



Universidade Federal do Rio de Janeiro

**USO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO  
PROPOSTA DE INOVAÇÃO CURRICULAR PARA O ENSINO  
DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Alexandre Neves Louzada  
professorlouzada@globocom

Orientadores: Ph.D. Marcos da Fonseca Elia  
Ph.D. Fábio Ferrentini Sampaio

Área de Pesquisa:  
Informática Educação e Sociedade



Instituto de Matemática



Instituto Tércio Pacitti de Aplicações  
e Pesquisas Computacionais



**ALEXANDRE NEVES LOUZADA**

**USO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO PROPOSTA DE  
INOVAÇÃO CURRICULAR PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO  
MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, do Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientadores: Ph.D. Marcos da Fonseca Elia  
Ph.D. Fábio Ferrentini Sampaio

**RIO DE JANEIRO  
2012**

L895 Louzada, Alexandre Neves

Uso da modelagem computacional como proposta de inovação curricular para o ensino de física no ensino médio. / Alexandre Neves Louzada.—Rio de Janeiro:UFRJ, 2012.

128 f.: Il.

Orientadores: Marcos da Fonseca Elia; Fábio Ferrentini Sampaio  
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti 2012.

1. Informática na Educação. 2. Modelagem Computacional.  
3. Inovação Curricular. 4. Ensino médio.- Teses. I. Elia, Marcos da Fonseca (Orient.). II. Sampaio, Fábio Ferrentini (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais.  
IV. Título

CDD

**ALEXANDRE NEVES LOUZADA**

**USO DA MODELAGEM COMPUTACIONAL COMO PROPOSTA DE  
INOVAÇÃO CURRICULAR PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO  
MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, do Instituto de Matemática e Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovada em: Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 2012.

---

Ph.D. Marcos da Fonseca Elia (PPGI/UFRJ)  
(Orientador)

---

Ph.D. Fábio Ferrentini Sampaio (iNCE e PPGI/UFRJ)  
(Orientador)

---

D.Sc. Claudia Lage Rebello da Motta (iNCE e PPGI/UFRJ)

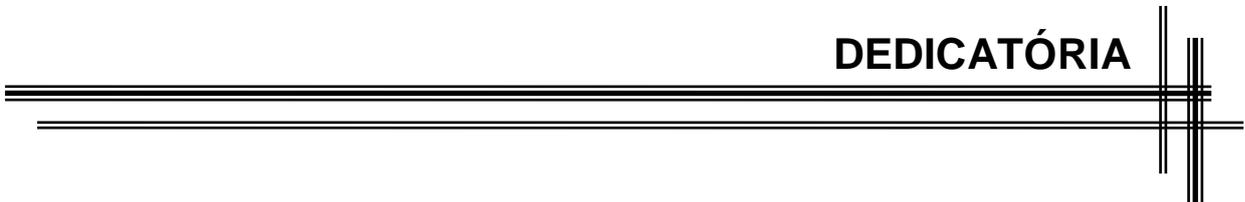
---

Ph.D. Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar (IF/UFRJ)

---

Ph.D. Laércio Ferracioli (PPGEnFiS/UFES)

## DEDICATÓRIA



Dedico este trabalho aos meus pais, à minha esposa Elizabeth  
Pereira Louzada e ao meu filho Tiago Pereira Louzada.

## AGRADECIMENTOS



A oportunidade de participar deste curso foi uma experiência extremamente valiosa. A convivência com os colegas de curso, os professores e demais profissionais desta instituição me proporcionaram oportunidades de crescimento que vão além do aspecto acadêmico. Assim, alguns agradecimentos são indispensáveis.

Sou muito grato ao professor Marcos Elia, não apenas por sua orientação, mas também pelo seu exemplo de dedicação, competência, generosidade e humildade. É uma honra muito grande poder dizer que fui seu aluno.

Ao professor Fabio Ferrentini, por me orientar neste trabalho e por toda a sua contribuição para meu desenvolvimento profissional. Antes me sentia privilegiado por assistir suas palestras e ler seus artigos. Agora me sinto honrado pela convivência e pelas suas aulas.

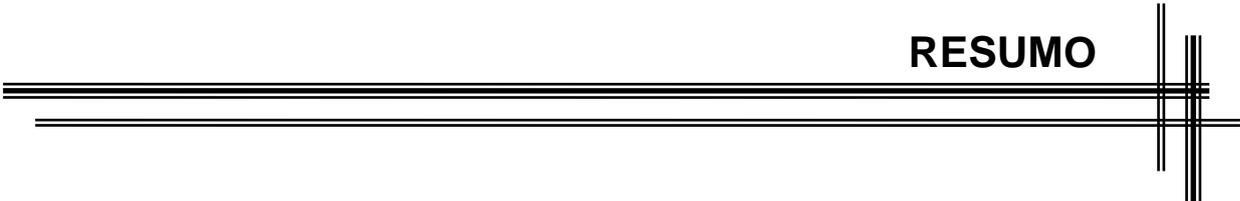
Aos professores Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar, Claudia Lage Rebello da Motta e Laércio Ferracioli pela participação na banca examinadora deste trabalho de pesquisa.

Aos colegas da FAETEC e da Unigranrio que de alguma forma colaboraram para que eu pudesse fazer este curso tão importante pra mim.

A todos os colegas do curso. Foi uma convivência muito prazerosa e enriquecedora poder trocar tantas experiências, aprendendo novas coisas a cada encontro. Que nossa amizade perpetue e que nos encontremos em outros cursos, simpósios ou eventos que tivermos pela frente.

A todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta caminhada.

## RESUMO



LOUZADA, Alexandre Neves. **Uso da modelagem computacional como proposta de inovação curricular para o ensino de física no ensino médio**. 2012. 000 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Este trabalho tem por objetivo adaptar e testar em uma escola pública brasileira o modelo de avaliação “ACE”, desenvolvido por Borkulo especificamente para ser aplicado em um processo de ensino-aprendizagem envolvendo a modelagem computacional. Este modelo lida com diferentes tipos de raciocínio envolvidos em duas dimensões. Além de adaptar o modelo e de introduzir novos procedimentos metodológicos e instrumentos de observação e de análise, nossos resultados mostraram que o modelo ACE é mais efetivo na discriminação dos alunos que estão na parte superior e inferior da escala de habilidades de raciocínio científico, quando comparados aos testes escritos.

## ABSTRACT

---

---



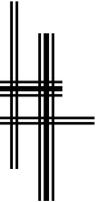
LOUZADA, Alexandre Neves. **Uso da modelagem computacional como proposta de inovação curricular para o ensino de física no ensino médio**. 2012. 000 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

The main aim of this work is adapting and testing in a Brazilian public school the ACE model of evaluating student performance, proposed by Borkulo, to be used in a teaching-learning process involving computer modeling systems. This model deals with different types of reasoning in two dimensions. Besides to adapt the model and to introduce innovative methodological procedures and instruments for collecting and analyzing data, our main results showed that the ACE model is superior for discriminating the students on the top and bottom of the ability scale of scientific reasoning, when compared to written tests.

## LISTA DE FIGURAS

---

---

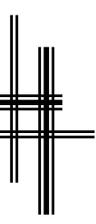


<b>Figura 1</b> - O1: Pré-teste, O2, O3, O4, O5: Provas bimestrais	31
<b>Figura 2</b> – Modelo ACE	36
<b>Figura 3</b> – Diagrama causal sobre o domínio “aquecimento global”	36
<b>Figura 4</b> – Percentual de respostas científicas obtidas pelos estudantes	46
<b>Figura 5</b> – Etapas da proposta pedagógica	49
<b>Figura 6</b> – Ambiente Jlinklt.	51
<b>Figura 7</b> – Etapas da proposta pedagógica	56
<b>Figura 8</b> - Dilatômetro no Laboratório de Física	66
<b>Figura 9</b> . Diagrama causal do dilatômetro.	66
<b>Figura 10</b> - Modelo do dilatômetro no Jlinklt.	68
<b>Figura 11</b> - Comparação entre os níveis de respostas científicas para as nossas amostras (indicadas por setas) e as amostras de Yeo Zadnik	74
<b>Figura 12</b> - Desempenho dos alunos por tipo de questão em diferentes provas	81

## LISTA DE QUADROS

---

---



<b>Quadro 1</b> – Exemplos de ambientes de modelagem	25
<b>Quadro 2</b> – Estudos acadêmicos com o ambiente WlinkIt	29
<b>Quadro 3</b> – Distribuição do material instrucional utilizado no estudo.	32
<b>Quadro 4</b> – Cronograma das atividades utilizadas no estudo.	32
<b>Quadro 5</b> – Exemplo de questão da categoria “aplicar simples”.	37
<b>Quadro 6</b> – Exemplo de questão da categoria “aplicar complexo”.	37
<b>Quadro 7</b> – Exemplo de questão da categoria “avaliar simples”.	38
<b>Quadro 8</b> – Exemplo de questão da categoria “avaliar complexo”.	38
<b>Quadro 9</b> – Exemplo de questão da categoria “criar simples”.	39
<b>Quadro 10</b> – Exemplo de questão da categoria “criar complexo”.	39
<b>Quadro 11</b> – Exemplo de questões da categoria “reproduzir (R)”.	40
<b>Quadro 12</b> - Concepções alternativas em física térmica (adaptado de Yeo e Zadnik, 2001)	43
<b>Quadro 13</b> – Trecho do questionário (Yeo e Zadnik, 2001)	44
<b>Quadro 14</b> – Alunos australianos submetidos ao instrumento.	45
<b>Quadro 15</b> – Etapas da proposta pedagógica	52
<b>Quadro 16</b> – Etapas do treinamento com os alunos.	53
<b>Quadro 17</b> – Conteúdos e recursos didáticos associados.	55
<b>Quadro 18</b> – distribuição das turmas.	60
<b>Quadro 19</b> – Instrumento adaptado com as questões e opções de resposta	61
<b>Quadro 20</b> – Instrumento adaptado com as questões e opções de resposta	62
<b>Quadro 21</b> – Respostas do aluno por questão	63
<b>Quadro 22</b> - Matriz de referência das provas trimestrais.	64
<b>Quadro 23</b> – Questões do instrumento ACE para o tema dilatômetro.	67
<b>Quadro 24</b> – Respostas do aluno por questão na atividade dilatômetro.	68
<b>Quadro 25</b> – Desempenho dos alunos na atividade dilatômetro.	68
<b>Quadro 26</b> – Matriz de referência para o questionário de avaliação dos alunos.	69

<b>Quadro 27</b> - Índice de consistência interna (alfa de Cronbach) para as dimensões A,B,C e D e científicas.	73
<b>Quadro 28</b> - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas A,B,C, D e científicas.	74
<b>Quadro 29</b> - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas A.	75
<b>Quadro 30</b> - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas B.	76
<b>Quadro 31</b> - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas C.	77
<b>Quadro 32</b> - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas D.	78
<b>Quadro 33</b> - Desempenho médio % por conjuntos de questões e provas aplicadas tomadas separadamente	79
<b>Quadro 34</b> - Desempenho médio % por conjuntos de questões e provas aplicadas tomadas separadamente	82
<b>Quadro 35</b> – Atividades ACE na modalidade “Criar – Complexo”.	83
<b>Quadro 36</b> - Consistência: ACE (A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> ) vs. Habilidade (A, C e E) vs. contexto (Simples, Complexo),	84
<b>Quadro 37</b> - Resultados da análise de discriminância: provas tradicionais vs. Avaliações ACE para diferentes pontos de corte (40%, 60% e 80%)	86
<b>Quadro 38</b> - Resultados da análise do questionário de avaliação dos alunos	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

---



ACE	Apply, Create, Evaluate
ACOT	Apple Classroom of Tomorrow
CC-SUSTAIN	Cross-Curricular Systems Using STELLA: Training and INservice
DYNAMO	Dynamic Models Simulation
FAETEC	Fundação de Apoio à Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro
GC	Grupo de Controle
GEA	Grupo Experimental A
GEB	Grupo Experimental B
GINAPE	Grupo de Informática Aplicada à Educação
NSF	National Science Foundation
STACIN	Systems Thinking and Curriculum Innovation Network
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Motivação e Justificativas .....	18
1.2	Apresentação ou Definição do Problema.....	19
1.3	Objetivos.....	21
1.4	Hipóteses.....	21
1.5	Questões de Pesquisa.....	21
1.6	Organização da Dissertação.....	22
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	23
2.1	Modelagem Dinâmica e Educação .....	24
2.2	Projetos Didáticos com Modelagem Dinâmica.....	25
2.2.1	Projeto STACIN.....	26
2.2.2	Projeto CC-SUSTAIN .....	27
2.2.3	Projeto ScienceWare.....	27
2.2.4	Projeto JlinkIt .....	28
2.2.5	Considerações sobre os Projetos Didáticos Estudados .....	30
2.3	Trabalhos Relacionados .....	30
2.3.1	Utilização da Ferramenta de Modelagem Dinâmica Jlinkit no Aprendizado Exploratório de Física no Ensino Médio .....	30
2.3.2	A Avaliação dos Resultados da Aprendizagem com Modelagem Computacional na Educação Secundária .....	33
2.3.2.1	Raciocínio Científico.....	33
2.3.2.2	Conhecimento do Domínio Conceitual.....	34
2.3.2.3	Entendimento Sobre Sistemas Dinâmicos.....	35
2.3.3	Inventário Sobre Concepções .....	42
2.3.4	Considerações Sobre os Trabalhos Relacionados.....	46
3	A PROPOSTA .....	48
3.1	Detalhamento da Proposta .....	49
3.1.1	Apresentação da Proposta na Escola.....	50
3.1.2	Formação da Equipe .....	50
3.1.3	Escolha do Conteúdo .....	51
3.1.4	Atividades Didáticas .....	53
3.1.5	Atividades de Avaliação.....	54
3.2	Detalhamento do Conteúdo e Cronograma de Atividades.....	55
4	METODOLOGIA.....	58
4.1	Métodos e Procedimentos de Pesquisa.....	59
4.2	A Amostra .....	59

4.3	Estrutura dos Instrumentos de Avaliação.....	60
4.3.1	Pré e Pós-teste.....	60
4.3.2	Provas Trimestrais.....	63
4.3.3	Avaliações ACE.....	65
4.3.4	Formulários de Avaliação dos Alunos e dos Professores.....	69
5	RESULTADOS.....	711
5.1	Alterações no Cronograma e Implicações.....	72
5.2	Resultados do Pré e Pós-teste.....	72
5.2.1	Validação Interna das Dimensões e das Respostas Científicas.....	72
5.2.2	Determinação do Nível Médio e Análise da Variação das Respostas.....	73
5.2.3	Análise Interpretativa entre a Construção dos Conceitos Científicos e a Evolução conceitual das Concepções Alternativas.....	75
5.3	Provas Tradicionais.....	788
5.4	Atividades ACE.....	82
5.5	Análise Comparativa: Provas x Habilidades ACE x Ganho nos Conceitos Científicos.....	84
5.6	Levantamento da Opinião dos Alunos e Relatório dos Professores.....	866
6	CONCLUSÕES.....	89
6.1	Conclusões e Contribuições.....	90
6.2	Dificuldades Encontradas.....	92
6.3	Trabalhos Futuros.....	93
6.4	Artigos Acadêmicos.....	93
6.5	Visão do Pesquisador.....	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
	APÊNDICES.....	99
	ANEXOS.....	1266

# 1 INTRODUÇÃO

---

---

---

---

Este capítulo apresenta as motivações, justificativas e o objeto de estudo da presente pesquisa. Descreve também as características dos demais capítulos que compõem a estrutura do trabalho.

## 1.1 Motivação e Justificativas

O desenvolvimento deste trabalho surgiu primariamente pelo interesse do autor na pesquisa das tecnologias de informação e comunicação (TIC) e seu uso como apoio à educação.

Este interesse está relacionado a formação do pesquisador como profissional da área de tecnologia da informação, por sua atuação na área de educação e sua busca de aprimoramento profissional por meio de leituras, troca de informações com outros profissionais, participação em simpósios e cursos de pós-graduação. Tais fatores contribuíram para aumentar a percepção do autor quanto ao valor das TIC como um componente potencializador do processo ensino-aprendizagem.

Um exemplo da contribuição das TIC na educação pode ser percebida por diversas pesquisas no Brasil e no mundo que ressaltam a importância do uso de programas de computador denominados *sistemas ou ambientes de modelagem computacional* na área educacional (Sampaio, 1998; Pedro, 2006; Oliveira, 2009; Camiletti & Ferracioli, 2001; Veit & Teodoro, 2002; Mandinach & Cline, 1994; Borkulo, 2009; De Jong & Van Joolingen, 2007; Löhner, 2005). Tais ambientes possibilitam a construção de um modelo e a observação de seu comportamento pela simulação de seu funcionamento, favorecendo uma aprendizagem construtivista e colaborativa, como também, o desenvolvimento do raciocínio lógico hipotético-dedutivo (Sampaio, 2009).

Estas características são úteis para auxiliar os alunos na obtenção de habilidades como levantar hipóteses, aceitar ou refutar argumentos, compreender processos naturais, fazer avaliações qualitativas e quantitativas, etc. (Pedro e Sampaio, 2005). Estas habilidades são importantes em todas as áreas do conhecimento e no dia-a-dia dos indivíduos, e pode ser exemplificada no ensino de ciências, onde os alunos precisam utilizá-las para entender fenômenos do mundo real, ou na ida a um supermercado, onde o consumidor tem que tomar decisões sobre a compra de um produto levando em conta elementos como preço, validade, etc.

Ao aprender sobre um tópico de ciência, por exemplo, termodinâmica, uma abordagem 'tradicional' envolveria explicações de conceitos (calor, temperatura, energia, entropia) e a aplicação de fórmulas, tais como a de calor latente

( $\Delta Q = mc \Delta\theta$ ). Os alunos recebem exercícios relacionados ao tema abordado e utilizam as informações que lhes foram fornecidas para a resolução das questões.

Segundo Borkulo (2009) os ambientes de modelagem computacional oferecem uma forma alternativa de ensino na qual os alunos constroem e simulam o funcionamento de modelos relativos a um determinado domínio de conhecimento com base nos conceitos centrais e princípios relacionados ao mesmo. Assim, em vez de solucionar problemas sobre um domínio de forma mais ou menos algorítmica, a atenção dos estudantes é deslocada para a análise dos conceitos do domínio estudado para construir um modelo que os represente dentro de uma situação proposta, favorecendo o raciocínio e a obtenção de concepções científicas.

No Brasil o Grupo de Informática Aplicada à Educação do INCE/UFRJ (GINAPE)<sup>1</sup> tem colaborado em fomentar o uso da modelagem computacional no ensino através de pesquisas, como o desenvolvimento do ambiente de modelagem JlinkIt<sup>2</sup>.

## **1.2 Apresentação ou Definição do Problema**

Diferentes estudos (Pietrocola, 2005 ;Almeida & Moreira, 2008; Köhnlein & Pedduzzi, 2002; Silva, 1995) apontam a dificuldade de muitos alunos no aprendizado dos conceitos da área de física, ocasionando problemas como desinteresse e um elevado índice de reprovações. As causas principais são diversas e interdependentes, mas que poderiam ser agrupadas em dois fatores principais: (i) inadequação curricular que apresenta o conhecimento científico pronto, estático e acabado, e não como fruto de um processo de investigação dinâmico que é capaz de gerar conhecimento em constante renovação; (ii) corpo docente desmotivado e despreparado, que ensina de forma não experimental uma ciência que por natureza é experimental (Elia, 1985; Silva & Mazzotti, 2009; Longhini, 2008) e que não leva para a sala de aula o que acontece no seu redor nem o que resulta das pesquisas recentes nas áreas pedagógicas, de educação científica e das tecnologias da informação na educação.

---

<sup>1</sup> Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais (INCE). Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/GINAPE>

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: <http://www.nce.ufrj.br/ginape/JlinkIt/index.htm>.

A dificuldade apresentada acima, bem como os fatores que a compõem, está presente em diversas instituições de ensino, inclusive na unidade escolar em que o autor da pesquisa atua, levando os profissionais de ensino dessa unidade a considerar uma proposta de inovação curricular utilizando a modelagem computacional a fim de alterar essa realidade.

Para que o potencial de um ambiente de modelagem possa ser aproveitado em uma proposta de inovação curricular é necessário levar em consideração a forma adequada de utilizá-los e a avaliação dos resultados da aprendizagem, pois o uso de um ambiente de modelagem como parte do processo de aprendizagem deve estar associado a estratégias de avaliação, que não só estimule a aprendizagem (avaliação formativa) como também avalie consistentemente o ganho na aprendizagem (avaliação somativa).

O êxito na inserção de atividades de modelagem associadas a uma estratégia adequada de ensino pode ser exemplificada pelo trabalho de Oliveira (2009), que utilizou o ambiente Jlinkit como apoio no aprendizado exploratório de física. Por meio da investigação de situações-problema no domínio da mecânica os alunos foram estimulados a construir e simular modelos, comparando sua solução com as de seus colegas. A estratégia pedagógica utilizada no estudo contribuiu para aumentar o interesse e participação dos alunos durante as aulas.

Quanto às estratégias de avaliação deve-se levar em conta que para medir o ganho de aprendizagem obtido com o uso da modelagem é preciso utilizar instrumentos que permitam verificar aspectos envolvidos na construção e simulação de modelos como o conhecimento prévio, os tipos de raciocínio envolvidos em sua construção/simulação e a obtenção de conceitos científicos pelos alunos. Tais aspectos não podem ser medidos com eficiência apenas por meio de avaliações tradicionais.

Assim, a presente pesquisa busca responder o seguinte problema:

*Como validar um processo de avaliação voltado para um ambiente de aprendizagem institucionalizado baseado em modelagem computacional?*

### **1.3 Objetivos**

A partir da questão apontada acima, este trabalho se divide em dois objetivos principais:

1. Utilizar a modelagem computacional dinâmica como tecnologia educacional regular no ensino da disciplina de Física.
2. Aplicar um modelo de avaliação desenvolvido por Borkulo (2009) especificamente para o uso didático de modelagem dinâmica.

### **1.4 Hipóteses**

A primeira hipótese deste trabalho é que a introdução da modelagem computacional dinâmica - nos moldes sugeridos pela pesquisa de Oliveira (2009) - no projeto pedagógico da disciplina de Física irá contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem e do desenvolvimento cognitivo dos alunos.

A segunda hipótese é que o modelo ou sistema de avaliação ACE proposto por Borkulo (2009) permita ao professor utilizar mecanismos de avaliação consistentes com a proposta de uso da modelagem dinâmica computacional (Hipótese 1).

