge no momento em que essa energia entra em trânsito de um corpo para outro.	CF	O termo calor deriva-se de “calórico”, que nos primórdios da termodinâmica acredita-se ser uma substância que entrava e saía dos corpos. Hoje, compreende-se que a energia térmica, sendo transmitida de um corpo para outro é definida como fluxo de calor.
<i>Geog</i>	CF		CF	Concordo fortemente, pois o calor ocorre a partir da movimentação de algo, sendo que o mesmo não pode ser definido como temperatura, sendo que a temperatura é a medida apenas dos calor sensível, deixando de lado o calor latente de oriundo das mudanças de estado, prestando calor e o fluxo energético em determinado corpo.
<i>Geol</i>				Cada molécula possui uma constante térmica e o calor é a sensação de altas de temperatura.
<i>Eng. Civ</i>	C		C	Calor é a energia térmica que flui de um corpo (sistema) para o outro.
<i>F.5</i>	CF	Sim. Por exemplo quando ligamos nosso fogão, estamos transformando energia química em energia térmica ou quando é ligado a uma tomada, estamos transformando energia elétrica em energia térmica	CF	Sim, pois o calor é o nome dado quando ocorre a troca de energia térmica (essa energia está em trânsito). E não é uma propriedade de cada corpo.

F.6	CF	Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.	I	Conceito errôneo, porque calor é uma sensação térmica, subjetiva, sensação de quente ou frio. Calor não possui essa definição, e também não podemos considerar energia térmica em trânsito pois temos os sistemas isolados e em equilíbrio térmico.
Arq.	I	Com certeza, com o avanço das tecnologias muitos conceitos foram postos à prova e corrigidos ou aprimorados. Não posso afirmar com certeza sobre a ultima frase.	C	Concordo com a afirmação da ultima frase. No entanto, não posso afirmar com certeza sobre a primeira pois não é do meu conhecimento.



**Figura 39** – Respostas da questão 4 do pré e pós-teste, podemos observar uma diminuição no número de alternativas “CF”, mas a somatória de “CF” e “C” manteve-se.

**Análise:** o conceito de calor é de difícil compreensão por ter uma concepção fortemente ligada ao senso comum. Embora os gráficos de pizza demonstrem que, tanto no pré quanto no pós-teste, os mestrandos concordem com a afirmação, que é verdadeira, os textos revelam alguns problemas de construção do conceito de calor. Vejamos as seguintes afirmações:

F. 6 – Apesar de concordar com a afirmação no pré –teste, no pós teste passa a inferir que

... é uma sensação térmica, subjetiva, sensação de quente ou frio. Calor não possui essa definição, e também não podemos considerar energia térmica em trânsito pois temos os sistemas isolados e em equilíbrio térmico.

Ou seja, não houve evolução conceitual.

*Geog.* - Concordo fortemente, pois o calor ocorre a partir da movimentação de algo, sendo que o mesmo não pode ser definido como temperatura, sendo que a temperatura é a medida apenas do calor sensível, deixando de lado o calor latente oriundo das mudanças de estado, prestando calor e o fluxo energético em determinado corpo.

*Geol.* - Cada molécula possui uma constante térmica e o calor é a sensação de altas de temperatura.

Nestes casos, além de entender o conceito de calor como algo inerente ao corpo, ainda temos a reificação do conceito de temperatura como uma medida de calor, algo bastante compatível com o senso comum confirmado por nossas sensações. Nos demais casos, as respostas evidenciam a captação do significado do conceito de calor como uma forma de energia em trânsito.

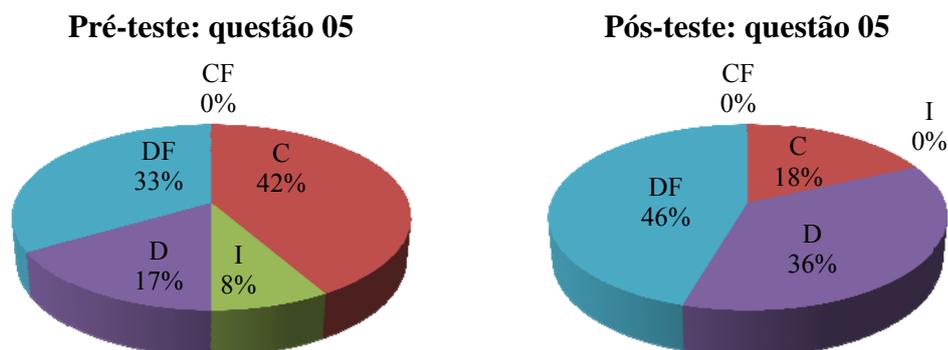
**Questão 5:** O calor passa de um corpo para outro. Isto se deve a quantidade de calor existente em cada um.

**Quadro 6** – Respostas dos alunos à quinta questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	C	Passa = transfere	C	Se o calor é transferido deve-se a diferença de temperatura entre os corpos.
<i>F.2</i>	C	Não, depende da temperatura dos corpos o calor entre eles são o mesmo em módulos.	DF	Não. A transferência ocorre devido a uma diferença de temperatura entre corpos. Mesmo que dois corpos tenham uma energia térmica muito alta mas estiverem a mesma

				temperatura não ocorre a transferência de energia térmica em outras palavras não ocorre calor.
<i>F.3</i>	C	O calor não passa. O que passa de um corpo para outro é a energia térmica.	DF	O corpo não possui calor. Calor é energia térmica em movimento, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.
<i>F.4</i>	D		DF	O calor que “passa” de um corpo para o outro é energia térmica, não existe esse conceito de calor existente em cada um. Calor não é uma propriedade intrínseca dos corpos e sem transição de energia térmica entre dois ou mais corpos.
<i>LCNM</i>	C	Passa de um corpo para outro devido a diferença de $Q^{DE}$ de energia cinética interna de cada corpo.	D	O termo calor deriva-se de “calórico”, que nos primórdios da termodinâmica acredita-se ser uma substância que entrava e saía dos corpos. Hoje, compreende-se que a energia térmica, sendo transmitida de um corpo para outro é definida como fluxo de calor.
<i>Geog</i>	C		C	Concordo, pois se um corpo está mais aquecido que o outro, tende a ceder este calor para o outro, buscando equilíbrio.
<i>Geol</i>	DF		D	O corpo não tem calor, e sim é sensível a variação de temperatura, logo ele é sensível a variação de temperatura quando elevadas = calor quando baixa = frio.