A terceira hipótese é que a validação do sistema de avaliação para o uso didático de modelagem dinâmica possa ser feita verificando-se que os resultados obtidos por este sistema estão mais relacionados com as mudanças conceituais dos alunos do que os resultados obtidos por instrumentos de avaliação baseados no sistema tradicional.

### **1.5 Questões de Pesquisa**

Para alcançar os dois objetivos principais devemos ser capazes de produzir respostas para as seguintes questões de pesquisa:

- Como escolher e melhor adequar estratégias didáticas e conteúdo programático de modo a avaliar os efeitos destas ações pedagógicas com ou sem o uso de modelagem?
- Que aspectos estão envolvidos na adoção e adaptação para o nosso contexto do modelo de avaliação proposto por Borkulo (2009) no conteúdo de física térmica?

- Como realizar o levantamento das concepções dos alunos no conteúdo de física térmica de modo a verificar suas mudanças conceituais?

## **1.6 Organização da Dissertação**

Esta dissertação está organizada em seis capítulos descritos a seguir.

O capítulo introdutório apresenta de modo sucinto aspectos relacionados a pesquisa e os tópicos desenvolvidos ao longo do texto.

O capítulo dois apresenta a revisão da literatura, no que diz respeito ao uso da modelagem dinâmica na área educacional, projetos didáticos com modelagem dinâmica, bem como trabalhos diretamente relacionados ao desenvolvimento desta pesquisa.

O capítulo três tem por objetivo detalhar as estratégias didáticas e de avaliação que foram estruturadas para responder as questões de pesquisa levantadas.

No capítulo quatro é descrita a metodologia empregada no desenvolvimento da pesquisa, os métodos e instrumentos de coleta de dados e os métodos de análise.

O capítulo cinco faz uma discussão dos resultados obtidos na investigação.

O capítulo seis apresenta as conclusões, considerações finais e possíveis desdobramentos deste estudo, apresentando sugestões para futuras investigações, seguido das referências bibliográficas, dos apêndices e dos anexos.

# 2 REVISÃO DA LITERATURA

---

---

---

Neste capítulo são apresentados aspectos relacionados ao uso da modelagem dinâmica na área educacional, uma revisão sobre alguns projetos didáticos com o uso de modelagem dinâmica, e também, trabalhos diretamente relacionados, que fornecem o embasamento para o desenvolvimento desta pesquisa.

## 2.1 Modelagem Dinâmica e Educação

A dinâmica de sistemas (system dynamics) é uma abordagem formulada por Forrester (1961) para analisar o funcionamento de um sistema e seu comportamento ao longo do tempo. Originalmente, esta abordagem foi aplicada à resolução de problemas em empresas da área industrial (Forrester, 1961) e depois generalizada e aplicada às questões sociais como a economia, crime e saúde (Forrester, 1969), à física e as ciências biológicas (Forrester, 1971).

Durante anos, o uso da modelagem dinâmica ficou restrito a professores universitários e pesquisadores, que utilizavam computadores de grande porte para criar e executar modelos complexos utilizando o ambiente DYNAMO - DYNAmic MOdels simulation (Pugh, 1983). Este cenário começa a mudar com a popularização dos computadores pessoais e o desenvolvimento do ambiente Micro-DYNAMO (Pugh-Roberts, 1982) no início dos anos 80. Pouco tempo depois, foi publicado o livro *Simulação Computacional: uma Abordagem de Modelagem Dinâmica de Sistemas* (Roberts e outros, 1983), voltado para o uso didático em escolas secundárias e faculdades, aplicando a modelagem para uma ampla variedade de disciplinas como a biologia, psicologia, física, ecologia, ciências, saúde, economia e matemática.

Nos anos seguintes foram desenvolvidos alguns outros ambientes de modelagem (quadro 1) utilizados com diferentes finalidades, inclusive em aplicações didáticas no ensino básico e superior.

Quanto ao uso educacional Bliss e colaboradores (1992) classificam os ambientes de modelagem como qualitativos, quantitativos e semi-quantitativos.

Os ambientes de modelagem qualitativos se caracterizam pela abordagem sem a utilização da matemática e baseados em uma especificação descritiva das variáveis e suas relações utilizando conceitos de autômatos celulares e probabilidades.

Os ambientes de modelagem quantitativos, também denominados de ferramentas de modelagem matemática, utilizam uma descrição matemática das variáveis e suas relações para representar modelos que retratam situações cotidianas e também em atividades científicas.

Os ambientes semi-quantitativos descrevem a relação de causa e efeito entre as variáveis permitindo verificar como e porque um determinado comportamento acontece.

<b>Ambiente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Endereço eletrônico</b>
PowerSim	Quantitativo	<a href="http://www.powersim.com">www.powersim.com</a>
Vensim	Quantitativo	<a href="http://www.vensim.com">www.vensim.com</a>
STELLA	Quantitativo	<a href="http://www.iseesystems.com/software/Education/StellaSoftware.aspx">http://www.iseesystems.com/software/Education/StellaSoftware.aspx</a>
ExtendSim	Quantitativo	<a href="http://www.extendsim.com/">http://www.extendsim.com/</a>
iThink	Quantitativo	<a href="http://www.iseesystems.com/software/Business/IthinkSoftware.aspx">http://www.iseesystems.com/software/Business/IthinkSoftware.aspx</a>
WorldMaker	Qualitativo	<a href="http://worldmaker.cite.hku.hk/worldmaker/pages/">http://worldmaker.cite.hku.hk/worldmaker/pages/</a>
ModeLab	Qualitativo	<a href="http://modelab2.modelab.org/">http://modelab2.modelab.org/</a>
VISQ	Semiquantitativo	<a href="http://www.fisica.furg.br/profcomp/visq.zip">http://www.fisica.furg.br/profcomp/visq.zip</a>
SQRlab	Semiquantitativo	<a href="http://sqr lab.modelab.org/#">http://sqr lab.modelab.org/#</a>
JlinkIt	Semiquantitativo	<a href="http://www.nce.ufrj.br/ginape/jlinkit/introducao.htm">http://www.nce.ufrj.br/ginape/jlinkit/introducao.htm</a>

**Quadro 1 – Exemplos de ambientes de modelagem**

## 2.2 Projetos Didáticos com Modelagem Dinâmica

Ao longo dos anos diversos projetos didáticos que utilizam a modelagem dinâmica, a partir de uma perspectiva da dinâmica de sistemas, foram desenvolvidos e aplicados em escolas e universidades nos EUA, Europa e Brasil (CLE, 2009; IDN, 2009; Sampaio, 1996; Kurtz dos Santos, 2003; Oliveira, 2009; Ferracioli, 2007) apresentando resultados favoráveis em aspectos como motivação e maior interação entre alunos e professores.

Com o objetivo de verificar às diferentes formas de aplicação dos ambientes de modelagem na educação foi feita uma revisão de projetos didáticos com modelagem dinâmica utilizando como referência os projetos STACIN, CC-SUSTAIN e ScienceWare descritos por Alessi (2005), bem como o trabalho desenvolvido por Pedro (2006) com o desenvolvimento do ambiente JlinkIt.

### 2.2.1 Projeto STACIN

O projeto STACIN (Systems Thinking and Curriculum Innovation Network) foi um projeto de pesquisa que tinha por objetivo investigar e avaliar os efeitos da aplicação da proposta de ensino-aprendizagem baseados em modelagem com o uso do ambiente STELLA.

Surgiu a partir do projeto ACOT (Apple Classroom of Tomorrow) na década de 80. O projeto ACOT ofereceu a diversas escolas equipamentos de informática, permitindo-lhes implementar inovações curriculares que dependiam do uso intensivo do computador. Combinando isso com o financiamento do governo americano, o projeto STACIN foi iniciado em uma escola secundária no estado de Vermont, e mais tarde, seis escolas foram adicionadas na área de San Francisco (quatro escolas secundárias e duas escolas de ensino fundamental) e uma escola no Arizona. Cerca de quarenta professores foram treinados para aplicar a modelagem em seus currículos. Nas escolas de ensino fundamental as áreas curriculares foram ciência, matemática e estudos sociais e nas escolas de ensino médio a área de humanas.

Sua metodologia de ensino envolve quatro etapas. Na primeira etapa, a *manipulação de parâmetros*, os alunos manipulam os números em modelos de simulação existentes criadas por outras pessoas. Na segunda etapa, a *manipulação estrutural*, os alunos modificam os modelos atuais, ou seja, adicionar, excluir, alterar ou reordenar as ações, fluxos, conversores, flechas de causa-efeito, e os valores dentro deles. Na terceira etapa, *restrita a modelagem*, os alunos constroem seus próprios modelos simples. Na última e quarta etapa, a *modelagem de síntese*, os alunos participam de toda a sequência de criação de um modelo, avaliando-o, e melhorando o modelo através de revisões.

Segundo Alessi (2005) o projeto STACIN apresenta uma metodologia bastante concisa do uso didático da modelagem por meio das quatro etapas relacionadas ao uso e simulação de modelos. Quanto aos resultados o projeto forneceu evidências, embora limitadas, da melhora dos alunos no aprendizado e nas atitudes após a aplicação da proposta de ensino-aprendizagem baseada em modelagem.

### 2.2.2 Projeto CC-SUSTAIN

O projeto CC-SUSTAIN começou com nome STADUS-CC em 1993, com três anos de financiamento do National Science Foundation (NSF). Inicialmente, foram treinados cerca de 150 professores do ensino médio para utilizar modelagem dinâmica com o ambiente STELLA em seus currículos. Os professores passaram por uma fase de treinamento e, posteriormente, trabalharam com seus alunos (todos de nível médio) para criar modelos nas áreas ciência, matemática, estudos sociais entre outras.

Após os três anos iniciais o projeto foi renomeado como CC-SUSTAIN (Cross-Curricular Systems Using STELLA: Training and INservice) com o objetivo de treinar professores no uso da modelagem dinâmica e incluí-la no currículo escolar.

O CC-SUSTAIN teve seu enfoque na aplicação (ao invés de uma investigação) tendo como metodologia incentivar os alunos a começar a modelar imediatamente por meio de modelos simples, envolver professores interessados no uso da modelagem dinâmica, incentivar os professores no uso da modelagem para mudar sua abordagem de ensino (ao invés de adaptá-la ao método tradicional) e usar a modelagem dinâmica para estimular a pesquisa e a aprendizagem independente.

Segundo Alessi (2005) o projeto apresentou resultados favoráveis em estimular alunos e professores no uso da modelagem. Outro aspecto positivo foi a construção de uma grande quantidade de modelos e sugestões de utilizações em diferentes conteúdos.

### 2.2.3 Projeto ScienceWare

O projeto ScienceWare foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Michigan especificamente para a aprendizagem de ciências, em especial para o ensino secundário. Como componente do projeto foi desenvolvido o ambiente de modelagem computacional Model-It. A filosofia subjacente e premissas do projeto ScienceWare são que o uso da modelagem contribui para a aprendizagem da ciência por envolver vários componentes importantes (coleta de dados, visualização de dados, criação de modelos para representar e explicar os dados e relatórios dos dados), e que a motivação dos alunos para a modelagem não pode ser presumida.

Várias ferramentas foram criadas para o projeto ScienceWare: RiverBank para coleta de dados, Viz-It para visualização de dados, o Model-It para a criação de modelos, PlanIt-Out para o planejamento da investigação científica e Web-It para relatar e publicar os resultados.

Como os projetos anteriores, o Model-It foi baseado em fundamentos construtivistas. Problemas importantes e, por vezes complexos são abordados, desde que se mostrem viáveis para iniciantes serem bem sucedidos e que sejam interessantes para eles. Há uma ênfase em ajudar os estudantes na construção de seu conhecimento e serem capazes de demonstrar sua compreensão através da aplicação e explicação do conhecimento. As atividades envolvem os alunos no planejamento de táticas e estratégias de investigação e trabalhar colaborativamente empregando conhecimentos variados e diferentes habilidades. Por último, são utilizadas ferramentas tecnológicas (tais como RiverBank, Viz-It, PlanIt-Out e Web-It) para facilitar a representação das informações, por meios textuais, gráficos e auditivos.

Segundo Alessi (2005) os autores do projeto ScienceWare afirmam que o uso da modelagem por meio do ambiente Model-It, associado com o uso das outras ferramentas didática criadas para o projeto, contribuíram na motivação dos alunos e na melhorar a sua compreensão da ciência.

#### **2.2.4 Projeto JlinkIt**

O projeto JlinkIt (Pedro, 2006) foi desenvolvido pelo grupo GINAPE/UFRJ com o objetivo de aumentar a participação do professor na prática da modelagem computacional através de um ambiente de modelagem que se caracteriza por permitir a criação, manutenção e simulação de modelos via Web.

Para o desenvolvimento do JlinkIt foi utilizado o ambiente de modelagem semi-quantitativo WlinkIt<sup>3</sup> como referência, aproveitando suas características de simplicidade e facilidade de uso. O levantamento dos requisitos foi alcançado por meio de quatro estudos acadêmicos conforme o quadro 2.

---

<sup>3</sup> Ferramenta desenvolvida por Sampaio (1998) com base no ambiente de modelagem semiquantitativo Linkit (Sampaio,1996).

<b>Disciplina Curricular</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Autor</b>	<b>Atividades de Modelagem</b>
<b>Língua Portuguesa</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no desenvolvimento do raciocínio sistêmico para a criação de textos	Alunos de 8º ano	(Pimentel, 2000)	Exemplos do cotidiano; modelo coelho-raposa e uma história de RPG criada pelos alunos
<b>Economia</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no desenvolvimento das habilidades do pensamento sistêmico	Alunos de 1º ano do Ensino Médio	(Moreira, 2001)	Exemplos do cotidiano; modelos relativos aos temas de Inflação, Desemprego e Poluição
<b>Ciências</b>	Avaliar o processo de modelagem através do software WLinkIt	Alunos de graduação da área tecnológica	(Camiletti, 2001)	Exemplos do cotidiano; modelos mola-massa e predador-presa
<b>Matemática</b>	Avaliar o uso do WlinkIt no ensino da construção e interpretação de gráficos lineares	Alunos de 8º ano	(Cardoso, 2004)	Exemplos do cotidiano trabalhando com diversas representações

**Quadro 2 – Estudos acadêmicos com o ambiente WlinkIt**

Os estudos permitiram concluir que o ambiente WlinkIt, contribuía para que os alunos pudessem expressar as situações e problemas propostos de forma significativa para eles por meio dos modelos criados. Além disso, também foi possível que os alunos utilizassem os recursos de simulação para analisar e validar os modelos criados.

Com base nos resultados nos estudos já considerados o ambiente WlinkIt foi desenvolvido mantendo as características de interface e simplicidade de uso do WlinkIt e acrescentando novas funcionalidades, com o objetivo de torná-lo atrativo para professores e alunos. Além disso, a possibilidade de manipular modelos pela Internet a favorece ao professor tanto na aprendizagem com as experiências de outros professores, quanto no desenvolvimento de aulas e tutoriais que incluam atividades de modelagem e simulação.

### **2.2.5 Considerações sobre os Projetos Didáticos Estudados**

Cada um dos projetos didáticos abordados anteriormente possuem elementos importantes a considerar quanto ao uso de ambientes de modelagem em atividades de ensino como o foco do projeto, a metodologia de ensino e as características do ambiente a ser utilizado.

Mas, embora um projeto didático bem planejado e aplicado colabore para que os alunos possam refinar e melhor articular a sua capacidade de compreensão, a aferição de sua eficiência deve envolver mecanismos que permitam avaliar de forma específica os resultados de aprendizagem com o uso da modelagem.

Com o objetivo de verificar estes mecanismos foi realizada uma revisão de trabalhos diretamente relacionados com os objetivos desta pesquisa e abordados na próxima seção.

## **2.3 Trabalhos Relacionados**

Para fundamentar a presente pesquisa foram verificados estudos relacionados ao uso de modelagem no ensino de Física, um modelo de avaliação específico para o uso de modelagem computacional e a verificação de concepções alternativas sobre Física Térmica.

### **2.3.1 Utilização da Ferramenta de Modelagem Dinâmica Jlinkit no Aprendizado Exploratório de Física no Ensino Médio**

O ambiente Jlinkit implementado por Pedro (2006) foi utilizado em uma pesquisa que teve como proposta desenvolver uma estratégia didática associada ao uso de um ambiente de modelagem computacional no aprendizado exploratório de Física (Oliveira, 2009). As atividades trabalhadas estavam relacionadas ao conteúdo de mecânica com alunos do segundo ano do ensino médio para apoiar o professor no processo ensino-aprendizagem.

Os participantes do estudo foram divididos em dois grupos experimentais (GEA e GEB) formados por alunos de uma mesma turma e por um grupo de controle (GC) formado por alunos de outra turma. Cada um dos grupos continha 16 participantes totalizando 48 alunos. Foi utilizado o experimento de um único caso ou "ABAB" (COHEN et al, 2000) para verificar o efeito da intervenção experimental

realizada pela inserção de atividades no laboratório e informática com o ambiente JlinkIt conforme representado na figura 1.

	<i>01</i>	<i>Aula</i>	<i>02</i>	<i>Aula</i>	<i>03</i>	<i>Aula</i>	<i>04</i>	<i>Aula</i>	<i>05</i>
<i>GEA</i>		<i>Informatizada</i>		<i>Tradicional</i>		<i>Informatizada</i>		<i>Tradicional</i>	
	<i>01</i>	<i>Aula</i>	<i>02</i>	<i>Aula</i>	<i>03</i>	<i>Aula</i>	<i>04</i>	<i>Aula</i>	<i>05</i>
<i>GEB</i>		<i>Tradicional</i>		<i>Informatizada</i>		<i>Informatizada</i>		<i>Tradicional</i>	
	<i>01</i>	<i>Aula</i>	<i>02</i>	<i>Aula</i>	<i>03</i>	<i>Aula</i>	<i>04</i>	<i>Aula</i>	<i>05</i>
<i>GC</i>		<i>Tradicional</i>		<i>Tradicional</i>		<i>Tradicional</i>		<i>Tradicional</i>	

Figura 1 - O1: Pré-teste, O2, O3, O4, O5: Provas bimestrais

O pré-teste (Observação 01) foi realizado com o objetivo de fazer um diagnóstico e de distribuir os alunos em cada um dos grupos de forma equivalente. As observações 1 a 5 foram aplicadas como provas bimestrais.

A construção destas provas foi feita com base em uma matriz de referência construída com as seguintes dimensões: questões gráficas, não gráficas, questões análogas e inéditas. Também foram consideradas características como o tipo de questão (fechada, semi-aberta ou aberta) e nível taxonômico (conhecimento, compreensão, aplicação).

Os dados obtidos por esses instrumentos passaram por uma análise estatística de suas características técnicas - índice de facilidade, índice de discriminação e índice de consistência interna - para avaliar eventuais problemas com alunos e/ou questões atípicas.

As atividades de modelagem foram realizadas em duplas e envolviam as seguintes estratégias didáticas: (i) analisar e explorar modelos, usando lápis e papel, a fim de formular e testar hipóteses; (ii) analisar modelos no papel sob a forma de gráficos a fim de refletir sobre os resultados; (iii) simular modelos no JlinkIt e comparar os resultados obtidos com as previsões (atividade específica para os grupos GEA e GEB).

O material instrucional para as atividades de modelagem utilizado no estudo foi distribuído em quatro módulos, sendo o primeiro específico sobre modelagem e o ambiente JlinkIt e os demais sobre o conteúdo programático do curso (quadro 3). Estas atividades foram realizadas fora do horário regular das aulas, no laboratório de

informática da escola. Em cada atividade, o material era entregue as duplas de alunos que desenvolviam as tarefas solicitadas e ao final devolviam para a professora para que tivesse acesso ao desenvolvimento das atividades no papel.

Módulo	Objetivos	Tópicos
1	Desenvolver nos alunos habilidades cognitivas para a compreensão e representação de sistemas	Diagramas causais e o ambiente JlinkIt.
2 e 3	Desenvolver nos alunos as competências necessárias para ler e interpretar corretamente tabelas e gráficos.	Movimento Retilíneo Uniforme e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.
4	Desenvolver nos alunos a compreensão sobre as leis de Newton.	Leis de Newton e as leis de força gravitacional, elástica e atrito.

**Quadro 3 – Distribuição do material instrucional utilizado no estudo**

Com a definição das estratégias didáticas e do material instrucional a ser utilizado foi organizado um cronograma das atividades (quadro 4) para as atividades didáticas e de didáticas e de avaliação

Momento	Matéria	Estilo de Ensino	Grupo
Observação 1	Prova 00		GEA   GEB   GC
1º Momento Maio/Junho	Gráficos do MRU	Tradicional	GEB   GC
		Lab. Informática	GEA
Observação 2	Prova 01 (P01)		GEA   GEB   GC
2º Momento Junho/julho	Gráficos do MRUV	Tradicional	GEA   GC
		Lab. Informática	GEB
Observação 3	Prova 02 (P02)		GEA   GEB   GC
3º Momento agosto/setembro	Leis de Newton	Tradicional	GEB   GC
		Lab. Informática	GEA
Observação 4	Prova 03 (P03)		GEA   GEB   GC
4º Momento Outubro/dezembro	Princípios de conservação	Tradicional	GEA   GEB   GC
		Lab. Informática	-
Observação 5	Prova 04 (P04)		GEA   GEB   GC
Questionário de avaliação.			GEA   GEB   GC

**Quadro 4 – Cronograma das atividades utilizadas no estudo**

Ao final do estudo os alunos foram submetidos a um questionário de avaliação onde puderam explicitar suas impressões sobre as aulas. Esta avaliação também foi preparada segundo uma matriz de referência que considerava aspectos como: o conteúdo apresentado, os recursos didáticos utilizados, a participação do aluno, o modo de ensinar da professora, as avaliações, o ambiente de modelagem (exceto para os alunos do grupo controle).

Os resultados obtidos sugerem estatisticamente que os grupos experimentais obtiveram um melhor desempenho geral nas notas das provas indicando, assim, que o ambiente JlinkIt pode ser utilizado como uma ferramenta de auxílio ao professor, contribuindo no processo ensino-aprendizagem e possibilitando uma melhor compreensão do assunto estudado.

### **2.3.2 A Avaliação dos Resultados da Aprendizagem com Modelagem Computacional na Educação Secundária**

A pesquisa desenvolvida por Borkulo (2009) apresenta a importância do uso da modelagem computacional em ambientes educacionais para o ensino de ciências como forma de envolver o aluno na construção de seu conhecimento através de atividades que estimulem a pesquisa e favoreçam a obtenção de habilidades de raciocínio científico.

Nesta pesquisa os resultados da aprendizagem com o apoio da modelagem computacional são definidos e um instrumento de avaliação, denominado modelo ACE, é desenvolvido e validado por meio de experimentos envolvendo diferentes grupos de alunos submetidos a métodos de instrução distintos.

Segundo Borkulo (2009), os resultados específicos de aprendizagem de uma tarefa de modelagem podem ser observados através dos seguintes fatores: habilidades de raciocínio científico, conhecimento conceitual do domínio, bem como entendimento sobre sistemas dinâmicos.

#### **2.3.2.1 Raciocínio Científico**

A modelagem dinâmica de sistemas exige a realização de diferentes processos de raciocínio científico, como a geração de hipóteses, concepção de experimentos para testá-los, e interpretação dos dados. Portanto o uso de ambientes de modelagem é uma forma adequada para adquirir e melhorar as habilidades de raciocínio científico.

Ao definir a natureza dessas competências, Wells, Hestenes e Swackhamer (1995) distinguem os processos de criação, avaliação e aplicação de modelos. Uma classificação semelhante foi proposta por Löhner et al. (2005), que descrevem o ciclo de modelagem como um processo iterativo que pode ser aplicado para desenvolver e aperfeiçoar um modelo. O ciclo é composto das etapas de orientação, formulação de hipóteses, modelagem e avaliação. Nesta terminologia, o processo de modelagem corresponde à criação de variáveis e relações. A formulação de hipóteses envolve o raciocínio sobre as relações entre as variáveis, o que exige a aplicação das regras de um modelo. A avaliação é um processo dirigido pelo objetivo de verificar o comportamento do modelo e é estruturada pelos seus fundamentos.

Em geral, os processos de aplicação do conhecimento, a criação de variáveis e relações, as hipóteses de avaliação e os modelos parecem ser fatores centrais no raciocínio científico. Esses processos não só desempenham um papel na modelagem de sistemas dinâmicos, mas também refletem uma maior relevância como descrito na taxonomia de Bloom (Bloom, 1956) que no domínio cognitivo apresenta seis níveis de aprendizagem:

- Conhecimento: lembrar fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos etc.
- Compreensão: entender a informação ou o fato, captar seu significado, utilizá-la em contextos diferentes;
- Aplicação: aplicar o conhecimento em uma situação nova e específica;
- Análise: identificar as partes e suas inter-relações;
- Síntese: combinar partes não organizadas para formar um todo;
- Avaliação: julgar o valor do conhecimento.

### **2.3.2.2 Conhecimento do Domínio Conceitual**

Além da aquisição de habilidades de raciocínio científico, o uso da modelagem promove a compreensão de conteúdos das ciências (Stratford et al., 1998). A modelagem dinâmica tem sido utilizada como um meio de facilitar a aprendizagem em muitos domínios, como termodinâmica (Forbus, Carney, Sherin, & Ureel, 2005; Löhner et al. 2005 ; Schecker & Einhaus, 2007), ecossistemas (Papaevripidou, Constantinou, & Zacarias, 2007; Stratford et al., 1998), crescimento das plantas (Ergazaki, Komis, & Zogza, 2005), saúde e dieta (Bliss et al., 1992) e logística de tráfego (Bliss et al., 1992).

Estes exemplos, abrangendo uma vasta gama de disciplinas científicas, têm em comum a representação de fenômenos dinâmicos em que a estrutura conceitual é fundamental no entendimento do domínio. Como a modelagem computacional tem por característica possibilitar a representação dessas estruturas, ao envolver os alunos na modelagem eles deverão ser mais capazes de adquirir conhecimento sobre elas.

Conhecimento do domínio conceitual envolve não apenas conhecer fatos isolados, mas também como os dados se relacionam. Isto significa que o foco deve ser avaliar o conhecimento dos conceitos básicos e na maneira em que compõem o domínio como um todo.

### **2.3.2.3 Entendimento sobre Sistemas Dinâmicos**

O comportamento de um modelo pode mudar ao longo do tempo. Por exemplo, o tempo de uma determinada região pode mudar continuamente devido às diferenças de temperatura e pressão, causando fenômenos como nuvens, vento e chuva. Uma descrição formal de componentes de um sistema, seus estados e suas relações, sob a forma de um modelo de computador pode contribuir para obter entendimento sobre a estrutura e o comportamento do sistema ao longo do tempo. A simulação do modelo pode reforçar esse entendimento favorecendo a visão do comportamento dinâmico dos sistemas.

### **2.3.2.4 O Modelo ACE**

Os estudos de Borkulo referentes as habilidades de raciocínio científico, conhecimento conceitual do domínio estudado e entendimento sobre sistemas dinâmicos foram sistematizados em um modelo denominado como "ACE", conforme a figura 2.

O modelo ACE descreve a modelagem de conhecimento em três dimensões: tipo de raciocínio, complexidade, especificidade de domínio.

A dimensão "tipos de raciocínio" inclui a aplicação (A - Apply), criação (C - Create), e avaliação (E - Evaluate) de um modelo de forma a modificá-lo e gerar novas simulações. A dimensão da complexidade faz uma distinção entre o raciocínio com modelos de menor ou maior grau de complexidade. A dimensão do domínio descreve em que medida o raciocínio é dependente do contexto (específico e geral).

Tipos de raciocínio			
Complexidade	Aplicar	Criar	Avaliar
	Simulação mental	Construir/estender um modelo	Raciocínio científico
<b>Simples</b> Baixo número de variáveis e relações	Predizer ou explicar as conseqüências de uma relação direta	Criar a partir de um modelo	Testar uma relação direta
<b>Complexo</b> Alto número de variáveis e relações	Predizer ou explicar o comportamento de uma estrutura, relação indireta ou ciclo	Criar um modelo como uma solução global	Testar uma relação indireta ou modelo
		Domínio específico	Domínio geral

Figura 2 – Modelo ACE (Adaptado de Borkulo,2009)

Para exemplificar a aplicação do modelo ACE usaremos um instrumento de avaliação utilizado por Borkulo com itens de teste para cada um dos tipos de raciocínio aplicado em situações simples e complexas. Além disso, o instrumento contém itens que avaliam conhecimentos conceituais sobre o domínio. A dimensão do domínio-especificidade foi implementada no domínio específico do aquecimento global (figura 3).

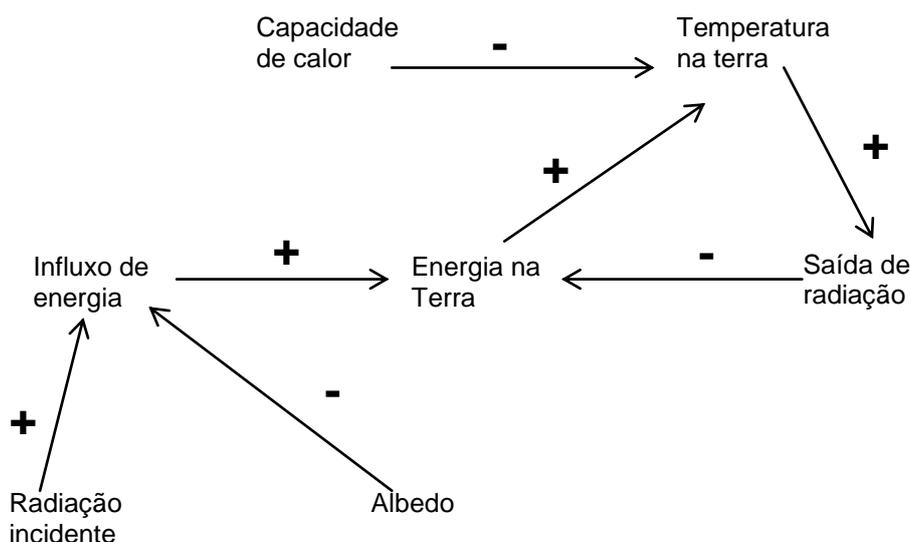


Figura 3 – Diagrama causal sobre o domínio “aquecimento global”

Na categoria “*aplicar (A) – simples*” é verificada a capacidade de raciocinar com uma relação direta. O item de exemplo abaixo avalia a compreensão da relação causal entre o albedo e a entrada de energia para a Terra. Além da questão de múltipla escolha, uma explicação é solicitada para avaliar a compreensão em mais detalhes (quadro 5).

<i>Escolha a afirmação correta.</i>
<i>A. Quanto maior o albedo, maior o fluxo de energia para a Terra.          B. Quanto maior o albedo, menor o fluxo de energia para a Terra.          C. O albedo não influencia o fluxo de energia para a Terra.</i>
<i>Explique sua resposta.</i>

**Quadro 5– Exemplo de questão da categoria “aplicar simples”**

Outras operacionalizações possíveis para esta categoria seriam a aplicação de uma fórmula para deduzir o valor de uma variável, ou uma questão aberta que pede ao aluno para explicar uma relação direta entre as duas variáveis.

Na categoria “*aplicar (A) – complexo*” é verificada a capacidade de raciocinar com estruturas complexas, o que pode ser avaliado por um item de múltipla escolha e uma questão aberta (quadro 6).

*Foi realizada uma experiência com uma simulação de computador. Os valores na tabela mostram que a temperatura na Terra aumentou para 30 °C, após três anos.*

A partir da temperatura	10	°C
Capacidade térmica	50	J/K
Fluxo de entrada de radiação	3	W
Albedo	20	%
Os valores finais (após 3 anos):		
Temperatura	30	°C
Radiação emitida	2,4	W

*Em um gráfico, esboçar o desenvolvimento da temperatura entre o tempo de início e fim do tempo de simulação por computador. Explique seu desenho. Além disso, descreva o que acontece com a temperatura após um longo período de tempo.*

**Quadro 6– Exemplo de questão da categoria “aplicar complexo”**

A avaliação de modelos e de dados é abordada na categoria “Avaliar (E) – simples”. No segmento “simples” são avaliadas as variáveis que possuem uma relação direta em um modelo ou os dados específicos de um experimento com respeito a uma relação direta. No exemplo abaixo o aluno avalia a relação causal entre o fluxo de energia e o albedo.

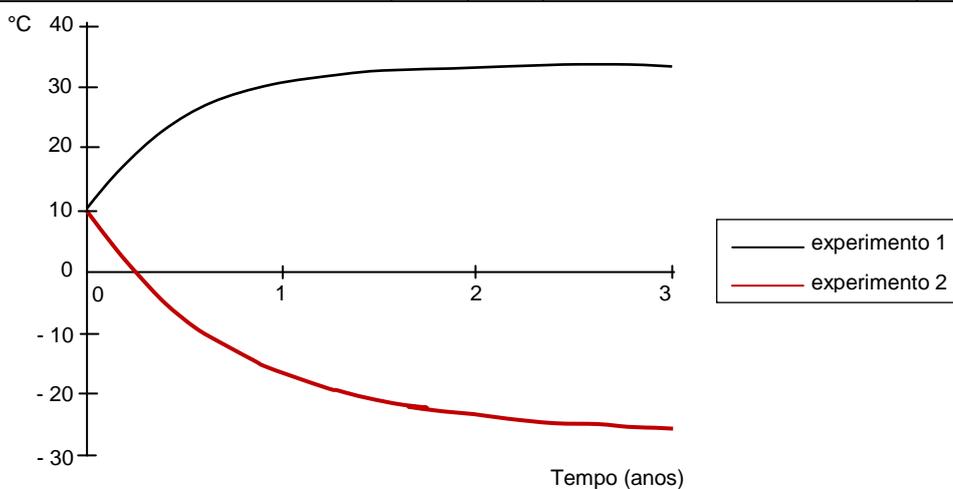
*É verdade que um elevado fluxo de energia provoca um albedo baixo? Explique.*

**Quadro 7– Exemplo de questão da categoria “avaliar simples”**

No segmento “avaliar (E) – complexo” o aluno avalia uma parte maior de um modelo ou dos dados experimentais em uma relação indireta. No exemplo abaixo, um experimento é descrito em que a relação indireta entre o fluxo de energia e temperatura é investigado.

*André realizou dois experimentos com a simulação para investigar a relação entre o fluxo de radiação e temperatura. Os resultados podem ser observados no gráfico abaixo:*

Experimento 1:			Experimento 2:		
A partir da temperatura	10	°C	A partir da temperatura	10	°C
Capacidade térmica	50	J/K	Capacidade térmica	50	J/K
Fluxo de entrada de radiação	2,5	W	Fluxo de entrada de radiação	1,5	W
Albedo	0	%	Albedo	30	%
Os valores finais (após 3 anos):			Os valores finais (após 3 anos):		
Temperatura	33	°C	Temperatura	-25	°C
Radiação emitida	2,5	W	Radiação emitida	1,1	W



*A partir destes dados, André conclui que, quanto maior o fluxo de radiação, maior é a temperatura na Terra. A conclusão de André está correta? Explique.*

**Quadro 8– Exemplo de questão da categoria “avaliar complexo”**

Na categoria “*criar (c) – simples*” verifica-se a capacidade de criar, modificar ou ampliar os modelos. O nível simples inclui a definição de novas variáveis, acrescentando relações diretas e a criação de modelos constituídos por apenas uma variável dependente e as relações diretas com esta variável. No exemplo abaixo, o modelo é expandido. Pede-se ao aluno para extrair uma nova variável relevante a partir de uma situação apresentada.

*Em nosso modelo, a radiação de saída é dependente da temperatura na Terra. Não foi levado em conta o fato de que parte da radiação de saída não está fluindo para fora, mas é refletida pela atmosfera ao redor da Terra.*

*Descreva qual variável nova (s) que você precisa para modelar esta situação.*

**Quadro 9– Exemplo de questão da categoria “criar simples”**

Criar no nível complexo inclui a criação de estruturas maiores no modelo com relações indiretas e laços de retroalimentação. No exemplo abaixo é descrita a situação de um relógio que funciona com energia solar, com várias funções sendo uma delas a iluminação da tela, dando informações sobre a energia da bateria. O aluno tem de elaborar um modelo desta situação. O objetivo do modelo é prever o tempo da bateria.

*Suponha que você tenha um relógio que funcione com energia solar. Assim como um coletor solar, células solares captam a luz visível do Sol, convertem a luz em eletricidade, e armazenam a energia na bateria do relógio. Se você costuma usar a função relógio cronômetro, o uso da bateria se intensifica. Além disso, a intensidade da iluminação do monitor é ajustada para a quantidade de energia da bateria. Quando a iluminação é fraca, você sabe que a bateria está quase vazia.*

*Desenhe um modelo desta situação, a fim de ser capaz de prever o tempo da bateria. Explique seu desenho.*

**Quadro 10– Exemplo de questão da categoria “criar complexo”**

A autora utilizou um método de pontuação com base em respostas corretas e incorretas. Quanto a relação entre as variáveis utilizadas nos modelos foram verificadas a existência e a direção da relação. Outros elementos verificados foram as declarações relacionadas a avaliação do modelo e os conhecimentos sobre o domínio.

No estudo de validação o teste ACE foi administrado a 131 estudantes com diferentes níveis de conhecimento sobre modelagem (estudantes de ensino médio, estudantes de Psicologia do primeiro ano, e estudantes do primeiro ano de Engenharia Física, que havia completado um curso sobre modelagem).

Uma análise das respostas produziu provas de que as habilidades de raciocínio são compostas por quatro sub-escalas unidimensionais, ou seja, aplicação, criação, avaliação e reprodução do conhecimento conceitual. As três primeiras sub-escalas são os processos de raciocínio, conforme descrito no teste ACE. A quarta sub-escala, reprodução, diz respeito a itens de teste sobre o conhecimento conceitual do domínio (quadro 11).

<b>Reproduzir - simples</b>
<i>O que é o albedo (ou refletividade) de uma substância?</i>
<b>Reproduzir - complexo</b>
<i>Qual é a relação entre a energia na Terra e a temperatura na Terra? Descrever o papel da capacidade de calor.</i>

**Quadro 11 – Exemplo de questões da categoria “reproduzir (R)”**

No que diz respeito à dimensão de complexidade, verificou-se que as atividades sobre situações complexas foram significativamente mais difíceis do que as simples. O teste demonstrou um diferencial entre os alunos com e sem experiência em modelagem e uma tendência foi verificada em favor dos alunos com o conhecimento de domínio.

A fim de investigar o poder discriminativo do teste, dois estudos comparativos foram realizados em duas abordagens de ensino. O objetivo era saber se o teste seria sensível o suficiente para detectar diferenças nos resultados de aprendizagem em diferentes modos de instrução.

No primeiro estudo comparativo foi utilizada a instrução expositiva. Os alunos foram expostos diretamente aos conceitos de domínio e trabalharam estes conceitos através da criação de um modelo.

Os participantes foram alunos de ensino médio de duas escolas. Os participantes tinham entre 16 e 19 anos. No total, 74 participantes completaram a instrução, 68,9% eram do sexo masculino, 31,1% eram do sexo feminino.

Com este estudo foi verificado que os alunos tiveram melhor desempenho na modelagem de problemas de situações complexas. Não foram encontradas diferenças para aplicar o conhecimento e na criação de modelos. Estes resultados indicaram que o teste ACE é capaz de medir as diferenças entre os grupos com relação aos processos descritos no modelo ACE.

No segundo estudo comparativo foi utilizada a aprendizagem por pesquisa. Semelhante ao estudo anterior, os alunos trabalharam de forma independente em atividades sobre o aquecimento global. Os alunos podiam construir e explorar um modelo responder às perguntas, alterar os parâmetros e observar as consequências.

Os participantes foram alunos do primeiro ano do ensino médio de duas escolas do ensino secundário. Dos 85 alunos que iniciaram o experimento 76 completaram ambas as sessões. Os estudantes tinham idades de 16 a 19 anos sendo 40,8% do sexo masculino e 59,2% do sexo feminino.

Como no primeiro estudo comparativo foi observado um melhor desempenho em problemas complexos. As atividades neste estudo mostraram diferenças para os processos de reprodução, aplicação e criação. Os alunos submetidos ao uso de modelagem por de meio de aulas expositivas tiveram um melhor desempenho no processo reprodução simples. O segundo grupo apresentou um melhor desempenho na aplicação de conhecimento complexo e criação de modelos simples. Não foram encontradas diferenças na avaliação dos modelos.

Os dois estudos comparativos em relação a cada um dos modos de ensino forneceram informações detalhadas sobre as diferenças de desempenho entre os dois grupos. Os dados dos dois estudos comparativos foram analisados de forma combinada para continuar a explorar as vantagens e desvantagens dos diferentes modos de instrução.

Estas análises permitiram encontrar subsídios para as seguintes conclusões:

- Para obter conhecimento de um domínio conceitual simples, criar um modelo parece ser desvantajoso.
- O melhor desempenho parece ser realizado utilizando modelagem com uma abordagem expositiva.
- No entanto, a fim de aprender o raciocínio com estruturas complexas, a aprendizagem por pesquisa e modelagem parece ser mais eficaz.
- Com relação a habilidade dos alunos de construir modelos não foram encontradas diferenças entre os diferentes modos de instrução.

### 2.3.3 Inventário Sobre Concepções

Ao planejar estratégias didáticas para o ensino de ciências é importante considerar que os estudantes possuem conhecimentos prévios adquiridos ao longo do tempo e que nem sempre estão de acordo com os conceitos científicos.

Tais concepções alternativas (também denominadas intuitivas, espontâneas, contextualmente errôneas ou ainda pré-concepções) podem ser identificadas em diversas culturas e influenciam fortemente na aprendizagem, causando resistência a mudança para conceitos científicos independentemente do tempo de envolvimento com a instrução tradicional.

Isso pode ser observado no caso de alunos que, apesar de, aparentemente, terem adquirido concepções científicas, tendo inclusive resolvido problemas, para os quais o domínio destas concepções é supostamente necessário, como questões envolvendo fórmulas ou respostas diretas sobre um determinado conceito, posteriormente voltam a apresentar as mesmas concepções alternativas.

Um estudo desenvolvido pelos pesquisadores Shelley Yeo e Marjan Zadnik (2001) da Universidade de Curtin, na Austrália, deu origem a um instrumento de avaliação para verificar uma ampla gama de crenças e concepções de estudantes sobre conceitos térmicos, e pode ser aplicado a alunos de ensino médio.

Embora existam pesquisas que aplicaram instrumentos similares, o inventário desenvolvido pelos pesquisadores se notabiliza pela abrangência, como resultado de um cuidadoso estudo de levantamento das pesquisas realizadas na área de concepções alternativas sobre fenômenos térmicos.

Com base nesses estudos, os autores classificaram os resultados encontrados em quatro dimensões principais “Concepções dos estudantes sobre:” (A) calor, (B) temperatura, (C) transferência de calor e mudança de temperatura, (D) propriedades térmicas dos materiais, sendo que cada uma delas foi rubricada por expressões linguísticas ingênuas que representam os diferentes tipos de concepções alternativas associados à dimensão, conforme mostrado na primeira coluna do quadro 12.

Concepções alternativas	Número da questão
<b>A: Concepções dos estudantes sobre o calor</b>	
É uma substância	10,22
Não é energia	22
Calor e frio são diferentes	10,13,18,23,24
Calor e temperatura são a mesma coisa	15,18
Calor é proporcional à temperatura	7,11,15
Calor não é mensurável	7
<b>B: Concepções dos estudantes sobre temperatura</b>	
A temperatura é a 'intensidade' do calor	15
O toque pode determinar a temperatura	16
Percepções de calor e frio não estão relacionadas com transferência de energia	10,18,21,22
Quando a temperatura de ebulição permanece constante, alguma coisa está 'errada'	5
O ponto de ebulição é a máxima temperatura que uma substância pode atingir	19
Um corpo frio não contém calor	7,10,11,22,26
A temperatura de um objeto depende do seu tamanho	1,9,14
Não há limite para as temperaturas mais baixas	25
<b>C: Concepções dos estudantes sobre transferência de calor e mudança na temperatura</b>	
Aquecimento sempre resulta em uma elevação da temperatura	3,4,5
Calor se movimenta apenas para cima	20
Calor ascende (se eleva)	20
Calor e frio fluem como líquidos	10,13
Temperatura pode ser transferida	7,13
Objetos a diferentes temperaturas em contato com um outro, ou em contato com o ar a diferente temperatura, não necessariamente atingirão a mesma temperatura (equilíbrio térmico não é um conceito)	1,2,3,6,9,10,17,24
Objetos quentes naturalmente se esfriam, objetos frios naturalmente se aquecem.	3,13
Calor flui mais lentamente em condutores fazendo com que eles pareçam quentes	25
A teoria cinética não explica de fato a transferência de calor (explicações são utilizadas, mas não necessariamente acreditadas)	18,20,21
<b>D: Concepções dos estudantes sobre propriedades térmicas dos materiais</b>	
Temperatura é uma propriedade de um material ou um objeto em particular	9,14,16,24
Metal tem a habilidade de atrair, reter, intensificar ou absorver calor e frio.	9,14,16,20
Objetos que se aquecem rapidamente não se esfriam rapidamente	25
Diferentes materiais retêm a mesma quantidade de calor	11
O ponto de ebulição da água é 100 °c (somente)	4,8,19
Gelo encontra-se a 0 °c e/ou não pode mudar de temperatura	1
Água não se encontra a 0 °c (água é sempre líquida)	2,11
Vapor se encontra a mais do que 100 °c	6,19
Materiais como lã têm a capacidade de aquecer as coisas	17,23
Alguns materiais são difíceis de aquecer: eles são mais resistentes ao aquecimento	26
Bolhas significam ebulição	
As bolhas na ebulição da água contêm 'ar', 'oxigênio' ou 'nada'	12

Quadro 12 - Concepções alternativas em física térmica (adaptado de Yeo e Zadnik, 2001)

Um instrumento de avaliação foi elaborado com base nesta classificação, sendo composto por 26 questões de múltipla escolha contendo quatro ou cinco alternativas. Uma possível associação dessas questões com as 4 dimensões de concepções alternativas, através de suas respectivas rubricas, é mostrada na 2ª coluna do quadro 12.