<i>Eng. Civ</i>	DF		D	O calor passa de um corpo para o outro em virtude de os corpos representarem níveis energéticos diferenciados.
<i>F.5</i>	DF	Calor não passa de um corpo para o outro. O calor não é uma propriedade dos corpos.	DF	Não. Pois como foi dito anteriormente, o calor é o nome dado para a energia térmica em trânsito e não o calor passando. O correto é dizer que a energia térmica passa de um corpo para outro. E isto se deve a quantidade de energia térmica existente em cada um.
<i>F.6</i>	DF		D	Considerando erroneamente, calor igual a energia térmica e passa igual a transferência, poderemos considerar que em um sistema isolado termicamente, em que um corpo possui temperatura maior que o outro, em contato, haverá transferência de energia térmica entre eles, até chegar ao equilíbrio.
<i>Arq.</i>	D	A energia é transmitida de um corpo ao outro, de acordo com a diferença de temperatura dos corpos em questão.	DF	Não lembro ao certo se foi trabalhado durante o mini curso ou agora durante as aulas do professor Paraná, mas hoje eu sei que não é o “calor” e sim a energia térmica que é transmitida de um corpo ao outro. O calor é somente uma sensação conseqüente da quantidade de energia que o corpo possui.



**Figura 40** – Respostas da questão 5 do pré e pós-teste, podemos observar a diminuição no número de “C”, e o aumento no número de pessoas que discordam “D” e discordam fortemente “DF”.

**Análise:** A última asserção está errada, contudo o que se apresenta em relação ao pré-teste, é uma evidente insegurança conceitual, como pode ser destacado nas afirmações dos mestrandos com exceção de Arq. Percebe-se também, concepções errôneas acerca dos conceitos *energia cinética interna, energia térmica e temperatura*.

Após a aplicação do pós-teste, há evidências de alguma evolução conceitual nas respostas dadas por F1,F2, F3, F4, F5 e F6. Isso é corroborado pelos gráficos, visto que, no pré-teste, 42% dos mestrandos concordaram com a afirmação, ao passo que, no pós-teste, esse numero se reduziu a 18%. Contudo, Arq, embora tenha respondido corretamente, ao final ainda considera o calor como

*...somente uma sensação conseqüente da quantidade de energia que o corpo possui.*

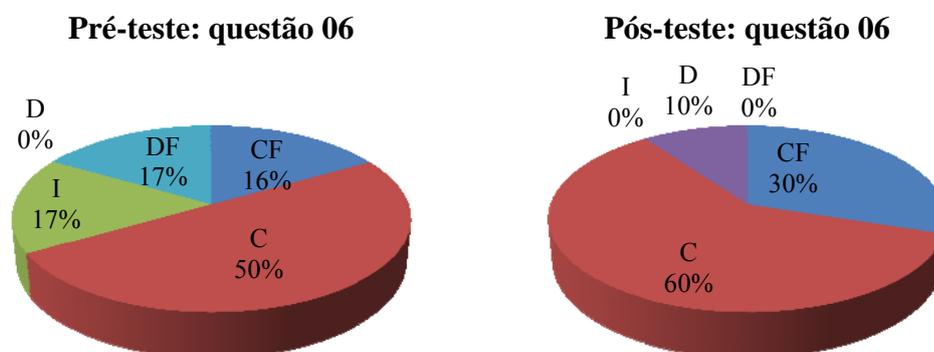
**Questão 6:** Um corpo, ao ceder ou receber energia térmica, pode sofrer uma variação de temperatura e/ou uma mudança no seu estado fisico. Podemos, a partir desta afirmação, definir calor sensível e calor latente.

**Quadro 7** – Respostas dos alunos à sexta questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	CF		C	Calor sensível trata-se apenas a capacidade de um corpo receber ou ceder energia térmica, enquanto o calor latente trata apenas da temperatura de um corpo para mudança ou fase (exemplo líquido para gás).
<i>F.2</i>	CF	Sim, a definição de calor sensível e de calor latente estão bem definidas na questão.	C	Não necessariamente. Um corpo ao ceder ou receber energia térmica, calor, pode: realizar ou sofrer trabalho, aumentar ou diminuir a sua temperatura ou mudar de estado.
<i>F.3</i>	C	Um corpo ao ceder ou receber energia térmica pode sofrer variação de temperatura ou uma mudança no seu estado físico. Mas nunca as duas variações ao mesmo tempo. Afinal quando ocorre mudança no estado físico a temperatura é constante	C	$C = Q/m \times \Delta t \rightarrow$ calor sensível Cal/g °C  $L = Q/m \rightarrow$ calor latente Cal/g
<i>F.4</i>	I	Cada corpo possui sua própria característica, tendo sua latência característica.	C	Sim, podemos definir primeiro calor latente que acontece quando há essa variação da temperatura. E calor sensível vai depender do material para que haja essa mudança no seu estado físico.
<i>LCNM</i>	C	Se ao receber calor, o corpo altera sua temperatura, ele não está em $\theta^{\circ}$ de mudança de fase (com volume e pressão constantes).	C	De fato, essas são as relações que diferenciam calor sensível e calor latente; no entanto, se a energia térmica cedida a um corpo em temperatura de mudanças de fase (calor latente) não for suficiente para essa mudança de fase, o corpo não muda de fase, nem muda de temperatura, até receber mais energia ou emitir.