É importante notar que uma dada questão pode ter respostas alternativas que se associam a mais de uma dimensão, embora os autores tenham se absterido de explicitar esta associação, como também de indicar a resposta científica (gabarito) de cada questão. Uma contagem no quadro 12 permite verificar que cada dimensão estaria tendo a seguinte participação no instrumento: A (14 questões); B (17 questões); C (21 questões); D (22 questões).

As perguntas são formuladas com base em cenários que lhes são familiares, tal como uma conversa que ocorre entre adolescentes em casa ou na cafeteria de uma escola sobre objetos do cotidiano, que eles (alunos) possam ter manipulado ou vivenciados diretamente. É solicitado também que eles(as) escolham a opção de resposta que esteja mais próxima do seu entendimento (quadro 13).

<b><i>Thermal Concept Evaluation</i></b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ This questionnaire is about your understandings about <i>heat</i> and <i>temperature</i>.</li><li>✓ To help visualize each situation, think of a group of friends in a kitchen or cafeteria. Imagine that they are observant and interested in understanding common phenomena. They explain their ideas to one another.</li><li>✓ For each question, choose the answer that is <i>closest to your understanding</i>.</li><li>✓ Be careful to mark the alternative you want to. Some questions have five choices.</li></ul>	
<p><b>2.</b> Ken takes six ice cubes from the freezer and puts four of them into a glass of water. He leaves two on the countertop. He stirs and stirs until the ice cubes are much smaller and have stopped melting. What is the most likely temperature of the water at this stage?</p> <p><b>a.</b> <math>-10^{\circ}\text{C}</math>    <b>b.</b> <math>0^{\circ}\text{C}</math>    <b>c.</b> <math>5^{\circ}\text{C}</math>    <b>d.</b> <math>10^{\circ}\text{C}</math></p>	
<p><b>13.</b> After cooking some eggs in the boiling water, Mel cools the eggs by putting them into a bowl of cold water. Which of the following explains the cooling process?</p> <p><b>a.</b> Temperature is transferred from the eggs to the water. <b>b.</b> Cold moves from the water into the eggs. <b>c.</b> Hot objects naturally cool down. <b>d.</b> Energy is transferred from the eggs to the water.</p>	

**Quadro 13 – Trecho do questionário (Yeo e Zadnik, 2001)**

Ao situar exemplos em contextos comuns, os autores do inventário acreditam que os alunos escolherão as respostas que correspondam às suas *próprias* concepções, em vez de escolher aquelas que refletem declarações que aprenderam, mas que não necessariamente acreditem. Outras premissas importantes utilizadas na construção das opções de resposta é que:

- Alunos com menos concepções alternativas, e para quem a “física do cotidiano” e a “física da sala de aula” são consistentes, possuem maior probabilidade de escolher a respostas que refletem concepções científicas.
- Erro do tipo I: aceitar uma alternativa incorreta, por exemplo, aceitar uma concepção alternativa bem diferente.
- Erro do tipo II: rejeitar uma alternativa correta, por exemplo, induzindo os alunos a escolher respostas que contenham declarações que considere confiáveis, tais como “o calor sobe” ou “evaporação provoca resfriamento”.

O instrumento foi aplicado a 478 estudantes australianos de ensino médio e de nível superior com as seguintes características.

Ano (Série)	Equivalente no Brasil	Nível de conhecimento
10	1º ano ensino médio	Ciência geral.
11	2º ano ensino médio	Conceitos de calor, temperatura, transferência de calor, calor específico e calor latente.
12	3º ano ensino médio	Termodinâmica (cinética de reação).
13 (pós-teste)	1º ano universitário	Cálculo baseado em Física.
13 (pré-teste)	1º ano universitário	Termodinâmica.

**Quadro 14 – Alunos australianos submetidos ao instrumento**

No que se refere à análise dos dados, os autores descrevem uma análise clássica de itens para demonstrar a qualidade do instrumento. Por exemplo, a validade por conteúdo ficou evidenciada pela ordem crescente dos valores médios obtidos das respostas científicas em relação direta com os anos de escolaridade de sua amostra (figura 4), como também pelo aumento do índice de discriminação de cada questão com o teste como um todo, quando se tomava como opção correta a resposta “científica” em relação a qualquer uma das demais respostas baseadas em concepção alternativa. Outros estudos de validade foram também realizados com

base na validade por constructo e por “face validity”, ou seja, por um julgamento do tipo “assim é se lhe parece”.

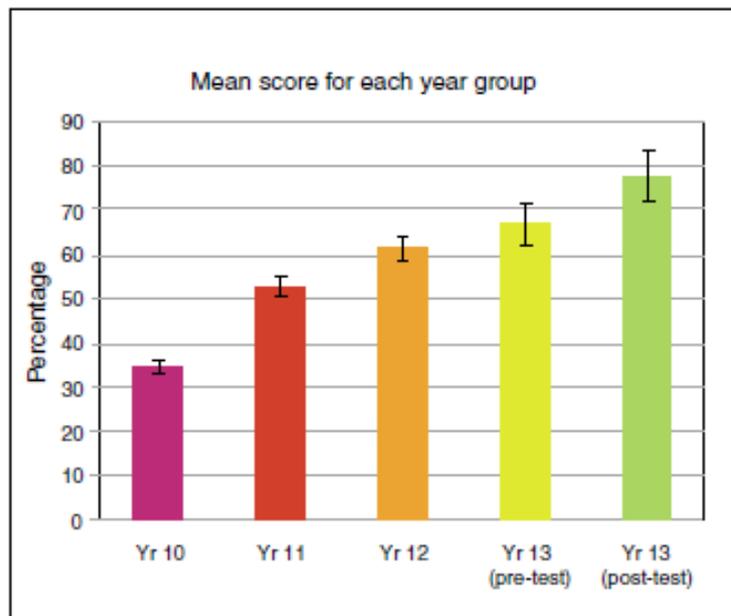


Figura 4 – Percentual de respostas científicas obtidas pelos estudantes (Yeo e Zadnik, 2001)

Os resultados obtidos após as análises dos dados apontaram para a efetividade do instrumento na verificação das concepções dos alunos e que o inventário pode ser utilizado para diferentes propósitos como: um instrumento para pré-teste e pós-teste; para avaliar concepções alternativas em um grupo de estudantes em qualquer momento durante o curso; apoiar o planejamento de atividades didáticas.

### 2.3.4 Considerações Sobre os Trabalhos Relacionados

O estudo dos trabalhos relacionados para fundamentar a presente pesquisa indicou: (i) a viabilidade do uso da modelagem dinâmica computacional e do ambiente de modelagem semi-quantitativo JlinkIt no ensino de Física Térmica proposto por Oliveira (2009) como uma estratégia didática que permite verificar o desempenho dos alunos com e sem o uso de modelagem; (ii) o instrumento de avaliação das atividades específicas de modelagem dinâmica proposto e validado por Borkulo (2009) produziu evidências que as habilidades de raciocínio previstas pelo modelo ACE são válidas e (iii) o inventário produzido por Zadnik e Yeo (2001) a

partir de suas pesquisas sobre concepções alternativas sobre Física Térmica possibilitam um diagnóstico dos alunos quanto ao aprendizado.

Estes aspectos permitiram a elaboração de uma proposta de aplicação institucionalizada da modelagem computacional no ensino de física. Esta proposta será considerada a seguir.

# 3

## A PROPOSTA

---

---

Neste capítulo serão apresentadas as estratégias didáticas e de avaliação que foram estruturadas para responder as questões de pesquisa levantadas para este trabalho.

### 3.1 Detalhamento da Proposta

O objetivo da presente pesquisa é validar um processo de avaliação de aprendizagem com o uso de um ambiente de modelagem computacional como inovação curricular.

Em vista disso, faz-se necessário aplicar em um ambiente escolar uma proposta que utilize a modelagem computacional dinâmica associada a uma estratégia pedagógica e de avaliação que permitam verificar seus efeitos na aprendizagem, de modo a responder as questões de pesquisa apresentadas no capítulo inicial.

Assim, a proposta deste trabalho envolve uma aplicação institucional para todos os alunos do segundo ano de uma escola pública de nível médio na disciplina de física, no conteúdo de Física Térmica. A figura 5 apresenta as etapas que envolvem a aplicação da proposta.

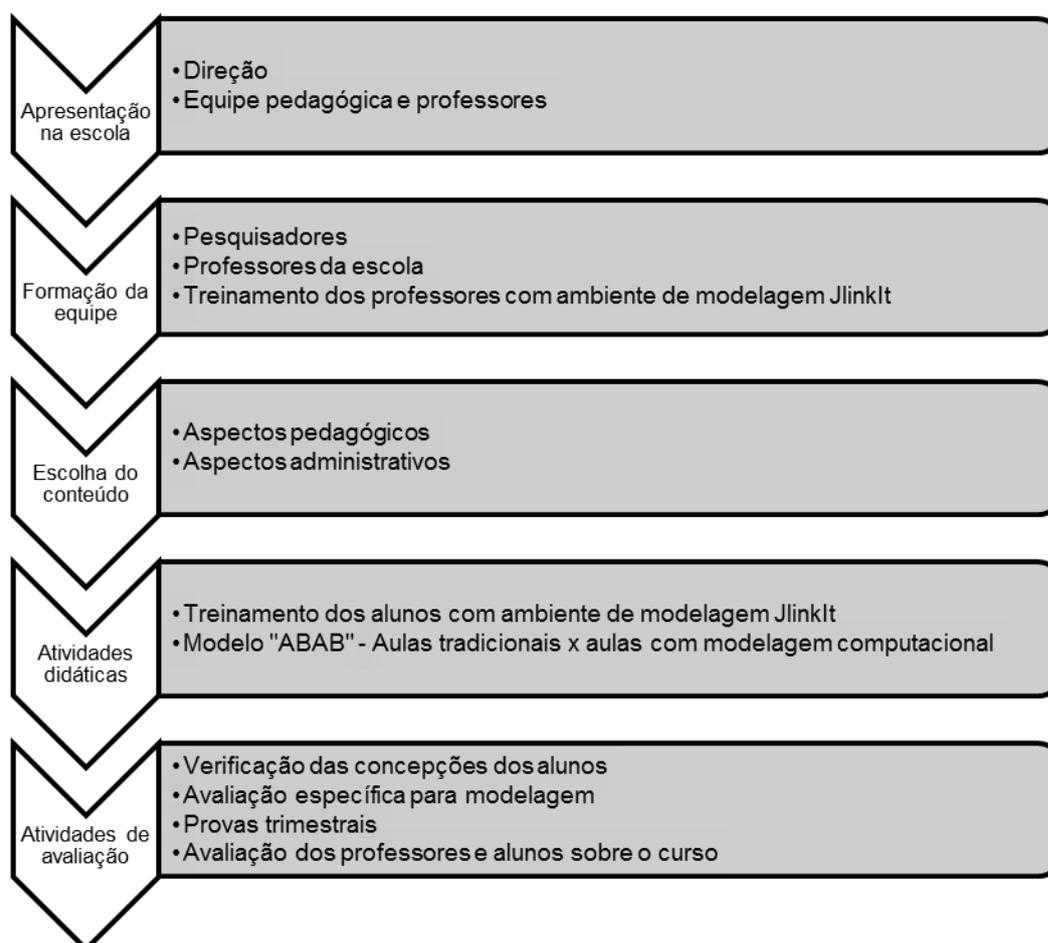


Figura 5 – Etapas da proposta pedagógica

### 3.1.1 Apresentação da Proposta na Escola

A etapa inicial envolveu a apresentação da proposta de inovação curricular na escola. Inicialmente foi realizada uma reunião com os gestores da Escola Técnica Estadual Oscar Tenório, unidade pertencente à Fundação de Apoio à Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro (FAETEC). A escolha da escola se deu pelo fato do pesquisador atuar na unidade e pela motivação dos gestores, equipe pedagógica e professores em reduzir os problemas de aprendizado no conteúdo de Física.

Durante a apresentação o pesquisador utilizou dados fornecidos pela unidade escolar que indicavam as dificuldades dos alunos no aprendizado de física. Em seguida foram considerados alguns dos trabalhos desenvolvidos pelo GINAPE/UFRJ e os resultados positivos obtidos através do uso de atividades didáticas associadas ao uso de modelagem computacional. Foi realizada uma demonstração de uso do ambiente JlinkIt e ao final nossa proposta de inovação curricular.

Os gestores se manifestaram de forma favorável ao projeto e, em um novo encontro, a proposta foi apresentada à equipe pedagógica e aos professores da equipe de física da escola, além de professores de outras áreas que manifestaram interesse em conhecer o projeto de inovação curricular.

Esta nova apresentação contou com a participação do autor da presente pesquisa e de mais dois pesquisadores do grupo GINAPE/UFRJ. Foi apresentado um breve histórico das atividades do grupo no uso das TIC na educação, o desenvolvimento do ambiente JlinkIt e a proposta de inovação curricular. Ao final foram respondidas questões pertinentes ao uso da modelagem dinâmica computacional no ensino de ciências. A equipe pedagógica e o grupo de professores de física mostraram interesse na aplicação da proposta e, com o aval dos gestores da escola, deu-se início a fase de planejamento do projeto na unidade escolar.

### 3.1.2 Formação da Equipe

A formação da equipe para o planejamento e aplicação da proposta envolveu o autor, dois pesquisadores do grupo GINAPE/UFRJ e dois professores de física da escola, interessados no projeto e que possuíam a disponibilidade necessária para participar do mesmo. Em seguida foi realizado um treinamento, antes do início do

ano letivo, com os professores selecionados, sobre modelagem dinâmica computacional e o ambiente JlinkIt utilizando os tutoriais e exemplos fornecidos pela página do ambiente disponibilizada na Internet através do endereço eletrônico <http://www.nce.ufrj.br/ginape/JLinkIt/index.htm>.

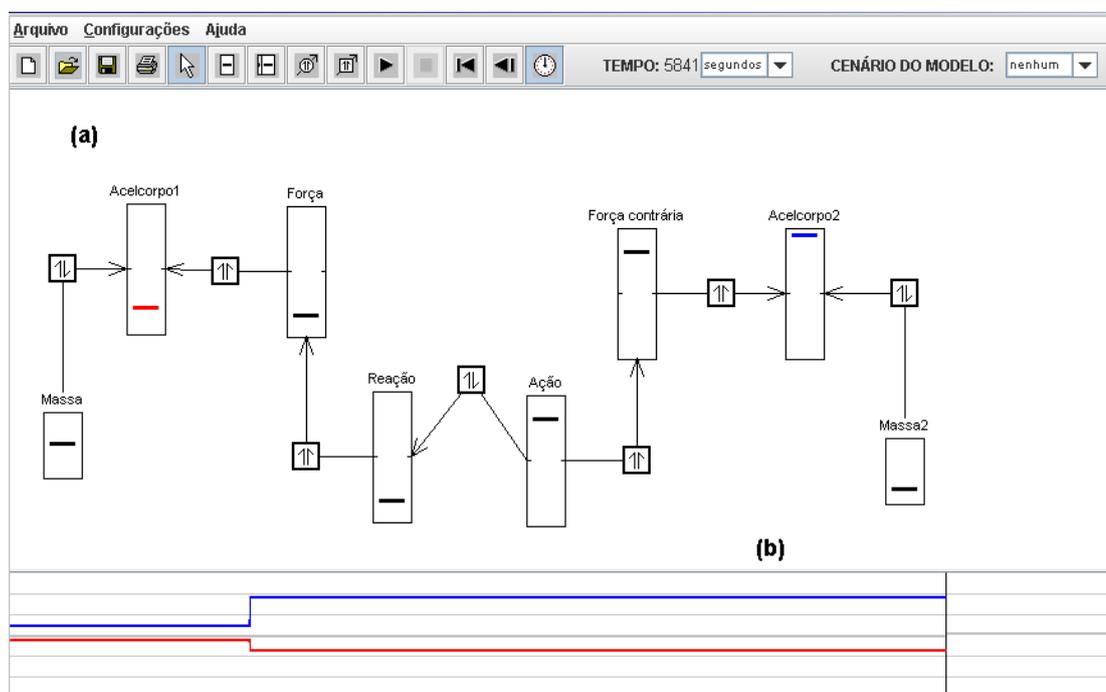


Figura 6 – Ambiente JlinkIt

A escolha desse ambiente se deve pelos resultados satisfatórios obtidos por seu uso em atividades didáticas, como demonstrado por Oliveira (2009) e por características do ambiente que facilitam seu uso por alunos e professores como: simplicidade na interface; a possibilidade de construção de modelos utilizando uma linguagem semi-quantitativa sem a necessidade de trabalhar com equações matemáticas, mas somente fornecer relações causais entre as variáveis; uso de gráficos para representação dos resultados das simulações; possibilidade de uso de imagens em conjunto com os modelos criados para facilitar seu entendimento; o uso do ambiente através da Internet.

### 3.1.3 Escolha do Conteúdo

A escolha do conteúdo de física térmica para aplicação da proposta levou em conta aspectos pedagógicos visto que, segundo informações obtidas na unidade escolar, é no segundo ano que os alunos apresentam pior rendimento na disciplina

de física e, portanto, sendo o período em que uma intervenção por meio de uma inovação curricular se mostraria inicialmente mais interessante. Outro fator importante foi a disposição dos gestores em ajustar os horários dos professores da escola envolvidos no projeto e em todas as turmas de segundo ano para que pudessem participar do projeto, o que não seria possível, no momento, para turmas de primeiro e terceiro ano por impossibilidade de ajuste nos horários e fatores administrativos.

Os tópicos de física térmica abordados (quadro 15) foram selecionados a partir de reuniões de planejamento realizadas pela equipe de professores de física da unidade e foram inseridos em um plano de ensino de forma que os tópicos fossem ministrados durante as aulas presenciais realizadas uma vez por semana com duração de 1h e 40 min cada, durante três trimestres, totalizando 36 semanas.

<b>Conteúdo da disciplina de física</b>
Calor, temperatura, equilíbrio térmico e energia interna.
Escalas termométricas
Dilatação térmica - conceitos
Estados físicos da matéria
Propagação do calor
Energia nuclear
Trocas de Calor
Estudo dos gases
Transformações gasosas
Termodinâmica – Primeira lei
Termodinâmica – Segunda lei
A utilização de máquinas térmicas

**Quadro 15 – Conteúdos abordados**

Ao abordar os conteúdos específicos de física térmica foram também inseridos tópicos envolvendo a física e o meio ambiente em função das atividades

interdisciplinares relacionadas a Agenda 21 Escolar , do qual a rede FAETEC participa com o projeto “Agenda 21 Escolar FAETEC”

### 3.1.4 Atividades Didáticas

No início do ano letivo de 2010 os alunos tiveram um treinamento sobre modelagem dinâmica de sistemas com o uso do ambiente de modelagem Jlinkit. Para isso foi utilizado parte do material instrucional desenvolvido por Oliveira (2009). Este treinamento foi realizado no laboratório de informática durante quatro semanas em atividades de 1h e 40 min de duração, aproveitando os horários vagos dos alunos com a seguinte organização:

Atividade	Tema abordado
Atividade 1 - Compreender as relações causais entre pares de variáveis.	Buscando Causas e Efeitos na Natureza.
Atividade 2 – Compreender os ciclos de retroalimentação.	Buscando Causas e Efeitos na Natureza em Ciclos Fechados.
Atividade 3 - construção e simulação de modelos dinâmicos.	Trabalhando Causa e Efeito com o Ambiente de Modelagem Jlinkit.
Atividade 4 - construção e simulação de modelos dinâmicos.	Trabalhando Causa e Efeito com o Ambiente de Modelagem Jlinkit.

**Quadro 16 – Etapas do treinamento com os alunos**

Além das atividades de modelagem foram utilizados outros recursos didáticos como apresentações de slides, vídeos e uso de planilhas em atividades de sala de aula e também nos laboratórios de física e de informática.

Quanto à organização das atividades foi levado em conta que uma proposta com características institucionais não permite que sejam utilizadas amostras randômicas nem, tampouco, grupos de controle. Assim, o nosso estudo foi organizado na forma de um quase-experimento usando o modelo conhecido na literatura como de “um único caso ABAB” (Cohen et al 2000) ,utilizado com sucesso no trabalho de Oliveira( 2009), que consiste em, alternadamente, aplicar (A) e deixar de aplicar (B) uma nova situação experimental a um mesmo grupo de alunos, criando uma sequência experimental ABAB. No presente caso, a situação experimental “A” seria o uso durante aproximadamente seis semanas da modelagem computacional como recurso didático e a situação B seria a utilização, com o mesmo

período de seis semanas, dos recursos que tradicionalmente vêm sendo utilizados pela escola em estudo. Além disso, começou-se o curso com a situação didática tradicional “B”.

### 3.1.5 Atividades de Avaliação

Quanto as atividades de avaliação planejadas para fornecer indicadores de desempenho de nossa proposta foi utilizado um instrumento para verificar as concepções científicas e alternativas dos alunos sobre o domínio de física térmica, instrumentos específicos para atividades de modelagem, provas tradicionais e questionários para verificar as impressões de alunos e professores sobre as atividades utilizadas durante o curso.

O instrumento utilizado para verificar as concepções dos alunos foi uma adaptação para a língua portuguesa do inventário pelos pesquisadores Yeo e Zadnik (2001). A escolha deste instrumento se justifica pela abrangência que o mesmo apresenta, como resultado de um cuidadoso estudo de levantamento das pesquisas realizadas na área de concepções alternativas sobre fenômenos térmicos, feito pelos autores. O instrumento foi aplicado no início (pré-teste) e no término (pós teste) das atividades do curso.

Com o objetivo de verificar os resultados específicos de aprendizagem que podem ser obtidos por meio da modelagem computacional, foram utilizadas avaliações segundo o modelo ACE utilizando as fases “Aplicar”, “Criar” e “Avaliar” planejadas na forma simples e complexa nos mesmos moldes propostos por Borkulo (2009) para o domínio de Física Térmica. Estas avaliações foram aplicadas três vezes durante os diferentes períodos de ensino-aprendizagem do curso.

O sistema de avaliação da escola em tela prevê seis provas trimestrais (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) que foram aplicadas sempre após a conclusão de um ciclo didático seguindo o modelo “ABAB” mencionado na seção anterior, formando, portanto a sequência “**BP<sub>1</sub>AP<sub>2</sub>BP<sub>3</sub>AP<sub>4</sub>BP<sub>5</sub>AP<sub>6</sub>**” quando se considera o ensino-aprendizado e a avaliação.

A avaliação dos alunos e dos professores sobre suas impressões relacionadas as atividades didáticas e de avaliação utilizadas durante o curso foram obtidas por meio de entrevistas com grupos de alunos e com os professores participantes da pesquisa. Além disso, os alunos receberam um formulário onde

puderam opinar sobre as aulas com modelagem, o ambiente JlinkIt, os métodos e recursos utilizados pelo professor.

### 3.2 Detalhamento do Conteúdo e Cronograma de Atividades

A aplicação da proposta envolveu a planejamento de um cronograma envolvendo os tópicos a serem abordados, atividades de aula e de avaliação ao longo do ano letivo.

Os conteúdos discutidos em aula foram planejados levando em consideração o calendário acadêmico apresentado aos professores no início do ano letivo e possíveis dificuldades que pudessem impactar o cumprimento das aulas planejadas para os três trimestres. Também foram inseridos ao conteúdo tópicos sobre a física e o meio ambiente para atender os objetivos explicitados na seção 3.1.3.

Para cada conteúdo foram inseridos recursos didáticos (quadro 17) que melhor se adequassem as estratégias planejadas pela equipe de professores e pelo pesquisador para atender os objetivos de cada tópico dentro de cada etapa da proposta pedagógica para o curso (figura 7).

Conteúdo/Estratégia	Recurso didático
Apresentação / avaliação diagnóstica	PowerPoint, Vídeo, Formulários
Calor, temperatura, equilíbrio térmico e energia interna	Vídeo efeito estufa
Escalas termométricas	Animações didáticas
Debate sobre o vídeo	Vídeo - uma verdade inconveniente
Dilatação térmica - conceitos	Apresentação em PowerPoint Vídeo telecurso
Aula prática - dilatação	Dilatômetro
Estados físicos da matéria	Animações didáticas/ vídeo telecurso
Prática com software	JlinkIt – Modelo do dilatômetro
Propagação do calor	PowerPoint
Calorimetria	livro
Energia nuclear	Vídeo "O desastre de Chernobyl"
Trocas de Calor	Aula telecurso 2000
Prática com modelagem computacional	JlinkIt – Modelo do Efeito Estufa
Estudo dos gases	Aula telecurso 2000
Transformações gasosas	Livro
Temodinâmica	Vídeo montagem do motor
A formação do planeta Terra	Vídeo "Nosso planeta, nossa casa"
Debate sobre meio ambiente	
Temodinâmica	Livro
A utilização de máquinas térmicas	Aula telecurso 2000
As transformações gasosas no motor do automóvel	Aula telecurso 2000
Prática com modelagem computacional	JlinkIt – Modelo do Motor de um Automóvel

Quadro 17 – Conteúdos e recursos didáticos associados

Etapas



Trimestre 1



Trimestre 2



Trimestre 3

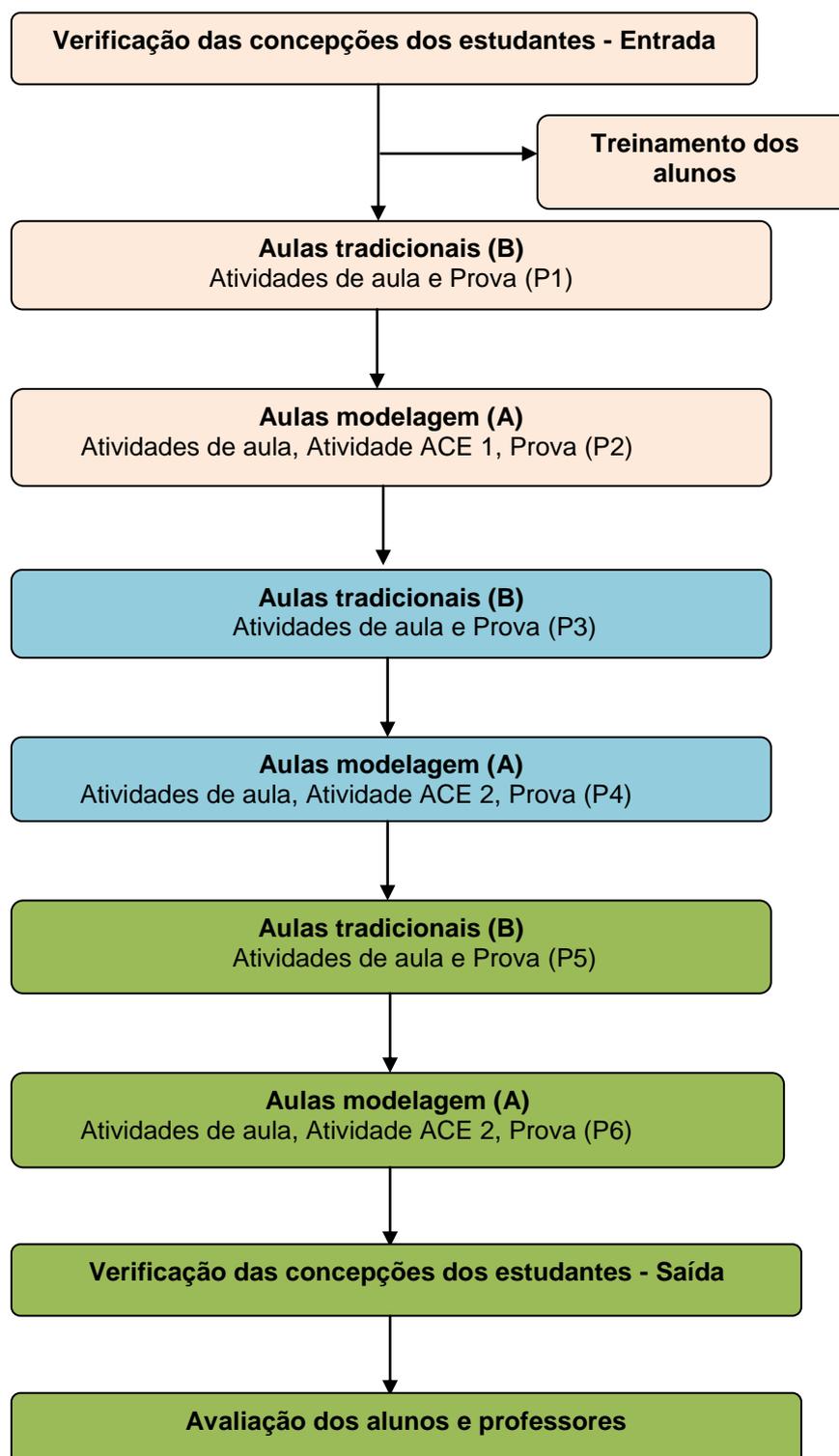


Figura 7 – Etapas da proposta pedagógica

Assim, a aplicação e validação de nossa proposta de inovação curricular baseado no uso de um ambiente de modelagem computacional envolvem os seguintes aspectos:

- Aplicação institucional para alunos de ensino médio na disciplina de física, no conteúdo de Física Térmica;
- Escolha e adequação de conteúdo programático, recursos didáticos e avaliações tradicionais utilizando o modelo proposto por Oliveira (2009);
- Uso do modelo de avaliação proposto por Borkulo (2009) durante os três trimestres do ano letivo como instrumento de avaliação no conteúdo de física térmica;
- Verificar as concepções dos alunos no conteúdo de física térmica utilizando o instrumento proposto por Yeo e Zadnik (2001) de modo a verificar suas mudanças conceituais.

O próximo capítulo abordará a elaboração dos instrumentos de avaliação utilizados nessa pesquisa.



## **4.1 Métodos e Procedimentos de Pesquisa**

Os estilos de pesquisa educacionais utilizados como base nesse trabalho são a pesquisa-ação, a pesquisa quase experimental e levantamento de dados.

Segundo Kemmis e Mc Taggart (1988), a pesquisa-ação permite intervir em um determinado ambiente e verificar os efeitos dessa intervenção. Na área educacional essa abordagem contribui para uma melhora por meio de mudanças e análise de suas consequências no processo ensino-aprendizagem.

Com esta finalidade desenvolveu-se um estudo realizado na Escola Técnica Oscar Tenório, de modo a verificar os resultados da aplicação de uma proposta de inovação curricular no ensino de Física.

Conforme abordado na seção 3.1.4 o nosso estudo foi organizado na forma de um quase-experimento usando o modelo “um único caso ABAB” (Cohen et al 2000, Oliveira,2009) para aplicação das atividades didáticas e de avaliação.

O levantamento ou coleta de dados pode ser definido como a etapa da pesquisa em que são aplicados instrumentos elaborados segundo critérios bem definidos a fim de obter e tratar os dados relacionados à investigação do problema. Para esta pesquisa, os dados foram obtidos por meio dos seguintes instrumentos: pré-teste, provas trimestrais, atividades de modelagem, pós-teste, questionário de avaliação dos alunos, questionário de observação dos professores.

## **4.2 A Amostra**

O nosso desenho experimental envolve uma aplicação institucional para todos os 151 alunos cursando a matéria de Física Térmica do segundo ano de uma escola pública de nível médio/técnico, o que nos permite fazer comparações entre o modelo de avaliação ACE e os instrumentos tradicionais de avaliação. Os alunos se encontravam distribuídos em cinco turmas conforme as características explicitadas no quadro 18.

Turma	Nº de alunos	Curso	Dia de aula
Turma A	40	Administração	Quinta
Turma B	25	Administração	Sexta
Turma C	37	Administração	Sexta
Turma D	22	Gerência de Saúde	Sexta
Turma E	27	Análise Clínica	Quinta

**Quadro 18 – Distribuição das turmas**

### 4.3 Estrutura dos Instrumentos de Avaliação

Os diferentes instrumentos de avaliação utilizados nessa pesquisa foram planejados respeitando critérios que permitissem atestar sua confiabilidade. Veremos a seguir como cada um desses instrumentos foi construído.

#### 4.3.1 Pré e Pós-teste

Conforme salientado no capítulo 3 referente a proposta, nossa pesquisa fez uso de um inventário diagnóstico para avaliar as concepções de estudantes sobre conceitos térmicos.

Para aplicar o inventário como instrumento de pré e pós teste foi realizada uma tradução de forma livre para a língua portuguesa além de adaptações para o nosso contexto, como a troca dos nomes dos personagens e também de alguns termos presentes nas questões, para que ficassem mais familiares aos alunos. Fez-se necessário definir um gabarito indicando qual opção de resposta indicaria uma resposta científica, como também associar cada opção de resposta a uma ou mais das dimensões e suas respectivas rubricas. Isto foi realizado, primeiramente, por dois professores de Física e pelo pesquisador. O resultado do processo de identificação das respostas associadas às concepções alternativas é apresentado no quadro 19.

Concepções alternativas	Número da questão e alternativa
<b>A: Concepções dos estudantes sobre o calor</b>	
É uma substância	10A
Não é energia	
Calor e frio são diferentes	23A 23B
Calor e temperatura são a mesma coisa	15A  15C 15D
Calor é proporcional à temperatura	7D  15C
Calor não é mensurável	7A
<b>B: Concepções dos estudantes sobre temperatura</b>	
A temperatura é a 'intensidade' do calor	15A  15C 15D
O toque pode determinar a temperatura	
Percepções de calor e frio não estão relacionadas com transferência de energia	21A  21B  22B  22C  22B  22C 22D
Quando a temperatura de ebulição permanece constante, alguma coisa está 'errada'	5D
O ponto de ebulição é a máxima temperatura que uma substância pode atingir	
Um corpo frio não contém calor	7A  7B 10B 11D 22B 22C 22D 26C
A temperatura de um objeto depende do seu tamanho	1D 9E 14C
Não há limite para as temperaturas mais baixas	25A 25B
<b>C: Concepções dos estudantes sobre transferência de calor e mudança na temperatura</b>	
Aquecimento sempre resulta em uma elevação da temperatura	3C 3D 4C 5C 5D
Calor se movimenta apenas para cima	20A
Calor ascende (se eleva)	20A
Calor e frio fluem como líquidos	10D 13B
Temperatura pode ser transferida	13A
Objetos a diferentes temperaturas em contato com um outro, ou em contato com o ar a diferente temperatura, não necessariamente atingirão a mesma temperatura (equilíbrio térmico não é um conceito)	1C 9A  24A   24B  24C
Objetos quentes naturalmente se esfriam, objetos frios naturalmente se aquecem.	3A  13C
Calor flui mais lentamente em condutores fazendo com que eles pareçam quentes	
A teoria cinética não explica de fato a transferência de calor (explicações são utilizadas, mas não necessariamente acreditadas)	20B 21D
<b>D: Concepções dos estudantes sobre propriedades térmicas dos materiais</b>	
Temperatura é uma propriedade de um material ou um objeto em particular	9D 14A  16B 16C 24A  24B 24C
Metal tem a habilidade de atrair, reter, intensificar ou absorver calor e frio.	9C 14D 16D
Objetos que se aquecem rapidamente não se esfriam rapidamente	25D
Diferentes materiais retêm a mesma quantidade de calor	11C
O ponto de ebulição da água é 100 °c (somente)	4D 8B 8C 8D 19B 19C 19D
Gelo encontra-se a 0 °c e/ou não pode mudar de temperatura	1B
Água não se encontra a 0 °c (água é sempre líquida)	2C 2D 11E
Vapor se encontra a mais do que 100 °c	6C 6D
Materiais como lã têm a capacidade de aquecer as coisas	23B
Alguns materiais são difíceis de aquecer: eles são mais resistentes ao aquecimento	26A 26B
Bolhas significam ebulição	
As bolhas na ebulição da água contêm 'ar', 'oxigênio' ou 'nada'	12

Quadro 19 – Instrumento adaptado com as questões e opções de resposta

Para tratar possíveis divergências sobre o processo de adaptação das questões, estas foram submetidas a outro professor (de Física) para se buscar uma decisão consensuada ou arbitrada, sendo todos estes professores participantes da presente pesquisa. Os diferentes resultados obtidos através desse processo são mostrados no quadro 20.

Na linha 1 são apresentadas as questões consensuada ou arbitradas. Mesmo assim houve casos em que, por um lado, não foi possível definir o gabarito ou identificar a dimensão a qual estava associada, sendo então essas questões assinaladas como “não tipificadas” (Linha 2). Por outro lado, houve também questões consideradas confusas que não permitiam identificar com clareza a concepção do aluno, essas foram “descartadas” da análise das respostas (Linha 3), embora não tenham sido retiradas do inventário. Além disso, as opções de respostas associadas a uma determinada dimensão foram comparadas ao trabalho original e as “discrepâncias” encontradas foram contabilizadas para cada dimensão (Linha 4). Nas demais linhas são apresentadas respectivamente as questões com opções de respostas científicas (Linha 5) ou com respostas consistentemente tipificadas com o instrumento original (Linha 6).

<b>Opções de resposta tipificadas com negociação (número da questão e alternativa)</b>	15A  15C 15D 18A  21 <sup>a</sup>
<b>Opções de resposta não tipificadas (número da questão e alternativa)</b>	2A  3A  4A  5A  6A  16E  20C  23D
<b>Questões descartadas da análise</b>	17 e 18
<b>Quantidade de questões discrepantes quanto à dimensão</b>	8 de 14 questões na dimensão A (57%) 4 de 15 questões na dimensão B (27%) 8 de 23 questões na dimensão C (35%) 3 de 22 questões na dimensão D (14%)
<b>Respostas científicas (número da questão e alternativa)</b>	1A 2B 3B 4B 5B 6B 7C 8A 9B 10C 11B 12C 13D 14B  15B 16A 19A 20D 21C 22A 23C 24D 25C 26E
<b>Opções de resposta tipificadas</b>	Vide quadro 19

**Quadro 20 – Sumário dos resultados da análise do conteúdo das questões do inventário**

Comparando o quadro 19 com o quadro 12, no capítulo 2, encontramos discrepâncias de tipificação das opções de resposta entre o nosso trabalho e o trabalho original sugerindo que algumas dimensões apresentam maiores dificuldades em serem tipificadas, como é o caso, por exemplo, da dimensão A

(“Concepções dos estudantes sobre o calor”) e suas 6 rubricas. O quadro 20 mostra que o trabalho original apresenta 14 questões que apontam para esta dimensão já em nossa verificação, observamos 8 opções de respostas diferentes das apontadas pelos pesquisadores australianos.

A aplicação do instrumento foi feita para todos os estudantes das cinco turmas e tanto no pré-teste como no pós-teste os alunos receberam orientações sobre a aplicação do inventário. Em seguida os estudantes responderam o inventário durante os dois tempos de aula totalizando uma hora e quarenta minutos.

A análise dos dados destes instrumentos tiveram dois focos principais: o perfil de respostas dos alunos de modo a analisar suas concepções científicas e espontâneas de acordo com as dimensões delineadas para o instrumento; e a verificação das características de cada questão objetivando analisar possíveis fatores que estariam influenciando os alunos na escolha de uma alternativa.

Para realização dessas análises, as respostas dos alunos a uma dada questão foram tabuladas em uma planilha e codificadas como sendo “1” na opção escolhida e “0” para as demais opções (quadro 21). Assim, por exemplo, agrupando as 24 respostas científicas possíveis dadas por um determinado aluno, teríamos um perfil de respostas formado por carreira (Byte) formada por 24 escores binários (Bit) de “1” e “0” para esses aluno em questão. O número de “1s” sobre o total 24, expresso em percentagem, definiria o índice percentual de respostas científicas desse aluno. Analogamente, definimos o índice percentual de respostas respectivamente para as concepções alternativas A,B,C e D.

FASE	TURMA	N	ALUNO	Q01A	Q01B	Q01C	Q01D
				var1	var2	var3	var4
PRÉ	A	1	ALUNO 1	1	0	0	0
PRÉ	A	2	ALUNO 2	0	1	0	0
PRÉ	A	3	ALUNO 3	0	0	0	1
PRÉ	A	4	ALUNO 4	1	0	0	0

**Quadro 21 – Respostas do aluno por questão**

### 4.3.2 Provas Trimestrais

Estas provas foram preparadas pelo professor da escola responsável por ministrar o curso aos alunos, sendo que todas foram planejadas segundo uma mesma matriz de referência (Quadro 22) para permitir comparações.

As dimensões utilizadas na matriz de referência para as avaliações trimestrais teriam como objetivo verificar os resultados obtidos pelos alunos quanto aos seguintes aspectos:

- Tipo da questão – Questões objetivas e discursivas;
- Forma de apresentação do conteúdo da questão - Questões relacionadas a análise e elaboração de modelos, desenvolvimento de cálculos baseados em aplicação de fórmulas, de gráficos para aplicação de fórmulas. Demais questões foram classificadas como “outros”;
- Contexto – Resolução de problemas típicos do contexto escolar e de questões relacionados a problemas encontrados em situações do dia a dia;
- Origem autoral – Resoluções de questões formuladas pelo professor e problemas encontrados na literatura (livros, provas de vestibular, etc.)
- Nível taxonômico cognitivo – Questões relacionadas a explicações sobre conceitos físicos e a aplicação destes conceitos na resolução de problemas.

MATRIZ DE REFERÊNCIA	PROVA 1	PROVA 2	PROVA 3	PROVA 4	PROVA 5	PROVA 6
<b>A – TIPO DA QUESTÃO</b>						
MÚLTIPLA ESCOLHA	7	1,2,4,5,6,8	1,2	4,5	4,8,9,10	4,5
SEMIABERTA	1,2,3,4,5,6,8,9,10	3,7,9,10	3,4,5,6,7,8,9,10	1,2,3,6,7,8,9,10	1,2,3,5,6,7	1,2,3,6,7,8,9,10
<b>B – FORMA DE APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DA QUESTÃO</b>						
MODELAGEM	Não aplicada	2,4	Não aplicada	1,2	Não aplicada	1,2
FÓRMULA ANALÍTICA	5	5	5,6,7	3	2,6,7	6,7,8,9,10
FÓRMULA COM GRÁFICO	7,8,9,10	6	8,9,10	8,9,10	3,9	5
OUTRAS	1,2,3,4,6	1,3,7,8,9,10	1,2,3,4	4,5,6,7	1,4,5,8,10	3,4
<b>C – CONTEXTO</b>						
ESCOLARIZADO	1,2,3,5,6,7,8,9,10	1,2,3,4,5,6,8	2,3,5,6,7,8,9,10	3,4,5,6,7,8,9,10	2,3,4,6,7,8,9,10	2,4,5,6,7,8,9,10
COTIDIANO	4	7,9,10	1,4	1,2	1,5	1,3
<b>D – ORIGEM AUTURAL</b>						
PROFESSOR	1,2,3,4,5	1,2,3,7,9	1,2,3,4	1,2,3,4,5,6,7	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5
LITERATURA	6,7,8,9,10	4,5,6,8,10	5,6,7,8,9,10	8,9,10	6,7,8,9,10	6,7,8,9,10
<b>E – NÍVEL TAXONÔMICO COGNITIVO</b>						
CONHECIMENTO	4	2,3,4	2,3	5,6	4,8	4
COMPREENSÃO E/OU APLICAÇÃO	1,2,3,5,6,7,8,9,10	1,5,6,7,8,9,10	1,4,5,6,7,8,9,10	1,2,3,4,7,8,9,10	1,2,3,5,6,7,9,10	1,2,3,5,6,7,8,9,10

Quadro 22 - Matriz de referência das provas trimestrais

Para análise dessas provas utilizou-se a teoria clássica de itens aplicada ao conjunto de questões classificadas como sendo de mesmo tipo na matriz de referência (Quadro 22). Nesta teoria são definidos três índices básicos: (i) nível de desempenho dado aqui pela média dos pontos obtidos no conjunto de questões; (ii) o índice de consistência interna definido pelo alfa de Cronbach [Cronbach,1951] entre as questões que formam um dado conjunto; e (iii) o índice de discriminação de um dado conjunto de questões com o todo formado pela prova, definido pela correlação Pearson entre os pontos obtidos pelos alunos em cada conjunto de questões e os pontos obtidos na prova.