<i>Geog</i>	DF		CF	Concordo fortemente, pois quando sofre variação na temperatura estamos falando de calor sensível (calor que pode ser medido por instrumentos), quando a mudança de estado, estamos falando de calor latente (calor que não pode ser medido por instrumentos).
<i>Geol</i>	DF			Sensível -> sensível a + temperatura Latente -> mudança estado físico
<i>Eng. Civ</i>			C	Quando um corpo sofre variação de temperatura, o corpo está recebendo ou cedendo calor sensível. Quando o corpo recebe ou ganha calor, mas não há alteração da temperatura, este calor é denominado de latente (a energia é utilizada para promover a mudança de estado físico líquido para gás, gás para líquido, etc.
<i>F.5</i>	DF		D	A definição de calor sensível é quando um corpo ao ceder ou receber energia térmica sofre uma variação de temperatura e a definição de calor latente é quando um corpo ao ceder ou receber energia térmica sofre uma mudança no seu estado físico. Lembrando que não ocorre as duas mudanças (temperatura e estado físico) ao mesmo tempo.

F.6	C		CF	Calor sensível -> mesmo estado físico com mudança de temperatura. Calor latente -> mesma temperatura com mudança de estado físico.
Arq.	I	Concordo com a primeira afirmação, mas não me recordo ao certo sobre os conceitos de calor sensível e latente.	CF	Este foi um conceito abordado na disciplina do professor Paraná, que a variação de temperatura pode ou não acarretar a mudança do estado físico.



**Figura 41** – Respostas da questão 6 do pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas concordantes, “C” e “CF”.

**Análise:** esta é uma afirmação que procura expressar de maneira sucinta as relações entre calor sensível e calor latente com temperatura e mudança de estado das substâncias puras. Verifica-se nas respostas apresentadas no pré-teste que os mestrandos fazem alguma correlação pertinente, ou seja, houve aprendizagem coerente com os conceitos compartilhados pela comunidade científica. Esperava-se que no pós-teste, esses conceitos fossem corroborados e evoluíssem ainda mais. O que de fato se verifica pelas respostas dos mestrandos que fizeram tanto o pré quanto o pós-teste e também pelos gráficos de pizza, que mostram que, no pós-teste, a grande maioria dos mestrandos concorda com a afirmação. Contudo, como os conceitos de calor e temperatura ainda não estão consolidados corretamente do ponto de vista da terminologia há reflexos na resposta de F.1

...enquanto o calor latente trata apenas da temperatura de um corpo para mudança ou fase (exemplo líquido para gás).

**Questão 7:** Com relação às definições de Calor sensível e latente:

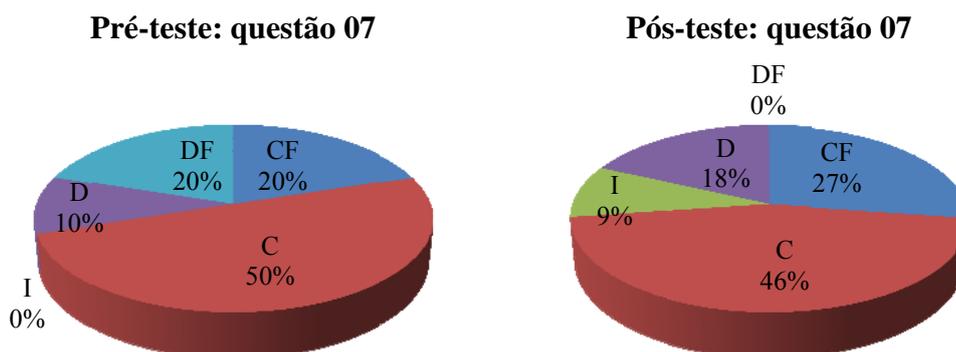
Calor sensível é a quantidade de calor cedido ou absorvido por um corpo e acarreta, exclusivamente, uma variação da temperatura do corpo. Calor latente é a quantidade de calor cedido ou absorvido por um corpo e acarreta, exclusivamente, uma mudança no estado físico do corpo.

**Quadro 8** – Respostas dos alunos à sétima questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	CF	Referente ao calor sensível é a quantidade de energia para variação de temperatura. Calor latente é a quantidade de energia para a mudança de estado.	C	Como definição eu compreendo latente é a temperatura da mudança de estado.
<i>F.2</i>	CF		C	Sim. Com apenas uma dúvida, quando há uma quantidade de calor recebida mas essa energia gera trabalho e não mudança na temperatura ou mudança de fase. O calor sensível se aplica a esse calor também?
<i>F.3</i>	C	A única coisa que está errado é que o calor não é cedido ou absorvido por um corpo e sim a energia térmica. O restante está correto.	C	Calor sensível -> quantidade de energia necessária para variar a temperatura de 1°C numa massa de 1g  Calor latente -> quantidade de energia necessária para (variar) mudar de fase uma massa de 1g.  -> Propriedades de cada substância.

<i>F.4</i>	D		CF	Com certeza. Calor sensível depende do material em questão, então ele vai absorver calor ou ceder calor de acordo com as propriedades do material. E o calor existente depende só da quantidade de calor cedido ou absorvido, para que haja uma mudança no estado físico do corpo.
<i>LCNM</i>	C	Concordo	C	Concordo, mas com as devidas restrições dadas na resposta anterior.
<i>Geog</i>			I	Concordo com as definições de calor sensível e calor latente, porém fico com dúvidas em relação a palavra “exclusivamente” nas definições dos dois conceitos, acredito que não ocorra apenas o que foi explicitado.
<i>Geol</i>	DF		D	Calor latente quando a variação na temperatura acarreta a mudança no estado físico do corpo. Calor sensível é a sensibilidade do corpo em perceber a variação de temperatura.
<i>Eng. Civ</i>			C	Mas não sei dizer se é exclusivamente.
<i>F.5</i>	DF		D	Só que ao invés de ser quantidade de calor o correto é a quantidade de energia térmica. Depois de corrigido o termo o restante está correto. Lembrando que o calor está presente nos dois processos.

F.6	C		CF	
Arq.	C	Se fosse uma questão de prova eu marcaria verdadeiro, mas não posso afirmar com certeza se os conceitos estão certos.	CF	As definições estão corretas, mas não me recordo de terem sido trabalhadas durante o mini curso.



**Figura 42** – Respostas da questão 7 do pré e pós-teste, podemos observar que a somatória de “CF” e “C” praticamente manteve-se. A quantidade de “DF” caiu, e “I” apareceu no pós-teste.

**Análise:** A maioria dos mestrandos não se manifesta textualmente no pré-teste, embora concordem com a afirmação, com exceções (F.3), e, no pós-teste, fica evidente que há dificuldades em lidar com os conceitos de temperatura, calor e energia térmica, embora a maioria assinale “C” e “CF”, como pode ser verificado nas respostas:

*F. 1 - Como definição eu compreendo latente é a temperatura da mudança de estado.*

*Geol. - Calor latente quando a variação na temperatura acarreta a mudança no estado físico do corpo. Calor sensível é a sensibilidade do corpo em perceber a variação de temperatura.*

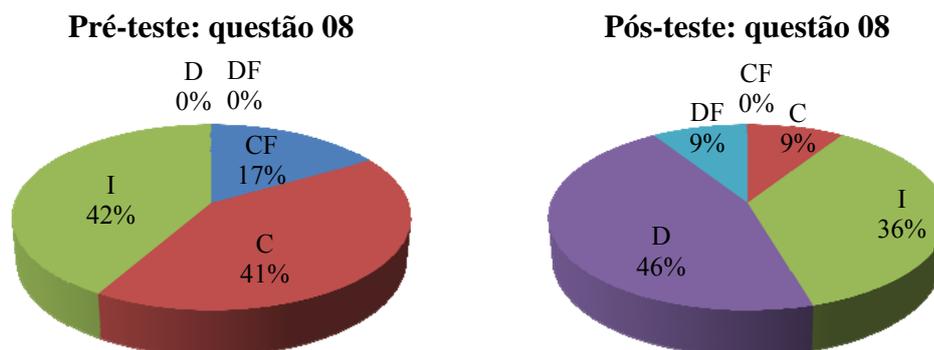
*F. 5 - Só que ao invés de ser quantidade de calor o correto é a quantidade de energia térmica. Depois de corrigido o termo o restante está correto. Lembrando que o calor está presente nos dois processos.*

**Questão 8:** Denominamos “*umidade relativa*” como a quantidade de água presente na mistura do ar atmosférico.

**Quadro 9** – Respostas dos alunos à primeira questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	I		C	Entendo sob um parâmetro referencial.
<i>F.2</i>	I	Creio que é isso mesmo.	I	Na verdade o termo umidade relativa é uma relação entre pressão de vapor atmosférico e concentração de vapor d’água na atmosfera. Que leva a uma estatística da quantidade de concentração de água no ar.
<i>F.3</i>	C	Pois acho que é quantidade de vapor de água (razão entre o que tinha na amostra com o total). Esse total é a quantidade (razão) saturado.	D	Porcentagem de vapor d’água presente na atmosfera.
<i>F.4</i>	I	A partir de uma referencia, pode-se dizer que sim.	I	É um conceito que ainda não é bem familiarizado para mim, preciso rever, e no momento não tenho uma resposta satisfatória.
<i>LCNM</i>	C	A umidade relativa é encontrada com o uso de um psicrômetro, o qual utiliza dois termômetros (bulbo seco e úmido), e a umidade é calculada com base na diferença de $\theta^{\circ}$ entre os termômetros. Devido a isso ela é “relativa” e não absoluta.	D	A umidade relativa é obtida como uso de psicrometros de dois bulbos, seco e molhado, sendo o seco a temperatura REM, e o úmido uma representação do máximo (saturação) de umidade do ar. Da diferença entre os dois calcula-se a umidade “relativa”(estimada) e não a real quantidade de água no vapor atmosférico.

<i>Geog</i>	D		DF	O conceito explicitado se refere a umidade absoluta, a umidade relativa refere-se a quantidade de vapor de água que um determinado volume de ar pode suportar até que haja saturação com uma dada temperatura.
<i>Geol</i>	D		D	Umidade relativa é a variação na concentração de água na mistura do ar atmosférico, por exemplo: umidade 10% muito baixa a seco e 60% ar úmido .
<i>Eng. Civ</i>	I		D	O conceito representado é de umidade absoluta. Umidade relativa é a quantidade de água presente na mistura do ar atmosférico comparada com a máxima quantidade de água que este ar poderia conter (saturação de água no ar).
<i>F.5</i>	C		I	Acredito que é a razão de quantidade de vapor d'água saturado, tipo: $UR = \frac{\text{vapor d'água da amostra}}{\text{vapor d'água saturada}}$
<i>F.6</i>	C		I	
<i>Arq.</i>	C	Concordo, mas acho que além de ser a quantidade de água presente na mistura do ar atmosférico, é preciso citar que o calor é dado em relação à um ar completamente saturado.	D	É a quantidade de água (expresso em %) contida na mistura em relação à quantidade que estaria contida em uma mistura totalmente saturada. Não lembro ao certo também se este conceito foi trabalhado no mini curso. Lembro deste conceito por causa das aulas do professor Marcelo.