### **4.3.3 Avaliações ACE**

As avaliações segundo o modelo ACE foram planejadas em nossa pesquisa nos mesmos moldes propostos por Borkulo (2009) e foram aplicadas durante os três trimestres em que foram utilizadas a modelagem dinâmica computacional como recurso didático, versando respectivamente sobre os seguintes temas: dilatômetro, efeito estufa e motor de 4 tempos.

Em cada avaliação foram verificadas as habilidades de raciocínio (aplicação, avaliação e criação) no modo simples e complexo.

Para exemplificar a construção desses instrumentos usaremos como exemplo a atividade ACE construída a partir do tema dilatômetro. Após a aula conceitual sobre dilatação térmica os alunos tiveram uma aula prática sobre dilatação no laboratório de física. Para isso foi montado um dilatômetro (figura 8) que funciona do seguinte modo: Ao ligar o interruptor o aquecedor entra em funcionamento, elevando a temperatura da água contida no frasco de vidro até atingir o ponto de ebulição. O vapor formado é direcionado do frasco para o tubo de metal. Por meio da troca de calor entre o vapor e o tubo de metal, este último sofre dilatação. Na extremidade do tubo oposta a da entrada do vapor, existe uma pequena haste que aciona o relógio comparador. O movimento da haste do relógio comparador aciona, por sua vez, um pino lateral para ligar/desligar o interruptor.

Dois termômetros, um instalado na entrada e outro na saída do tubo, realizam o registro da variação de temperatura sofrida pelo vapor.

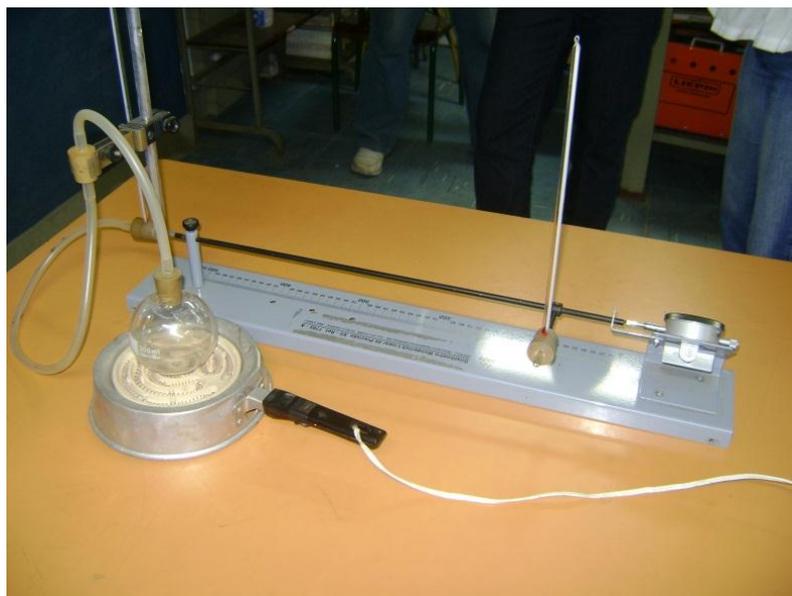


Figura 8- Dilatômetro

No laboratório de informática os alunos realizaram uma atividade baseada no dilatômetro utilizado no laboratório de Física. Foi apresentado aos alunos um diagrama causal (figura 9) representando o dilatômetro e em seguida cada dupla de alunos respondeu um questionário (quadro 23) e reproduziu um modelo do dilatômetro utilizando o JlinkIt (figura 10). Em seguida os alunos fizeram alterações no modelo e construíram um modelo relacionado a um novo problema, na mesma sequência didática indicada por Borkulo (2009).

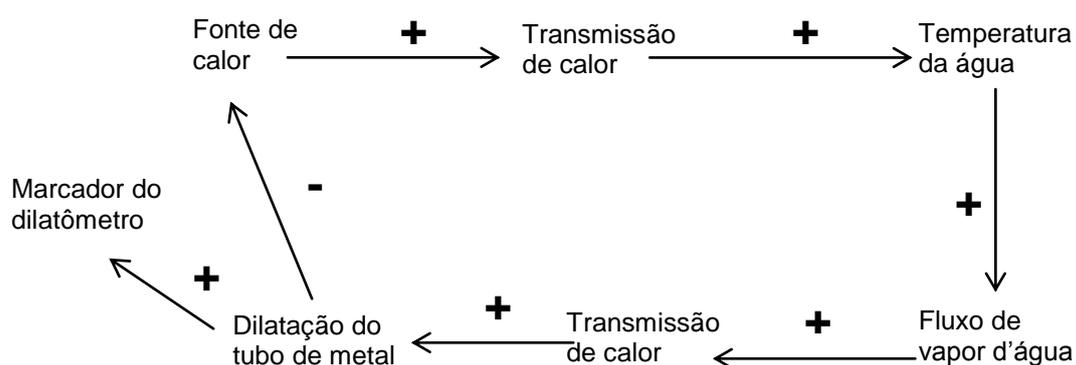


Figura 9. Diagrama causal do dilatômetro

**Aplicação – Simples**

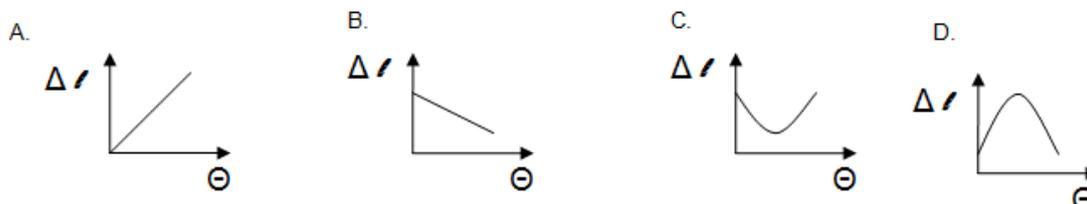
1. Escolha a afirmação correta:

- A. Quanto maior a temperatura da água, maior será o fluxo de vapor de água.
- B. Quanto maior a temperatura da água, menor será o fluxo de vapor de água.
- C. A temperatura da água não influencia o fluxo de vapor de água.

Explique sua resposta.

**Aplicação – Complexo**

2. Qual dos gráficos abaixo representa a dilatação do tubo de metal em função do aumento da temperatura da água? Justifique.

**Avaliar – Simples**

3. Seria possível obter uma dilatação maior do tubo de metal usando o fluxo de vapor da água? Justifique sua resposta.

**Avaliar – Complexo**

4. Seria possível duas barras de mesmo material recebendo a mesma variação de temperatura sofrerem dilatações diferentes?

**Criar – Simples**

5. Durante o experimento não foi levado em conta o fato do aparelho de ar-condicionado do nosso laboratório de física estar ligado em sua capacidade máxima. Altere o modelo levando em conta esta situação.

**Criar – Complexo**

6. Com base no texto de nosso livro de física construa um modelo sobre a lâmina bimetálica.

**Quadro 23 – Questões do instrumento ACE para o tema dilatômetro**

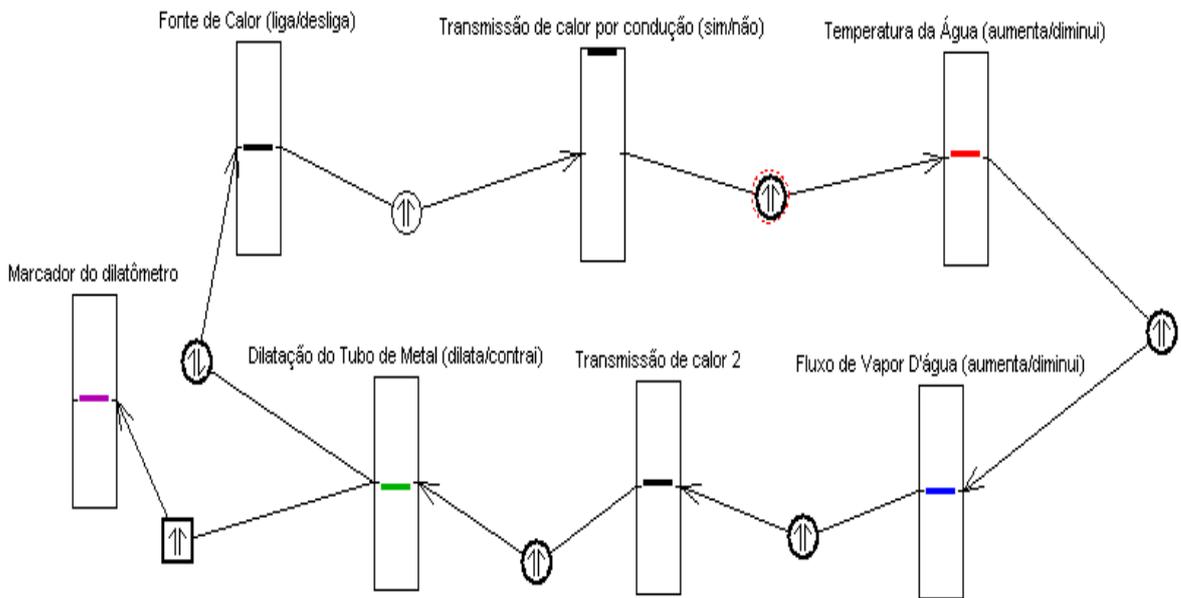


Figura 10- Modelo do dilatômetro no JlinkIt

As das respostas dos alunos em cada instrumento foram tabuladas em uma planilha de modo similar ao pós e pré-teste (quadros 24 e 25) de modo a verificar os valores médios percentuais e a consistência interna em cada uma das atividade ACE.

Turma	N	Aluno	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Nº
			var1	var2	var3	var4	var3	var4	Dupla
A	1	ALUNO 1	1	0	0	0	0	0	5
A	2	ALUNO 2	0	1	0	0	0	0	6
A	3	ALUNO 3	0	0	0	1	0	1	7
A	4	ALUNO 4	1	0	0	0	0	0	8

Quadro 24 – Respostas do aluno por questão na atividade dilatômetro

Turma	N	Aluno	....	Aplicar	
				Simplex	complexo
A	1	ALUNO 1	....	1	0
A	2	ALUNO 2	....	0	1
A	3	ALUNO 3	....	0	0
A	4	ALUNO 4	....	1	0

Quadro 25 – Desempenho dos alunos na atividade dilatômetro

#### 4.3.4 Formulários de Avaliação dos Alunos e dos Professores

Ao término do ano letivo os professores e alunos que participaram da pesquisa foram solicitados a registrar suas impressões sobre as atividades realizadas durante as aulas de Física.

O questionário de avaliação dos alunos teve por objetivo coletar opiniões sobre as aulas ministradas durante o ano letivo, o modo como os conteúdos foram ministrados, a atuação do professor e os recursos didáticos utilizados.

O questionário foi dividido em 3 dimensões com 14 questões, sendo que cada uma poderia ser assinalada pelas opções de resposta “ótimo”, “bom”, “regular” e “fraco”.

O quadro 26 mostra a matriz de referência construída para o questionário de avaliação. A análise das respostas dos alunos para esse instrumento foi obtida através de uma planilha com o objetivo de verificar os índices percentuais obtidos em cada questão.

<b>DIMENSÃO</b>	<b>QUESTÕES POR DIMENSÃO</b>
<b>OBJETIVOS E CONTEÚDOS</b>	Qualidade dos conteúdos abordados
	Aplicabilidade no cotidiano
<b>PROFESSOR</b>	Conhecimento do assunto
	Capacidade de comunicação
	Capacidade de motivar os alunos
	Atividades propostas
	Orientação e esclarecimento de dúvidas
	Relacionamento com os alunos
	Respeito aos horários
	Frequência as aulas
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>	Livros e textos
	Recursos audiovisuais
	Experimentos no laboratório de física
	Atividades com modelagem e jlinkit

**Quadro 26 – Matriz de referência para o questionário de avaliação dos alunos**

O relatório de observação dos professores teve o intuito de verificar suas impressões sobre as mudanças percebidas quanto às suas atitudes e ao aprendizado. Também teve por objetivo registrar suas impressões quanto às estratégias didáticas e de avaliação com o uso da modelagem.

Os dados obtidos com a aplicação dos instrumentos descritos acima foram tabulados e analisados, permitindo verificar os resultados da aplicação da proposta e comparar a avaliação com modelagem em relação as provas tradicionais. Estes resultados serão considerados no próximo capítulo.

# 5 RESULTADOS

---

---

---

---

---

---

Neste capítulo são analisados os dados obtidos no estudo. Para a análise quantitativa dos dados foram utilizados os softwares SPSS for Windows – Release 9.0 e 17.0 e Microsoft Excel 2007.

## **5.1 Alterações no Cronograma e Implicações**

Durante a fase de planejamento da proposta da presente pesquisa foi feita uma análise cuidadosa do calendário acadêmico com o objetivo de evitar imprevistos que pudessem causar problemas no cumprimento do cronograma das atividades didáticas e de avaliação. No entanto, fatores fora de nosso controle como cancelamento das atividades escolares devido à paralizações, greve dos professores e a copa do mundo de futebol nos obrigaram a fazer ajustes no cronograma alterando assim a quantidade de atividades didáticas originalmente previstas. Este fato pode ter alterado os resultados apresentados neste capítulo referentes aos instrumentos de avaliação aplicados.

## **5.2 Resultados do Pré e Pós-teste**

Esta seção apresenta os resultados obtidos pela aplicação do instrumento diagnóstico sobre concepções dos alunos sobre concepções científicas e alternativas sobre física térmica.

### **5.2.1 Validação Interna das Dimensões e das Respostas Científicas**

Foi realizada uma validação interna com base na consistência das respostas dadas pelos alunos às questões tipificadas nas respectivas concepções alternativas ou como resposta científica. Para tanto, utilizamos como índice de consistência interna o alfa de Cronbach [1951] na forma não padronizada (apenas as médias são tomadas como iguais). O quadro 27 apresenta os valores de alfa calculados para cada uma das dimensões A, B, C e D, como também para as respostas científicas, tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

Dimensão	N Rubricas	Pre-Teste (alfa)	Pós-Teste (alfa)
<b>Científica</b>	24	0,18	0,71
<b>A: Concepções dos estudantes sobre o calor</b>	5	0,12	0,21
<b>B: Concepções dos estudantes sobre temperatura</b>	6	0,22	0,46
<b>C: Concepções dos estudantes sobre transferência de calor e mudança na temperatura</b>	8	0,03	0,31
<b>D: Concepções dos estudantes sobre propriedades térmicas dos materiais</b>	11	0,10	0,39

**Quadro 27 - Índice de consistência interna para as dimensões A,B,C e D e científicas**

Esta análise de consistência apresenta valores muito baixos para o coeficiente alfa, indicando que é pouco confiável definir uma escala de respostas científicas ou escalas de respostas para diferentes concepções alternativas A, B, C e D, a partir dos itens do inventário adaptado. Contudo, o fato de que as consistências melhoraram consideravelmente após um ano de aprendizagem, tanto para as escalas de conceitos científicos quanto de concepções alternativas, sugerem que estas escalas realmente existem e, o que parece ser deveras interessante, é que o processo de ensino-aprendizagem escolar é estruturante para todas as escalas.

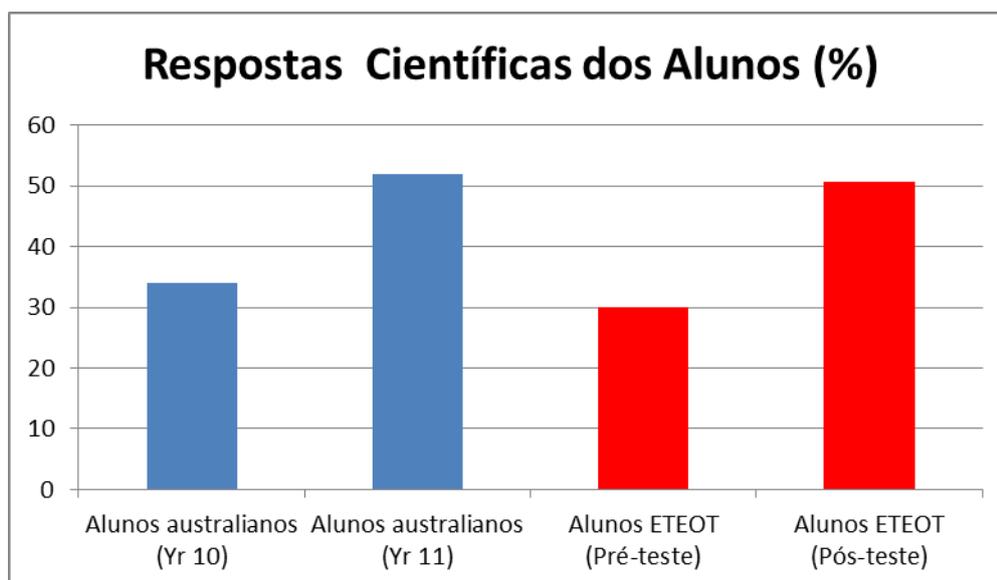
### **5.2.2 Determinação do Nível Médio e Análise da Variação das Respostas**

Tendo em mente as observações explicitadas na seção 5.2.1, o quadro 28 apresenta os níveis médios percentuais de respostas científicas bem como para cada uma das dimensões A, B, C e D representativas das concepções alternativas, tanto no pré-teste quanto no pós-teste. São mostradas também as respectivas variações desses índices entre essas duas aplicações e o teste de significância (T-test) para as mesmas.

Dimensão	Pre-Teste (%)	Pós-Teste (%)	Varição	T-test
<b>Científica</b>	30,0	50,6	20,6	0,00
<b>A: Concepções dos estudantes sobre o calor</b>	23,2	13,2	-10,0	0,00
<b>B: Concepções dos estudantes sobre temperatura</b>	23,0	16,7	-6,3	0,00
<b>C: Concepções dos estudantes sobre transferência de calor e mudança na temperatura</b>	26,0	18,6	-7,4	0,00
<b>D: Concepções dos estudantes sobre propriedades térmicas dos materiais</b>	26,8	16,1	-10,7	0,00

**Quadro 28 - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes**

Observa-se que os alunos começaram o ano letivo com 30,0% de resposta científica e terminaram com 50,6%, sendo esta variação positiva significativa ao nível de 1%. Comparando estes resultados com os obtidos por Yeo e Zadnik (2001) para as amostras com faixas etárias equivalentes a nossa amostra, podemos verificar que os valores obtidos são bastante similares, conforme indicado no gráfico da figura 11.



**Figura 11 - Comparação dos resultados de nossa amostra e as de Yeo e Zadnik**

Como se pode observar também no quadro 28, este aumento da construção dos conceitos científicos por parte dos alunos foi feita às expensas da evolução conceitual de todas as quatro dimensões de concepções alternativas analisadas no escopo deste trabalho. Assim, complementando a conclusão anterior sobre o efeito do processo de ensino-aprendizado, podemos dizer que embora o processo de aprendizagem escolarizado seja estruturante tanto para os conceitos “certos” (científicos) quanto para os “errados” (alternativos), o fato é que ele contribui para construir os primeiros e desconstruir os demais.

### 5.2.3 Análise Interpretativa entre a Construção dos Conceitos Científicos e a Evolução Conceitual das Concepções Alternativas

A melhora de desempenho nas respostas científicas do grupo de alunos no pós-teste aponta para uma transformação nas concepções alternativas dos alunos, a qual será investigada aqui com base no número percentual de respostas dado separadamente a cada rubrica de cada dimensão, conforme mostrado nas quadros 29 a 32.

<b>A: Concepções dos estudantes sobre o calor</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Varição</b>	<b>T-test</b>
1. É uma substância	58,0	28,5	-29,5	0,00
2. Não é energia	Não analisada			
3. Calor e frio são diferentes	11,0	5,7	-5,3	0,00
4. Calor e temperatura são a mesma coisa	20,0	26,5	6,5	0,17
5. Calor é proporcional à temperatura	20,0	12,6	-7,4	0,00
6. Calor não é mensurável	5,3	1,3	-4,0	0,06

**Quadro 29 - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas A**

A análise dos valores apresentados no quadro 29 apontam para uma evolução conceitual significativa em 3 das 5 concepções relacionadas à dimensão A abordadas no instrumento: confundir a natureza do calor a uma substância, não compreender que calor e frio são apenas gradações diferentes de uma mesma grandeza e conceber calor como proporcional a temperatura.

No entanto, foi observada uma forte tendência resiliente dos alunos no entendimento de que calor é o mesmo que temperatura; o que aponta que esta concepção precisa ser trabalhada.

Também foi observada uma evolução conceitual quase significativa no entendimento de calor como algo não mensurável. Esta concepção já havia apresentado um baixo percentual de escolha no pré-teste indicando que havia pouco a desconstruir.

<b>B: Concepções dos estudantes sobre temperatura</b>	<b>Pre-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Varição</b>	<b>T-test</b>
1. A temperatura é a 'intensidade' do calor.	20,3	19,2	-1,1	0,00
2. O toque pode determinar a temperatura.				
3. Percepções de calor e frio não estão relacionadas com transferência de energia.	13,8	10,3	-3,5	0,00
4. Quando a temperatura de ebulição permanece constante, alguma coisa está 'errada'.	24,5	6	-18,5	0,00
5. O ponto de ebulição é a máxima temperatura que uma substância pode atingir.	Não analisada			
6. Um corpo frio não contém calor.	19,6	12,7	-6,9	0,00
7. A temperatura de um objeto depende do seu tamanho.	6,8	1,8	-5,1	0,00
8. Não há limite para as temperaturas mais baixas.	14,2	13,2	-1	0,00

**Quadro 30 - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas B**

Com relação à dimensão B (Quadro 30) foi observada uma evolução conceitual significativa em todas as concepções verificadas no instrumento, em especial na concepção relacionada à dificuldade na aceitação da temperatura de ebulição permanecer constante.

Foi verificada na dimensão C sobre transferência de calor e mudanças na temperatura (Quadro 31), a maior persistência de dificuldades entre os alunos, sendo os mais resilientes: a ideia de que calor e frio fluem como líquidos e a não correta interpretação do conceito de transitividade térmica expresso no princípio do equilíbrio térmico.