**Figura 43** – Respostas da questão 8 do pré e pós-teste, podemos observar a diminuição de “C” e “CF”, o aumento de “D”, e “I” manteve-se expressivo.

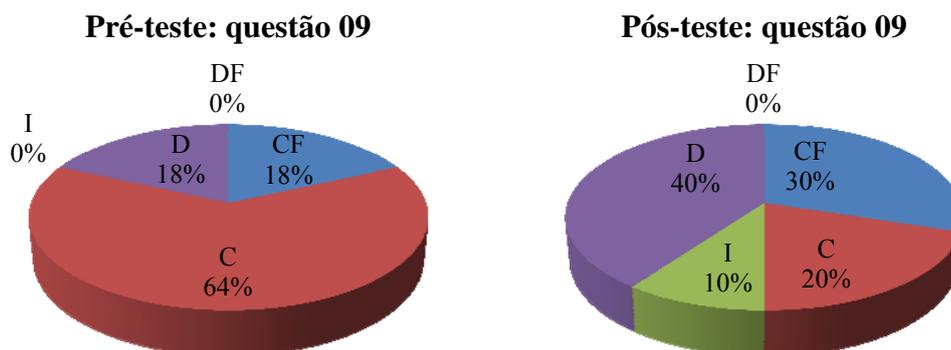
**Análise:** Esta é uma das questões em que as respostas dos mestrandos mais se modificaram do pré para o pós-teste. No pré-teste a maioria dos mestrandos se mostraram concordar com a afirmação (41%) ou indiferentes (42%) – os demais concordaram fortemente. Já no pós-teste, a maioria se mostrou discordar (46%), sendo que apenas 9% concordaram. De fato, a afirmação não é correta pois, embora a umidade relativa dependa da quantidade de água presente no ar, não pode ser definida como essa quantidade. O ponto crucial nessa questão é que a quantidade de água presente no ar é uma quantidade absoluta e não relativa. Diversos mestrandos parecem ter compreendido esse ponto, como, por exemplo, o aluno Geog, que destaca a diferença entre o absoluto e o relativo e aponta corretamente a referência do ponto de saturação de água no ar, bem como sua dependência com a temperatura. Respostas semelhantes foram utilizadas por Eng Civ e Arq. No entanto, ainda persistem algumas más construções conceituais, como Geol, que associa a umidade relativa à variação da concentração de água no ar e F.4 que se confessa ainda não familiarizado com o conceito.

**Questão 09:** Um dos mais importantes estudos no nosso curso é o estudo da energia recebida por nós pelo Sol, que pode ser considerado a única fonte de energia responsável pelos processos físicos, químicos e biológicos que se desenvolvem na atmosfera. Essa transferência de energia se dá através do processo que chamamos irradiação.

**Quadro 10** - Respostas dos alunos à nona questão do pré e pós-teste.

<i>Aluno</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós- teste</i>	
<i>F.1</i>	C		I	Além da energia proveniente do sol, existe também a interação de outros corpos refletindo e transformando a energia proveniente desencadeando outras fontes, como a própria terra remetindo provocando novas reações com outros tipos de irradiação em outro comprimento de ondas.
<i>F.2</i>	C	Sim, pois o que chega do sol aqui na Terra é radiação em varias faixas do espectro.	CF	Sim, é através da irradiação solar que se desenvolve a fotossíntese processo primordial para a vida, seja ele de todas as formas, direta ou indiretamente.
<i>F.3</i>	C	Não é através do processo chamado radiação solar. Irradiação -> irradia	D	O sol é a fonte de energia mais importante. Mas não é a única.
<i>F.4</i>	C	Grande parte se da pela fonte solar porem nem toda.	CF	Toda energia que recebemos do sol se dá pelo processo que chamamos de irradiação, a energia do sol que chega até a terra, sem em todas as direções são mesmo tempo ou seja irradia em todas as direções.
<i>LCNM</i>	CC	“A irradiação é uma forma de transferência de energia “a distancia”.	CF	O sol, através do processo de produção de energia fusão termo-nuclear, emite um espectro de radiação no qual está contida a energia que possibilita os processos físicos, químicos e biológicos pela interação dessas radiações com a matéria. Essas interações são representadas pelas leis de Wozn e Stephann-Boltzmann.

<i>Geog</i>	I		D	Discordo, pois não sei se o termo irradiação tem o mesmo conceito de radiação, porque a transferência de energia do sol para nós ocorre através da radiação.
<i>Geol</i>	D		D	A radiação solar é a grande força matriz “geradora”, desencadeando todos os processos físicos, químicos e biológicos em todo o planeta terra e não só atmosférico.
<i>Eng. Civ</i>	D		D	O processo se chama rotação.
<i>F.5</i>	C		C	É um sinônimo de radiação. Esse processo é o único que transfere energia através do vácuo. Não precisa de meio para se propagar. É por isso que a energia do sol chega até nós (planeta Terra).
<i>F.6</i>	I		I	
<i>Arq.</i>	C	Concordo que o processo de troca de energia com o sol se chama irradiação/radiação. Não estou certa do sol ser a única fonte de energia responsável pelos processos físicos, químicos e biológicos.	C	Na disciplina do Paraná foi trabalhado que do sol até a Terra é de irradiação, mas ao chegar à Terra, a energia sofre interação com a atmosfera e a biosfera, por meio de outros processos como absorção, condução, reflexão, etc.



**Figura 44** – Respostas da questão 9 do pré e pós-teste, podemos observar o aumento no número de pessoas que discordam. Alguns mestrandos se mostraram indecisos “I”.