<b>C: Concepções dos estudantes sobre transferência de calor e mudança na temperatura</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Variação</b>	<b>T-test</b>
1. Aquecimento sempre resulta em uma elevação da temperatura	30,6	6,3	-24,3	0,00
2. Calor se movimenta apenas para cima	28,5	18,5	-9,9	0,02
3. Calor ascende (se eleva)	28,5	18,5	-9,9	0,02
4. Calor e frio fluem como líquidos	13,2	14,9	1,7	0,52
5. Temperatura pode ser transferida	45,7	25,8	-19,9	0,00
6. Objetos a diferentes temperaturas em contato com um outro, ou em contato com o ar a diferente temperatura, não necessariamente atingirão a mesma temperatura (equilíbrio térmico não é um conceito)	23,6	23,7	0,2	0,73
7. Objetos quentes naturalmente se esfriam, objetos frios naturalmente se aquecem.	6	2,6	-3,3	0,13
8. Calor flui mais lentamente em condutores fazendo com que eles pareçam quentes	Não analisada			
9. A teoria cinética não explica de fato a transferência de calor (explicações são utilizadas, mas não necessariamente acreditadas)	62,9	62,3	-0,7	0,93

**Quadro 31 - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas C**

Quanto à dificuldade dos alunos no entendimento de equilíbrio térmico foi verificado uma pequena variação nas opções de respostas dos alunos nas questões relacionadas a essa subdimensão. Essas questões foram objeto de maior discussão por parte dos alunos ao final da aplicação do instrumento, tanto no pré como no pós-teste. Embora tenha ocorrido um aumento no número de alunos que optaram pela resposta científica, o assunto precisa ainda ser melhor trabalhado.

Os valores acima mostram uma significativa transformação dos alunos para essa dimensão em especial nas concepções: gelo encontra-se a 0°C e/ou não pode mudar de temperatura e água não se encontra a 0 °C.

No entanto, o instrumento evidenciou a persistência de concepções alternativas para essa dimensão, nas concepções de que diferentes materiais retêm a mesma quantidade de calor e de que alguns materiais são difíceis de aquecer.

<b>D: Concepções dos estudantes sobre propriedades térmicas dos materiais</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Variação</b>	<b>T-test</b>
1. Temperatura é uma propriedade de um material ou um objeto em particular	22,9	18,7	-4,2	0,00
2. Metal tem a habilidade de atrair, reter, intensificar ou absorver calor e frio.	34,2	27,2	-7,1	0,01
3. Objetos que se aquecem rapidamente não se esfriam rapidamente	32,5	18,5	-13,9	0,00
4. Diferentes materiais retêm a mesma quantidade de calor	31,1	27,2	-4,0	0,46
5. O ponto de ebulição da água é 100 °c (somente)	31,9	24,3	-7,6	0,00
6. Gelo encontra-se a 0°C e/ou não pode mudar de temperatura	43,7	1,3	-42,4	0,00
7. Água não se encontra a 0°C (água é sempre líquida)	26,3	8,6	-17,7	0,00
8. Vapor se encontra a mais do que 100 °c	24,8	13,9	-10,9	0,00
9. Materiais como lã têm a capacidade de aquecer as coisas	11,3	8,3	-3,0	0,22
10. Alguns materiais são difíceis de aquecer: eles são mais resistentes ao aquecimento	4,6	4	-0,7	0,60
11. Bolhas significam ebulição	Não analisada			
12. As bolhas na ebulição da água contêm 'ar', 'oxigênio' ou 'nada'.	17,7	14,3	-3,3	0,09

**Quadro 32 - Índices percentuais de respostas e variações entre o pré e pós testes para as dimensões alternativas D**

### 5.3 Provas Tradicionais

Inspecionando a matriz de referência apresentada no capítulo anterior pode-se dizer que as provas apresentaram o seguinte perfil geral: questões semiabertas, sem foco definido, sendo preparadas tanto pelo professor da turma ou obtidas de livros didáticos, com conteúdo da matéria apresentado mais frequentemente em um contexto escolarizado e exigindo habilidades de compreensão e de aplicação.

São apresentados no quadro 33 os resultados do desempenho médio % por conjuntos de questões obtidos a partir da matriz de referência, separadamente para cada uma das 6 provas aplicadas na sequência "BP<sub>1</sub>AP<sub>2</sub>BP<sub>3</sub>AP<sub>4</sub>BP<sub>5</sub>AP<sub>6</sub>". Deixou-se

de fazer o cálculo do índice de consistência interna e do índice de discriminação porque esses conjuntos foram formados por números muitos desiguais de questões e, em alguns casos, muito reduzidos também.

Matriz de Referência		Média (%) nas Provas					
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
Tipo da Questão	Múltipla escolha	69,5	70,5	85,7	78,5	67,8	77,1
	Semiaberta	59,7	74,7	48,2	74,9	46,5	71,7
Forma de apresentação do conteúdo da questão	Modelagem	X	82,9	X	95,0	X	94,5
	Fórmulas	50,0	65,6	50,0	89,3	34,0	61,2
	Gráfica	39,2	47,0	34,4	57,6	51,1	78,8
	Textual	79,9	73,8	75,8	76,1	71,5	77,1
Contexto	Escolarizado	57,2	74,6	52,2	70,8	53,2	69,1
	Cotidiano	87,1	66,4	69,7	95,0	70,8	87,5
Origem autoral	Professor	80,0	80,1	75,8	83,4	70,8	84,4
	Livros	41,3	64,2	42,2	57,6	39,2	61,2
Nível taxonômico cognitivo	Conhecimento	87,1	79,1	82,0	75,3	87,0	75,3
	Compreensão e aplicação	57,7	69,1	38,3	75,7	40,9	72,5
<b>Geral</b>		<b>60,7</b>	<b>72,2</b>	<b>55,7</b>	<b>75,6</b>	<b>55,0</b>	<b>72,8</b>

**Quadro 33- Desempenho médio % por conjuntos de questões e provas aplicadas tomadas separadamente**

Como se pode notar, em geral o desempenho médio dos alunos foi bom em todas as provas, mas estes valores oscilam com o pico positivo coincidindo, na grande maioria das vezes, com as provas (índices pares) aplicadas logo após o período de ensino-aprendizagem em que se usou a modelagem computacional.

É importante notar também, através da figura 12, que alguns tipos de questão estão mais sujeitas a estas oscilações, inclusive, com tendência a aumentar o desempenho médio de prova para prova, como por exemplo, acontece com as questões envolvendo representação gráfica, enquanto que outras oscilam de forma praticamente estacionária, como é o caso das questões do tipo semiabertas, aquelas apresentadas com fórmulas ou em um contexto escolarizado. Há ainda

aquelas que sequer oscilam, ou seja, não detectam a mudança do método, como seria o caso das questões envolvendo conhecimento ou aquelas preparadas pelo professor.

Esses resultados sugerem que, do ponto de vista do nível de desempenho (média) estas 6 provas tradicionais aplicadas, quando tomadas separadamente, foram capazes de detectar a mudança do método didático entre a modelagem computacional e o tradicional, e, que portanto, poderiam ser instrumentos de avaliação adequados para uma situação de aprendizagem centrada na modelagem computacional, desde que cuidadosamente planejados, construídos e analisados pelos professores, como ocorreu no presente contexto de uma pesquisa. Todavia, observa-se também que não é qualquer tipo de questão que seria apropriado.

Quando tomadas em conjunto, as 6 provas não refletem uma escala unidimensional, pois a consistência interna entre elas é muito baixa, apresentando um valor para o alfa de Cronbach estandardizado de apenas  $\alpha=0,53$ . Além disso, todas as provas apresentam um índice de discriminação muito baixo ( $\approx 0,30$ ) com as 6 provas tomadas como um todo, sendo que para a prova 4 o índice de discriminação é praticamente nulo ( $\approx 0,09$ ), portanto, destoando mais ainda das demais.



Figura 12- Desempenho dos alunos por tipo de questão em diferentes provas

## 5.4 Atividades ACE

O quadro 34 mostra separadamente, para as dimensões (a)–simples e (b)–complexa, os valores médios percentuais da avaliação ACE obtidos nas 3 atividades aplicadas para cada habilidade cognitiva testada (Application, Creation e Evaluation). São mostradas também a média geral (%) e as médias marginais (%) por atividade e por habilidade, como também os desvios destas médias marginais em relação à média geral, os quais representam, respectivamente, os efeitos principais das 3 atividades  $A_i$  ( $i=1,2,3$ ) e das 3 habilidades  $(ACE)_j$  ( $j=A,C,E$ ) segundo o modelo de partição:

$$M_{ij} = M + (M_i - M) + (M_j - M) + \epsilon_{ij}$$

Com  $A_i = (M_i)$ ,  $(ACE)_j = (M_j - M)$  e  $\epsilon_{ij}$  representando uma possível interação entre as atividades e as habilidades como também o erro experimental.

Dimensão A – simples					
Questões – ACE	Aplicar - Simples	Criar - Simples	Avaliar – Simples	M por Atividade	Atividade
Atividade 1	82,22	62,96	77,78	74,32	-7,90
Atividade 2	85,29	79,41	83,09	82,60	0,38
Atividade 3	89,23	85,38	94,62	89,74	7,52
M por Habilidade	85,58	75,92	85,16	M Geral 82,22	
<b>ACE</b>	<b>3,4</b>	<b>-6,3</b>	<b>2,9</b>		
Dimensão B – complexo					
Questões – ACE	Aplicar -Complexo	Criar -Complexo	Avaliar -Complexo	M por Atividade	Atividade
Atividade 1	70,37	28,15	74,44	57,65	-8,08
Atividade 2	72,06	46,32	77,94	65,44	-0,29
Atividade 3	76,92	60	85,38	74,10	8,37
M por Habilidade	73,12	44,82	79,25	Média Geral 65,73	
<b>ACE</b>	<b>7,4</b>	<b>-20,9</b>	<b>13,5</b>		

**Quadro 34- Valores médios percentuais das avaliações ACE**

Analisando os resultados verifica-se que houve um efeito importante das atividades sobre a média geral, seguindo o mesmo padrão tanto na dimensão simples quanto na complexa, enquanto que o efeito das habilidades ACE só parece

ser mais importante na dimensão complexa. Além disso, para a nossa amostra de alunos, a habilidade criar (“creation”) parece que foi bem mais difícil que a habilidade avaliar (“evaluation”), uma contradição com o trabalho de Borkulo (2009). Mas o quadro 34 mostra que esta discrepância acentuada teve origem na atividade 2 complexa, baseada no modelo sobre efeito estufa. Assim, é provável também que haja uma interação significativa entre atividade x habilidade não mostrada no quadro.

Para compreendermos um pouco mais o que aconteceu com esta atividade 2 com relação à habilidade “criar-complexo”, o quadro 35 apresenta as três questões para a modalidade “criar-complexo” utilizadas nas atividades 1, 2 e 3.

<b>Atividade 1 - Dilatômetro</b>
7. Com base no texto de nosso livro de física construa um modelo sobre a lâmina bimetálica (Ver o texto do livro de física na página 26).
<b>Atividade 2 - Efeito estufa</b>
6. Leia as notícias abaixo e use estas informações para alterar o modelo: Matéria do jornal O Globo publicada em 24/08/2010 <b>TSE libera publicidade institucional da Eletrobrás contra queimadas</b> BRASÍLIA - O presidente do Tribunal Superior Eleitoral (TSE), Ricardo Lewandowski, autorizou a Eletrobras a veicular uma campanha contra as queimadas. Segundo a empresa estatal, as queimadas, frequentes nesta época do ano, desligam as linhas de transmissão elétrica e danificam equipamentos, causando prejuízos às empresas do setor. (...) Além de cartilhas distribuídas em escolas, sindicatos e associações de produtores rurais, a campanha contará com um filme para televisão e uma peça para o rádio. Edição do Jornal Nacional de 5/9/2007 <b>Temporada de queimadas, clima seco e problemas respiratórios</b> Mais de 17 mil pontos de queimadas foram registrados pelo Inpe nas últimas 24 horas em todas as regiões do Brasil. Consequência de um período de seca fora do comum. (...) O clima, considerado de deserto, multiplica os problemas respiratórios. Nos hospitais, o movimento dobrou.
<b>Atividade 3 - Motor quatro tempos</b>
6. Com base nas nossas aulas sobre termodinâmica, construa um modelo de uma máquina a vapor.

**Quadro 35 – Atividades ACE na modalidade “Criar – Complexo”.**

Com base na descrição das três atividades “criar-complexo” apresentadas no quadro 35, podemos especular que o baixo percentual de aproveitamento obtido na atividade 1 relacionada ao tema “dilatômetro” pode ser explicada, em parte, pelo fato de ser baseada em uma situação mais escolarizada quando comparada com as

outras duas nas quais os alunos costumam ter mais familiaridade. Por outro lado pode-se considerar também o fato de que a atividade 1 foi provavelmente a primeira oportunidade de aprendizagem em que os alunos foram solicitados a transferirem conhecimento aprendido em sala de aula para um novo contexto.

Como era de se esperar, posto que as atividades ACE envolvem diferentes raciocínios (Application, Creation e Evaluation), graus de complexidade (Simples ou Complexo) e domínios (Dilatação, Aquecimento global e Motor à explosão) é muito baixa a consistência entre cada atividade ACE ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ), conforme ilustrado no quadro 36, sugerindo que cada uma delas representa uma unidade de observação diferenciada.

Atividades ACE	N obs.	Alfa (Cronbach)
Todas	18	0,46
Simples	9	0,31
Complexa	9	- 0,02
Aplicar	6	0,31
Criar	6	0,39
Avaliar	6	0,17
$A_1$ (Dilatação)	6	0,41
$A_2$ (Aq. Global)	6	0,49
$A_3$ (Motor)	6	0,22

**Quadro 36 - Consistência: ACE ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ) vs. Habilidade (A, C e E) vs. contexto (Simples, Complexo)**

## 5.5 Análise Comparativa: Provas x Habilidades ACE x Ganho nos Conceitos Científicos

As duas análises anteriores envolvendo respectivamente as provas tradicionais e as atividades de avaliação ACE mostraram que ambos os instrumentos apresentam boas características técnico-operacionais desejáveis para um instrumento de avaliação, ou seja, ambos passam no teste de confiabilidade para avaliar o desempenho dos alunos na matéria de física térmica.

Contudo, como se sabe a confiabilidade é uma condição necessária mas não suficiente para aceitarmos um dado instrumento de avaliação, é preciso também que ele seja válido, ou seja, que ele avalie o que desejamos que seja avaliado.

Particularmente, a hipótese de pesquisa colocada neste trabalho é verificar se o modelo de avaliação ACE proposto por Borkulo (2009) é mais adequado para avaliar o desempenho dos alunos em um curso em que se usa a modelagem computacional, do que as provas tradicionais. Esta hipótese poderia ser verificada de forma indireta, primeiramente, assumindo como um corolário de que o uso da modelagem computacional como estratégia didática contribui mais para o aprendizado de conceitos científicos do que uma estratégia tradicional. Em segundo lugar, fazendo então uma comparação do ganho no aprendizado de conceitos científicos ocorridos ao longo do curso pelos alunos, respectivamente, com as avaliações baseadas em provas tradicionais e com o modelo ACE.

Neste sentido, definimos o ganho relativo em conceituação científica ao longo do curso pela diferença entre os resultados do pós-teste e do pré-teste do inventário aplicado aos alunos em relação ao resultado pré-teste, expressando este valor em percentagem:

$$\text{GCCIEN}_r = \frac{(\text{Pós}_T - \text{Pré}_T)}{\text{Pré}_T} \times 100 (\%)$$

Em seguida, os valores dos ganhos GCCIEN<sub>r</sub> foram divididos em dois grupos: inferior (=1) e superior (=2); assumindo três diferentes pontos de corte no ganho relativo (40%, 60% e 80%) para verificar se uma eventual associação dependeria do nível do ganho.

Por fim, foi aplicada a técnica multivariada de análise de discriminância para discriminar os dois grupos inferior e superior para cada ponto de corte, a partir de uma única função discriminante formada por uma combinação linear, de um lado (i) pelas 6 provas tradicionais e, de outro (ii) pelas 3 avaliações ACE. O quadro 37 mostra os resultados das classificações obtidas em termos do % de alunos em dado grupo (1 ou 2) que foram corretamente classificados naquele grupo original (G1→1 ou G2→2) bem como, as três primeiras variáveis (instrumentos) mais discriminantes e seus respectivos coeficientes de correlação com a função discriminante, obtidos a partir da matriz estrutural gerado pelo programa SPSS.

Variáveis = Provas Tradicionais						
Grupos GCCien 1 e 2	Percentual de Acertos			Principais Provas ( coeficiente de correlação)		
	G <sub>1→1</sub>	G <sub>2→2</sub>	Total			
Variáveis = Provas Tradicionais						
(1<40%; 2>40%)	50	63,8	60,2	Prova 6 (0,623)	Prova 3 (0,555)	Prova 4 (0,533)
(1<60%; 2>60%)	67,3	51,3	57,8	Prova 3 (0,860)	Prova 6 (0,566)	Prova 5 (0,308)
(1<80%; 2>80%)	60,9	55,9	58,6	Prova 3 (0,779)	Prova 6 (0,453)	Prova 2 (0,319)
Variáveis = Avaliações ACE						
(1<40%; 2>40%)	81,5	63,9	68,2	ACE 3 EC (-0,406)	ACE2 EC (0,394)	ACE3 CC (0,358)
(1<60%; 2>60%)	63,4	63,8	63,6	ACE 3 AS (-0,485)	ACE 2 EC (0,474)	ACE 3 CC (0,325)
(1<80%; 2>80%)	64,3	72,2	68,2	ACE 2 EC (0,579)	ACE 2 CC (0,511)	ACE 3 AS (-0,307)

**Quadro 37 - Resultados da análise de discriminância: provas tradicionais vs. Avaliações ACE para diferentes pontos de corte (40%, 60% e 80%)**

Vê-se claramente que o conjunto formado pelas avaliações ACE é mais efetivo que o conjunto das provas tradicionais para discriminar o ganho em conceituação científica entre os alunos do grupo superior e inferior, seja em termos do total de classificação corretas, seja para classificar os melhores (2→2: alunos do grupo superior são corretamente classificados neste grupo) quando o nível de exigência é muito alto (ponto de corte com ganho superior a 80%), ou reciprocamente, seja ainda para classificar os piores (1→1: alunos do grupo inferior são corretamente classificados neste grupo) quando o nível de exigência é muito baixo (ponto de corte com ganho superior apenas a 40%). No meio da escala (ponto de corte com ganho superior a 60%) os dois sistemas de avaliação são igualmente efetivos para avaliar os alunos.

## 5.6 Levantamento da Opinião dos Alunos e Relatório dos Professores

Foi utilizado na pesquisa um questionário dividido em três dimensões que procuravam obter informações sobre as opiniões dos alunos quanto ao conteúdo abordado, o método de ensino do professor e os recursos didáticos utilizados.

Cada uma dessas dimensões foi verificada por meio de questões organizadas através de uma matriz de referência conforme explicitado no capítulo 4. O quadro 38 apresenta os valores percentuais obtidos com as respostas dos alunos.

DIMENSÃO	PERCENTUAL DE RESPOSTAS			
	ÓTIMO	BOM	REGULAR	FRACO
<b>OBJETIVOS E CONTEÚDOS</b>				
Qualidade dos conteúdos abordados	37	65	1	0
Aplicabilidade no cotidiano	11	71	21	0
<b>PROFESSOR</b>				
Conhecimento do assunto	71	31	1	0
Capacidade de comunicação	77	25	1	0
Capacidade de motivar os alunos	35	61	7	0
Atividades propostas	31	71	1	0
Orientação e esclarecimento de dúvidas	59	42	2	0
Relacionamento com os alunos	66	36	1	0
Respeito aos horários	20	76	7	0
Frequência as aulas	36	60	7	0
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>				
Livros e textos	3	87	13	0
Recursos audiovisuais	62	40	1	0
Experimentos no laboratório de física	61	42	0	0
Atividades com modelagem e JlinkIt	51	45	7	0

**Quadro 38 - Resultados da análise do questionário de avaliação dos alunos**

Os resultados observados nas respostas dos alunos para as questões do questionário mostram que os alunos avaliaram de forma positiva as três dimensões. No entanto é possível observar que alguns alunos ainda encontram dificuldades em perceber a aplicação dos conceitos físicos no cotidiano. Também chamou a atenção as respostas dos alunos com relação aos recursos didáticos, o que levou o pesquisador a indagar as turmas sobre suas impressões sobre os mesmo.

Com relação ao item “livros e textos” os alunos acharam a leitura difícil de assimilar e gostariam de ter mais material sobre exames para concursos. Sobre o item “atividades com modelagem e JlinkIt” os alunos gostariam de ter realizado mais atividades com o ambiente de modelagem.

Foi utilizado também um relatório com o objetivo de verificar as impressões dos professores ao final do ano letivo sobre a aplicação dos recursos didáticos e de avaliação. Segundo os professores a aplicação de nossa proposta foi positiva no sentido de proporcionar aos alunos atividades que contextualizam os conceitos físicos e permitissem que eles praticassem experiências vivenciando as dificuldades e as incertezas de uma experimentação que, nem sempre, reproduz os resultados

esperados, o que permite análise crítica e discussão sobre as influências das condições adversas do meio sobre os instrumentos e procedimentos.

Os professores consideraram que a utilização do JlinkIt para construir e simular de modelos foi muito importante. Os alunos tiveram oportunidade de trabalhar com modelos sobre fenômenos e situações físicas de modo a contribuir na compreensão dos conceitos físicos e a ligação destes conceitos com suas atividades cotidianas.

As atividades foram sempre realizadas em duplas, com o objetivo de proporcionar o máximo de interação entre eles. As discussões eram realizadas e a construção dos modelos era consequência das diversas opiniões e experiências pessoais vivenciadas ou segundo suas pesquisas a sites ou programas vistos em canais pagos, hoje parte do cotidiano dos alunos.

Segundo os professores o maior ganho neste projeto foi, sem dúvida, o interesse despertado nos alunos pelo emprego de atividades alternativas, propiciando a construção de conhecimentos a partir das suas próprias experiências e do uso de tecnologias alternativas que fogem da rotina das aulas expositivas, ditadas e impregnadas de “decóreas” e informações sem sentido e sem aplicação no cotidiano do aluno.

# 6 CONCLUSÕES

---

---

---

O propósito deste capítulo é apresentar as conclusões, considerações finais, principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa e possíveis desdobramentos deste estudo.

## 6.1 Conclusões

O principal objetivo desta pesquisa foi investigar como validar um processo de avaliação voltado para um ambiente de aprendizagem institucionalizado baseado em modelagem computacional.