**Análise:** Nessa questão, também houve diminuição do número de mestrandos que concordam com a afirmação. No pré-teste, 64% dos mestrandos concordaram com a afirmação e 18% concordaram fortemente. No pós-teste, aumentou o número daqueles que concordam fortemente (30%), contudo o número dos que concordam diminuiu para 20%, e os que discordam passou de 18 para 40%. A questão, embora correta na maior parte de suas afirmações, não pode ser considerada verdadeira no aspecto da exclusividade do Sol como fonte de energia da atmosfera. De um modo geral, os textos demonstram que os mestrandos, após o mini-curso, compreender o processo de transferência da energia do Sol para a atmosfera. Contudo, ainda persistem algumas más construções, como a diferença entre radiação e irradiação (Geog e F.5) e até mesmo com relação ao conceito de rotação (Eng Civ).

Junto da aplicação do pós-teste, foram feitas aos mestrandos três questões referentes ao curso, para sabermos as opiniões com relação ao aproveitamento deles com o curso e sobre a metodologia utilizada. Os quadros seguintes mostram estas opiniões.

**Questão 1:** O curso de nivelamento contribuiu para a evolução das respostas do pré-teste para o pós-teste?

**Quadro 11** – Respostas dos alunos à primeira questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia.

<i>Aluno</i>	<i>Opinião</i>
<i>F.1</i>	Acredito que não são tão pontuais para servir como referencia para responder os enunciados.
<i>F.2</i>	Sim o curso contribuiu para minha percepção a respeito de alguns aspectos, mas como minha formação foi em fisica já tinha muito familiaridade com os assuntos tratados, acho que em meus amigos com formação ou com a muito tempo de formado esse nivelamento ajudou ainda mais.
<i>F.3</i>	
<i>F.4</i>	Acredito que o curso de nivelamento contribui sim para evolução das respostas, pois estimula o aluno a buscar novas respostas ou melhorar a resposta.
<i>LCNM</i>	
<i>Geog</i>	
<i>Geol</i>	
<i>Eng. Civ</i>	
<i>F.5</i>	De certa forma sim. Pois alguns dos conceitos abordados eu já tinha estudado, mas esquecido ou meio incompleto. Logo com o curso esses conceitos ficaram mais fortes e até vi aplicações deles.
<i>F.6</i>	Com absoluta certeza, pois alguns conceitos pouco tivemos, outros não tivemos, facilitando no entendimento do curso como um todo.

<i>Arq.</i>	Para algumas questões sim, outras eu soube responder por causa da disciplina do professor Paraná.

**Questão 2:** É importante propor um curso de nivelamento?

**Quadro 12** – Respostas dos alunos à segunda questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia.

<i>Aluno</i>	<i>Opinião</i>
<i>F.1</i>	É extremamente importante a idéia de nivelamento, trata-se de uma abordagem preparatória de vários temas que iremos estudar com maior profundidade, também nas da condições de conhecer o que se espera do curso, suas propostas, as dificuldades, a colaboração esperada dos que estão fazendo o curso, impressões de pessoas que passaram pelo inicio etc...
<i>F.2</i>	É importantíssimo, pois como o nome já diz é um nivelamento, como se trata de um curso multidisciplinar há pessoas que não tem uma familiarização com a física que é muito importante para nosso curso.
<i>F.3</i>	Sim. Pois existem conceitos que são fundamentais para o curso, e suas corretas interpretações as vezes nos escapam.
<i>F.4</i>	É muito importante o curso de nivelamento, eu surgiria que o curso tivesse pelo menos 15 dias de duração, que trabalhasse termodinâmica e um pouco de conceitos como solo, atmosfera etc, de forma simples para que os alunos possam a partir daí, ter um direcionamento para quais conceitos ele já deve buscar para iniciar o curso. Acredito que esse direcionamento ajudaria aos alunos calouros, como os professores também na introdução dos conteúdos.
<i>LCNM</i>	

<i>Geog</i>	Acredito que seja importantíssimo esse curso, pois vários conceitos que foram abordados não tenho conhecimento suficiente para defini-los, e esse curso pode proporcionar um maior entendimento destes conceitos, por exemplo, vários colegas tem depois do curso um entendimento maior ou melhorado, do que em relação ao que tinham antes do curso.
<i>Geol</i>	Sim, pois conceitos importantes para a compreensão do conteúdo tratado na disciplina já não fazem parte do cotidiano dos alunos.
<i>Eng. Civ</i>	Sim é importante para que as pessoas possam se informar e estudar os conceitos que se não utilizados nas disciplinas do curso de mestrado e doutorado, visto que muitos alunos não são da área de física (representam formação em outra área). Só não concordo com o termo “nivelamento”, que deve ser trocado por um outro mais certo.
<i>F.5</i>	Sim. Mas acho que deveria ser na semana que inicia o curso e não antes. Pois as vezes já tínhamos compromissos inadiáveis para entrar no curso sem nada pendente. Não acho que seria uma perda e sim um ganho. Afinal tem colegas que são de outros lugares e só vem para o inicio das aulas.
<i>F.6</i>	Sim, facilita para nos deixar a par no curso como um todo.
<i>Arq.</i>	Com certeza mais que absoluta! O próprio mestrado propõe a interdisciplinaridade como forma de enriquecimento das questões. Eu, que não tive formação em física, sinto que não tenho uma base sólida em diversos conceitos e “domínio” somente a parte de física que é trabalhada nas questões de conforto ambiental no meu caso.

**Questão 3:** Como foram as aulas? Críticas / sugestões quanto aos temas e abordagem metodológica aplicada.

**Quadro 13** – Respostas dos alunos à terceira questão relativa a opiniões dos alunos a respeito do curso e da metodologia.

<i>Aluno</i>	<i>Opinião</i>
<i>F.1</i>	As informações foram amplas diversificada e que entendo que deveria ter mais literatura e um intervalo para com os tópicos relevante serem revistos para haver maior interação até com os outros participantes. Nivelar a ferramenta usada (equipamentos,

	softwares) grau de entendimento significativo de modelos matemáticos ou aplicação dos mesmos coleta dos dados para aplicar nas planilhas e resultados de seus gráfico e melhor entendimento na pratica.
<i>F.2</i>	Foram boas, foi usado muita multimídia e no laboratório de informática importantíssimo, pois já tivemos contato com dados que vamos usar muito ainda.
<i>F.3</i>	
<i>F.4</i>	As aulas foram tranquilas, o professor Paulo domina o conteúdo, mas fala muito baixo e da aula sentado, isso dificulta ouvir o que ele diz. Os temas abordados são de grande importância para nós ao longo do nosso curso; termodinâmica, solo, etc. Na metodologia ele utilizou aula expositiva, com datashow, usou um programa também que simulava o sol, muito bem elaborado. A única critica é a questão da postura dele mesmo, um palestrante ou expositor numa aula ou palestra, não fica bem fazer a exposição sentado, ainda mas quando tem o tom de voz relativamente baixa.
<i>LCNM</i>	
<i>Geog</i>	
<i>Geol</i>	
<i>Eng. Civ</i>	
<i>F.5</i>	No inicio achei muito solta. Parecia que não iria ter coesão. Mas depois vi que é uma diferença boa, pois nos induz a ir procurar (buscar) conhecimento de algo e não tudo “mastigado”. Quanto a metodologia aplicada, foi muito boa, dinâmica e saiu do quadro negro que cansa mais. Os slides conseguiram chamar a atenção e quando fomos montar gráficos cimos que aprendemos muitos conceitos de forma mais rápida e eficaz. Pois esta vendo como se comportar na pratica e assim buscamos os porquês com mais interesse.
<i>F.6</i>	Enriquecedoras, poderia ter sido disponibilizado uma apostila anterior ao curso para que pudéssemos acompanhar prestando o máximo de atenção.

---

<i>Arq.</i>	<p>As aulas foram boas, no entanto, no meu caso por exemplo fiquei muito perdida e achei que foram abordados conceitos um pouco “avançados” por se tratar de um mini curso básico, de nivelamento. Senti falta dos conceito serem “traduzidos” para uma linguagem mais palpável e simples, mais “leiga”, para que pessoas que não tiveram formação em física compreenderem mais facilmente. Acho que o mini curso deveria ser mais voltado para a aprendizagem dos conceitos básicos mesmo que serão necessários nas aulas e também para um lado de aplicação mais prática, por exemplo, mostrando quais são as possibilidades de pesquisas que podem ser desenvolvidas nessa área de física ambiental para os diversos tipos de formação, para que o aluno já comece a pensar em termos de aplicação dos conceitos. Poderia ser apresentado um “resumo”, uma “pincelada” nas dissertações já desenvolvidas, etc.</p>
-------------	---

---

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já discutido, este trabalho foi motivado pela observação, tanto como aluno, quanto em conversas com professores e colegas de curso, de uma dificuldade conceitual acentuada em conceitos que são básicos para a vida acadêmica dos ingressantes no PPGFA. Estes mestrandos apresentam uma diversidade de formações acadêmicas (vide **Quadro 1**).

A aceitação ao curso foi satisfatória, conforme opiniões transcritas nos quadros **Quadro 12** e **Quadro 13**. Certamente, os mestrandos que o frequentaram ainda terão que amadurecer cognitivamente os novos conceitos que lhes foram apresentados.

Os resultados teste trabalho apontam que alguma atenção deve ser dada aos conceitos que se mostraram corresponder a um processo mais complexo de construção, levando a insegurança ou mesmo a concepções alternativas, como é o caso, conforme constatado neste trabalho, do conceito de umidade relativa (em contraposição à quantidade absoluta de vapor d'água no ar), de irradiação e, sobretudo, de calor. Pode-se observar uma íntima relação dos conceitos com as vivências diárias dos mestrandos, então é plausível haver uma estreita dependência entre os conceitos e a linguagem cotidiana utilizada. Considerando este aspecto, pudemos verificar tal fato também com a nossa amostra, quando da análise das respostas fornecidas pelos mestrandos frente às questões que foram propostas.

Conceito de calor se apresenta como de difícil construção ao passo que o conceito de equilíbrio térmico parece não suscitar dificuldades de construção significativas. Ironicamente, a aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio pode representar um obstáculo para a disciplina do mestrado *Teoria da Complexidade*, já que esta trata de sistemas reais, que não se encontram em equilíbrio. Certamente os mestrandos ainda terão de amadurecer cognitivamente os novos conceitos, podemos dizer que os mestrandos se encontram na fase de assimilação e retenção – na perspectiva ausubeliana –, onde os novos conceitos ou idéias vistos durante o minicurso competirão em relevância e poder explicativo com os subsunçores prévios que lhes eram presentes na estrutura cognitiva.

---

Finalmente, tais resultados podem representar um retorno imediato para o PPGFA da UFMT, uma vez que um maior cuidado com os conceitos críticos identificados neste trabalho pode ser abordado nas disciplinas deste programa de Pós-Graduação.

---

## 7. BIBLIOGRAFIA

### 7.1 BIBLIOGRAFIA CITADA

ARNOLD, M., MILLAR, R. **Children's and lay adult's views about thermal equilibrium.** International Journal of Science Education, v. 16, n. 4, p. 405-419, 1994.

ARNOLD, M., MILLAR, R. **Learning the scientific story: A case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics.** Science Education, v. 80, n.3, p. 249-281, 1996.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212p. 2000.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BOGDAN. R., KIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação.** Porto: Porto Editora, 1994. 335 p.

CARRILHO SOBRINHO, F. J. **Análise de livros didáticos do nível médio quanto a potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de física ambiental.** 2009. 218f, Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, 2009.

GIL-PÉREZ, Daniel. **Tres paradigmas basicos en la enseñanza de las ciencias.** Enseñanza de las Ciencias, v.1(1), p. 26-33, 1983.

LOPES, A. O. Aula expositiva: superando o tradicional. In: VEIGA, I. P. A. **Técnicas de ensino: por que não?** Campinas: Papirus, 1993. p. 46.

---

MARTINS, R. L. C. **A Utilização de Mapas Conceituais no Estudo de Física no Ensino Médio: uma proposta de implementação.** 2006, 188f, Dissertação (Mestrado). UNB. Brasília. 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Subversiva.** Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, Portugal. 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

PAULO, I. J. C. **A Aprendizagem Significativa Crítica de Conceitos da Mecânica Quântica Segundo a Interpretação de Copenhagen e o Problema da Diversidade de Propostas de Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.** 2006, 235f, Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Departamento de Didáticas Específicas, UNIVERSIDAD DE BURGOS, Burgos, 2006.

PAULO, I. J. C., MOREIRA, M. A. **Abordando Conceitos Fundamentais de Mecânica Quântica no nível médio.** Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, São Paulo, v. 4, p. 63 - 73, maio 2004.

RINALDI, C. **Características do perfil atual e almejado do professor de Ciências de Mato Grosso: subsídios para o estabelecimento do status epistemológico da Educação Ética.** 2002. 148f, Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação, UFMT, Cuiabá, 2002.

WALLACE, J. M., HOBBS, P. V. **Atmospheric science: an introductory survey.** Elsevier. 505p. 2006.

---

---

## 7.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AUSUBEL, D. P.; **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

FILHO, A. G.; TOSCANO, C.; **Física & Realidade** – São Paulo: Editora Scipione, 2002. – (Série Parâmetros).

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.; **Aprendizagem Significativa, A Teoria de David Ausubel** - Editora Moraes - São Paulo (1982).;

MOREIRA, M. A.; **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, M. A.; **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983, p. 1-189.

NOVAK, J. D.; GOWIN, R.; (1984) – **Aprender a Aprender** – Plátano Edições Técnicas – Lisboa. Página 23.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C.; (1969) – **Teaching as a subversive activity** – New York – Dell Publishing Co.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; **Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula** – **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 3: p. 383-396, dez. 2008.

TAVARES, R.; (2008) – **Aprendizagem significativa e o ensino de ciências**. Ciências e Cognição. Páginas: 13, 94-100. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, F. A.; **Física II – Termodinâmica e Ondas**. 10ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006.

---

## ANEXOS

### Anexo 1 – Modelo do pré e pós-teste aplicado com os alunos.

<b>Nome:</b> <b>Formação:</b>															
<b>Questionário</b>															
<p>A seguir, aparecem algumas afirmativas sobre alguns conceitos físicos que consideramos essenciais para o início do curso. Em cada uma das alternativas, você pode posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância segundo a seguinte escala:</p>															
<table border="1" style="float: right; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Concordo Fortemente</td> <td style="padding: 2px 5px;"><b>CF</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Concordo</td> <td style="padding: 2px 5px;"><b>C</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Indeciso</td> <td style="padding: 2px 5px;"><b>I</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Discordo</td> <td style="padding: 2px 5px;"><b>D</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Discordo Fortemente</td> <td style="padding: 2px 5px;"><b>DF</b></td> </tr> </table>					Concordo Fortemente	<b>CF</b>	Concordo	<b>C</b>	Indeciso	<b>I</b>	Discordo	<b>D</b>	Discordo Fortemente	<b>DF</b>	
Concordo Fortemente	<b>CF</b>														
Concordo	<b>C</b>														
Indeciso	<b>I</b>														
Discordo	<b>D</b>														
Discordo Fortemente	<b>DF</b>														
<p>Assinale o seu posicionamento em cada uma das afirmativas. Em cada uma delas, redija um pequeno texto com possíveis correções (caso existam) ou comentários pessoais.          Evite marcar muitas vezes INDECISO</p>															
Podemos definir energia como uma quantidade física escalar, que pode nos dizer quanto trabalho pode ser realizado por uma força.	CF	C	I	D	DF										
Podemos definir temperatura como uma medida da energia cinética média das partículas que compõem o corpo em questão.	CF	C	I	D	DF										
Para um sistema isolado termodinamicamente, podemos definir Equilíbrio térmico $\Leftrightarrow T_A = T_B = T_{equilíbrio}$ Onde $T_A$ é a temperatura de um corpo A e $T_B$ a temperatura de um corpo B.	CF	C	I	D	DF										
Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é definido como energia térmica em trânsito.	CF	C	I	D	DF										

O calor passa de um corpo para outro. Isto se deve a quantidade de calor existente em cada um.	CF	C	I	D	DF
Um corpo, ao ceder ou receber energia térmica, pode sofrer uma variação de temperatura e/ou uma mudança no seu estado físico. Podemos, à partir desta afirmação, definir calor sensível e calor latente.	CF	C	I	D	DF
Com relação às definições de Calor sensível e latente: Calor sensível é a quantidade de calor cedido ou absorvido por um corpo e acarreta, exclusivamente, uma variação da temperatura do corpo. Calor latente é a quantidade de calor cedido ou absorvido por um corpo e acarreta, exclusivamente, uma mudança no estado físico do corpo.	CF	C	I	D	DF
Denominamos “umidade relativa” como a quantidade de água presente na mistura do ar atmosférico.	CF	C	I	D	DF
Um dos mais importantes estudos no nosso curso é o estudo da energia recebida por nós pelo Sol, que pode ser considerado a única fonte de energia responsável pelos processos físicos, químicos e biológicos que se desenvolvem na atmosfera. Essa transferência de energia se dá através do processo que chamamos irradiação.	CF	C	I	D	DF