Em vista disso, foi realizada a aplicação de uma proposta de inovação curricular em um ambiente escolar utilizando a modelagem computacional dinâmica associada a uma estratégia pedagógica e de avaliação que permitisse verificar a evolução conceitual dos alunos no conteúdo de física térmica e responder as questões de pesquisa apresentadas no capítulo inicial.

Vale ressaltar que esta evolução conceitual não é perene visto que até mesmo aqueles que estudaram física térmica em cursos de graduação podem apresentar concepções alternativas sobre este domínio em um dado momento.

No entanto acreditamos que o trabalho proposto nesta pesquisa colaborou de forma significativa no entendimento de conceitos científicos sobre física térmica o que pode ser observado nos resultados obtidos pelos alunos nas avaliações, apresentados no capítulo anterior.

Também foi observado que os alunos passaram a ter maior interesse e motivação em participar das aulas de física, principalmente nas atividades que envolviam o uso da modelagem computacional e experimentos no laboratório de física. Isto pode ser ilustrado no comentário de um dos alunos:

“Gostei muito de estudar física este ano porque foi muito diferente das aulas que tive antes. Foi muito legal usar o JlinkIt e o laboratório de física. Fui reprovada ano passado e achava que nunca ia entender essa matéria mas agora ficou mais fácil. Tomara que as aulas sejam assim no ano que vem.”

Esta reação positiva dos alunos e os resultados apresentados motivaram os professores de física que participaram da pesquisa e os gestores da escola em apoiar a continuidade do trabalho e viabilizar sua ampliação para as turmas de primeiro e terceiro ano do ensino médio.

Em relação às questões de pesquisa procuramos respondê-las levando em conta os resultados dos dados obtidos pelos instrumentos de avaliação utilizados e também pelo levantamento da opinião dos alunos e relatório dos professores.

### **1. Como escolher e melhor adequar estratégias didáticas e o conteúdo programático de modo a avaliar os efeitos destas ações pedagógicas com ou sem o uso de modelagem?**

Durante a pesquisa foram utilizadas diferentes atividades além da modelagem dinâmica, tais como exibição de vídeos e experimentos em laboratório, que estimularam os alunos a participar das aulas. Portanto, mesmo considerando a possibilidade que esses fatores tenham também contribuído para a aprendizagem, o fato é que os dados obtidos na presente pesquisa indicaram claramente (Quadro 33 e Figura 12, Capítulo 5) que os alunos tiveram melhores resultados após serem submetidos às atividades de modelagem dinâmica quando comparados às atividades tradicionais algo similar ao ocorrido no trabalho de Oliveira (2009). Com isso temos suficientes indícios de que o uso da estratégia didática com aplicação da modelagem computacional dinâmica, proposto por Oliveira (2009) e utilizada neste trabalho, influenciou positivamente o desempenho dos alunos quando inserida em uma aplicação institucionalizada.

Além disso, os resultados da análise comparativa das provas tradicionais com as avaliações ACE apresentadas no quadro 37, capítulo 5, indicaram o ganho científico obtido pelos alunos com o apoio das atividades de modelagem dinâmica, especificamente nos extremos da escala, revelando-se mais eficiente para identificar os alunos com melhor e pior desempenho. Para os alunos com desempenho no meio da escala (bom ou regular) as avaliações de modelagem e as provas tradicionais se mostraram equivalentes.

### **2. Que aspectos estão envolvidos na adoção e adaptação para o nosso contexto do modelo de avaliação proposto por Borkulo (2009) no conteúdo de física térmica?**

Para aplicar o modelo de avaliação específico para o uso de modelagem computacional dinâmica como o proposto por Borkulo (2009) foi necessário cumprir etapas como a busca sobre o tema na literatura, treinamento e a elaboração de atividades que se adequem ao tema abordado nas aulas e que permitam aferir os tipos de raciocínio nos níveis simples e complexo. Apesar de reconhecer que houve pouco tempo para treinamento e elaboração de atividades, o que afetou inclusive a quantidade de instrumentos aplicados, os dados obtidos (quadro 34) permitem

verificar o aproveitamento dos alunos nas avaliações ACE tanto na dimensão simples quanto na complexa.

### **3. Como realizar o levantamento das concepções dos alunos no conteúdo de física térmica de modo a verificar suas mudanças conceituais?**

Podemos dizer, de acordo com os resultados obtidos na pesquisa (quadros 27 a 37), que a adaptação e uso do inventário de avaliação diagnóstica desenvolvido por Yeo e Zadnik (2001) possibilitou identificar as concepções dos alunos no conteúdo de física térmica, bem como verificar a evolução conceitual dos alunos por meio da aplicação do inventário como instrumento de pré e pós-teste. Embora o instrumento tenha passado por adaptações para o nosso contexto foi possível perceber que os resultados dos estudantes que participaram de nossa pesquisa foram próximos aos dos estudantes submetidos ao instrumento original (figura 11).

## **6.2 Dificuldades Encontradas**

No desenvolvimento deste trabalho, surgiram dificuldades. A primeira, mencionada no capítulo 5, foram as várias alterações no cronograma de atividades planejadas para o ano letivo causadas pelo cancelamento das atividades escolares devido à paralizações, greve dos professores e a copa do mundo de futebol que impactaram na quantidade de atividades didáticas originalmente previstas.

A segunda dificuldade ocorreu no final do ano letivo devido a questões administrativas da escola. Neste período ocorreram reuniões e auditorias obrigando o pesquisador, que atua como docente e responsável pelo patrimônio da escola, a cumprir tarefas administrativas não previstas o que adiou análise dos dados obtidos na pesquisa.

A terceira dificuldade está relacionada ao tempo para o desenvolvimento da pesquisa. A aplicação de nossa proposta de inovação curricular envolveu diferentes etapas, conforme explicitado na seção 3.1, tornando desafiadora a sua execução dentro de um ano letivo.

### **6.3 Trabalhos Futuros**

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa e o interesse demonstrado pelos alunos, professores e gestores, algumas idéias surgiram para dar continuidade ao trabalho:

- Correlacionar os dados obtidos com o inventário sobre concepções alternativas com os outros instrumentos de avaliação utilizados durante a pesquisa, o que não foi realizado por falta de tempo hábil.
- Reproduzir o trabalho para as turmas de segundo ano do próximo ano letivo, aumentando o a quantidade de atividades de modelagem e comparando os resultados obtidos com os do ano letivo anterior visando melhorias;
- Expandir o trabalho para as turmas de primeiro e terceiro ano;
- Desenvolver um ambiente online para a aplicação do instrumento de avaliação diagnóstico das concepções dos alunos;
- Aprimorar o treinamento de alunos e professores no uso do ambiente de modelagem JlinkIt com o apoio de recursos da Web 2.0;

Outras possibilidades a serem exploradas para o futuro seriam a extensão do trabalho para outras disciplinas e o aprimoramento do ambiente JlinkIt com base nas opiniões obtidas com os alunos e professores.

### **6.4 Artigos Acadêmicos**

- Validação de um modelo de avaliação no uso da modelagem educacional – Artigo resumido publicado no XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, João Pessoa, PB. 2010.
- Validação de um modelo de avaliação no uso da modelagem computacional em atividades educacionais. Artigo completo publicado no XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – XVII Workshop de Informática na Escola, Aracaju, SE. 2011.

### **6.5 Visão do Pesquisador**

A oportunidade de realizar este trabalho foi de grande importância para minha vida pessoal e profissional. Atuo como professor de informática há dezoito anos e sou **apaixonado** pelo que faço. Trabalhar como educador nos dá a oportunidade de transformar e ser transformado e, neste sentido, foi muito significativo perceber como esta pesquisa contribui para uma mudança de atitude dos alunos evidenciada pelo “brilho nos olhos” e a vontade de aprender demonstrada por eles durante as atividades de aula. Este efeito transformador também foi observado nos professores que participaram do trabalho e também no pesquisador.

Realizar o mestrado me proporcionou muitos momentos gratificantes. Os conhecimentos adquiridos nas aulas, na troca de informações com os colegas e professores contribuíram muito para meu desenvolvimento profissional. Também tive o privilégio de conviver com pessoas admiráveis e fazer amizades que espero conservar.

É claro que também ocorreram momentos de aflição diante da dificuldade de conciliar os compromissos familiares e profissionais com as atividades do mestrado, mas, sem dúvida, os benefícios obtidos fizeram os sacrifícios valerem a pena.

# REFERÊNCIAS

ALESSI, S. **The application of system dynamics modeling in elementary and secondary school curricula.** 2005. Disponível em: <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/charlas/alessi.htm>. Acesso em: jun. 2010.

ALMEIDA, V. de O. ; MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, V. 30, n. 4, p. 4403-4403-7, dez. 2008. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: jun. 2010.

BLISS, J. et al. **Tools for Exploratory Learning Programme and of award report.** Technical Report 2: Semi-quantitative Reasoning - Exploratory London. University of London, 1992.

\_\_\_\_\_. **Tools for Exploratory Learning Programme and of award report.** Technical Report 3: Semi-quantitative Reasoning - Exploratory London: University of London, 1992.

BLOOM, B. S. (Ed.). **Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals.** Handbook I, Cognitive domain. by a committee of college and university examiners. New York: Longman, 1956.

BORKULO, S. P. VAN. **The assessment of learning outcomes of computer modelling in secondary science education.** 2009. Tese (D.Sc, Science and Mathematics Education) -- University of Twente, Enschede, 2009.

CAMILETTI, G. ; FERRACIOLI, L. A Utilização da modelagem computacional quantitativa no aprendizado exploratório de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2, 2001.

CLEXCHANGE. **Creative learning exchange.** Disponível em: [www.cle.org](http://www.cle.org) Acesso em: jun. 2010.

COHEN, L. ; MANION, L. ; MORRISON, K. **Research methods in education.** London: Taylor & Francis Group. 2000.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of test. **Psychometrika**, Williamsburg, v. 16, n. 3, p. 297-334, Sept. 1951

DE JONG, T. ; VAN JOOLINGEN, W. R. Model-facilitated learning. In SPECTOR, J. et all. (Eds.). **Handbook of research on educational communication and technology.** 3. ed., Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007. p. 457-468.

ELIA, M. F. O ensino não experimental de uma ciência experimental. In: SNEF. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO EM FÍSICA, 6., 1985, Niterói. **Atas VI**. Niterói: Sociedade Brasileira de Física, 1985.

ERGAZAKI, M. ; KOMIS, V. ; ZOGZA, V. High-school students' reasoning while constructing plant growth models in a computer-supported educational environment. **International Journal of Science Education**, London, v. 27, n. 8, p: 909-933, 2005.

FERRACIOLI, L. ; GOMES, T. E. ; SILVA R. M. **Modelab2** – Modelling Laboratory 2D. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

FORBUS, K. D. et al. Vmodel - a visual qualitative modeling environment for middle-school students. **Ai Magazine**, Mellon Park, CA, v. 26, n. 3, p. 63-72, Fall 2005.

FORRESTER, J. W. **Industrial dynamics**. New York: John Wiley & Sons, 1961.

\_\_\_\_\_. **Urban dynamics**. Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1969.

\_\_\_\_\_. **World dynamics**. Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1971

IDN. Institute of Science Education. Bremen. Alemanha. Disponível em: [http://www.idn.uni-bremen.de/idpstart\\_eng.php](http://www.idn.uni-bremen.de/idpstart_eng.php). Acesso em: jun. 2010.

KEMMIS, S. ; McTAGGART, R. **The Action research planner**. Geelong: Deakin University Press, 1988.

KÖHNLEIN, J. F. K. ; PEDUZZI, S. P. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 3, p. 84-96, 2002.

LÖHNER, S. **Computer based modeling tasks: the role of external representation**. Amsterdam: University of Amsterdam, 2005.

LÖHNER, S. et al. Students' reasoning during modeling in an inquiry learning environment. **Computers in Human Behavior**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 441-461, May 2005.

LONGHINI, M. D. O experimento do aquecimento da água numa perspectiva investigativa - uma atividade realizada com docentes. **Em Extensão** Uberlândia, v. 7, n. 1, p. 78-84, 2008.

MANDINACH, E. B. ; CLINE, H. F. **Classroom dynamics - implementing a technology-based learning environment**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1994.

OLIVEIRA, C. B. P. **Utilização da ferramenta de modelagem dinâmica Jlinkit no aprendizado exploratório de física no ensino médio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PAPAEVRIPIDOU, M. M. ; CONSTANTINOU, C. C. P. ; ZACHARIA, Z. Z. C. Modeling complex marine ecosystems: an investigation of two teaching approaches with fifth graders. **Journal of Computer Assisted Learning**, Oxford, Eng., v. 23, n. 2, p. 145-147, Apr. 2007.

PEDRO, M. V. ; SAMPAIO, F. F. PCN's e modelagem computacional: reflexões a partir de relatos de experimentos com o software WLinkit. In: WIE-2005. WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 11., 2005. São Leopoldo, **Anais ...** Porto Alegre: SBC, 2005.

PEDRO, M. V. **Jlinkit**: desenho e implementação de um ambiente de modelagem computacional para o ensino. 2006. 252 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PIETROCOLA, M. **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2005.

PUGH, A. L. **DYNAMO user's manual**: including DYNAMO II/370, DYNAMO II/F, DYNAMO III/370, DYNAMO III/F, DYNAMO III/F+, DYNAMO IV/370, and gaming DYNAMO. 6. ed. Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1983

PUGH-ROBERTS Associates. . **Micro-DYNAMO**. computer software. Reading, MA: Addison-Wesley, 1982.

ROBERTS, N. et al. **Computer Simulation**: a system dynamics modeling approach. Reading, MA: Addison-Wesley. 1983.

SAMPAIO, F. F. **Ferramenta de modelagem computacional para educação WLinkit**. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/GINAPE/wlinkit/index.htm>. Acesso em: jan 2009.

\_\_\_\_\_. **LINKIT**: design development and testing of a semi-quantitative computer modeling tool. 1996. Tese (Doutorado em Science and Technology) -- Department of Science and Technology, Institute of Education, University of London Londons, 1996.

\_\_\_\_\_. A modelagem dinâmica computacional no processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. **Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

SANTOS, A. C. K. et al. O ModelCiências – um portal para o projeto modelagem semiquantitativa e quantitativa na educação em ciências. **Educar em Revista** Curitiba, v. 21, n. 2, p. 217-235, 2003.

SILVA, T. B. ; MAZZOTTI, M. A. B. A Física pelos professores de Física: a contribuição da teoria das representações sociais. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 15, n. 3 p. 515-528, 2009. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/viewarticle.php?id=301>. Acesso em: jun. 2010.

SILVA, D. **Estudo das trajetórias cognitivas de alunos: no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura**. 1995. Tese ( Doutorado em Educação) -- Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

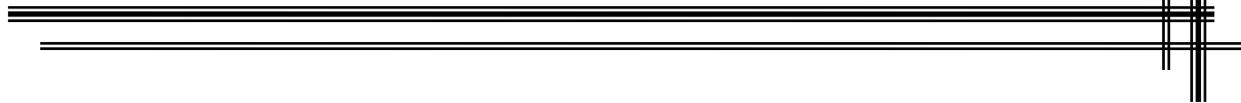
STRATFORD,S. J. ; KRAJCIK, J. ; SOLOWAY, E. Secondary students' dynamic modeling processes: analyzing, reasoning about, synthesizing, and testing models of stream ecosystems. **Journal of Science Education and Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 215-234. Sept. 1998.

VEIT, E. A. E ; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física** São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

WELLS, M. ; HESTENES, D. ; SWACKHAMER, G. A modeling method for high-school physics instruction. **American Journal of Physics**, New York, v. 63, n. 7, p. 606-619, Jul. 1995.

YEO, S. ; ZADNIK, M. Introductory thermal concept evaluation: assessing student's understanding. **Physics Teacher**, College Park, Md, v. 39, p.496-504, Nov. 2001.

# APÊNDICES





SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

## ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO

### AVALIAÇÃO DE FÍSICA

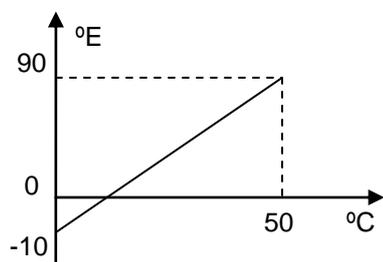
**PROF:** \_\_\_\_\_ **DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**ALUNO:** \_\_\_\_\_ **Nº** \_\_\_\_\_

**TURMA:** \_\_\_\_\_ **SÉRIE:** 2ª **TURNO:** MANHÃ **TRIMESTRE:** 1º - P1

1. Conceitue, com suas palavras, o que você entendeu por temperatura.
  
2. Segundo a teoria cinética da matéria, as partículas constituintes da matéria (átomos e moléculas) não estão paradas. Elas estão em movimento, mais ou menos intenso, dependendo do estado de agregação em que se encontra a substância (sólido, líquido ou gasoso) e de suas condições físicas. Com base nessa afirmativa responda: em qual estado as moléculas possuem menor energia cinética?
  
3. O físico inglês Willian Thompson, mais conhecido como Lord Kelvin, foi quem pela primeira vez estabeleceu a existência teórica de uma situação em que as moléculas da matéria estariam totalmente desprovidas de energia. Com base nesta teoria ele criou a escala para medida de temperatura Kelvin, também conhecida como escala absoluta. Pode existir temperatura abaixo do zero Kelvin? Por quê?
  
4. No vídeo “Uma verdade inconveniente”, Al Gore mostra evidencias do aquecimento global. Cite três dessas evidências.

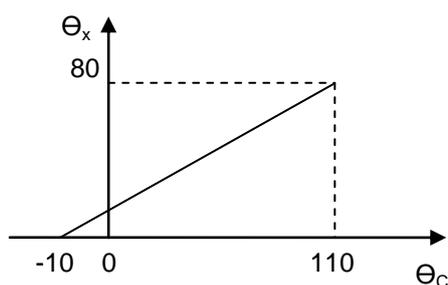
5. Ao resolver um problema usando escalas termométricas um estudante encontrou como resultado  $t = -300^\circ \text{C}$ . Comente o resultado obtido pelo estudante.
6. As três formas de transferência de calor (condução, convecção e irradiação) acontecem em situações diferentes, devido ao estado de agregação das moléculas e a situação como ocorre. Comente a forma como elas acontecem e o estado físico (sólido, líquido ou gasoso) respectivo.
7. Comparando-se uma escala E de um termômetro com a escala Celsius, obteve-se o gráfico da figura de correspondência entre as medidas.



Quando o termômetro Celsius estiver registrando  $90^\circ \text{C}$ , o termômetro E estará marcando:

- a)  $100^\circ \text{E}$    b)  $120^\circ \text{E}$    c)  $150^\circ \text{E}$    d)  $170^\circ \text{E}$    e)  $200^\circ \text{E}$

8. O gráfico mostra como se relacionam as indicações de um termômetro graduado na escala X e as de um termômetro graduado na escala Celsius.

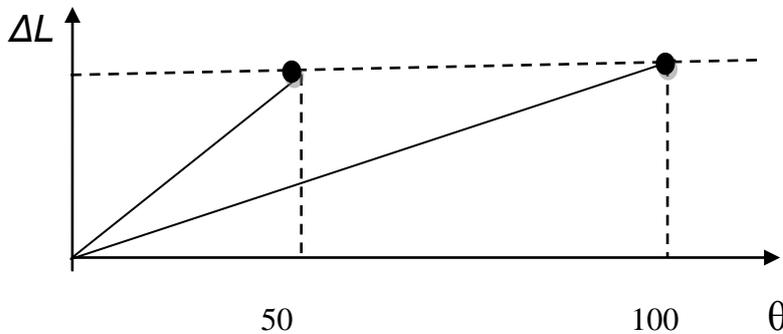


- a) Estabeleça a equação de conversão entre as indicações dos dois termômetros.
- b) Determine a indicação do termômetro graduado na escala X para o ponto do gelo para o ponto do vapor.
- c) Qual a indicação do termômetro graduado na escala X que corresponde a  $50^\circ \text{C}$ ?

**SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA****ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO****AVALIAÇÃO DE FÍSICA****PROF:** \_\_\_\_\_ **DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**ALUNO:** \_\_\_\_\_ **Nº** \_\_\_\_\_**TURMA:** \_\_\_\_\_ **SÉRIE:** 2ª **TURNO:** MANHÃ **TRIMESTRE:** 1º - P2**FORMULÁRIO:**  $\Delta l = l \times \Delta \theta \times \alpha$   $\Delta s = S_0 \times \Delta \theta \times \beta$   $\Delta v = v_0 \times \Delta \theta \times \gamma$ 

1. Na experiência do dilatômetro feita no laboratório calculamos o coeficiente de dilatação linear do alumínio. Quais foram as grandezas medidas e como foram medidas?
2. Construa um modelo, segundo as características do jlinkit, para expressar o funcionamento do dilatômetro.
3. Quando a água está sendo resfriada entre 4c e 0c seu volume aumenta de forma anômala, como conseqüência temos que nesta faixa de temperatura:  
 sua densidade diminui  
 sua densidade aumenta  
 sua massa aumenta  
 sua massa diminui
4. Lâmina bimetálica é um dispositivo que usa um determinado fenômeno físico para ligar e desligar automaticamente aparelhos elétricos. Qual é este fenômeno? Faça o desenho esquemático do seu funcionamento.
5. Uma barra de alumínio apresenta comprimento de 10 m a 20 °c. É aquecida até a temperatura de 120°c. Sendo  $22 \times 10^{-2}$  o coeficiente de dilatação linear do alumínio, determine:
  - a) A dilatação sofrida pela barra nesse aquecimento
  - b) O comprimento da barra a 120 °c

6. Na realização de uma experiência foram aquecidas duas barras metálicas a e b de mesmo comprimento inicial, construindo-se o gráfico abaixo. Este gráfico mostra a variação do comprimento  $l$  das barras em função da temperatura. A relação entre os coeficientes de dilatação das barras ( $\alpha_a / \alpha_b$ ) é:

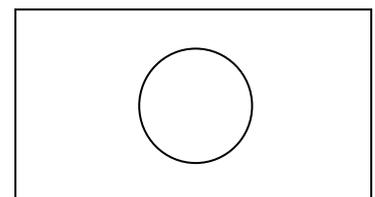


7. Um vidro de maionese está com a tampa metálica presa. Para soltar a tampa a melhor solução é:

- a) Aquecer o vidro
- b) Aquecer todo o conjunto (vidro e tampa)
- c) Aquecer somente a tampa
- d) Resfriar a tampa

8. Uma chapa de aço retangular homogênea possui um furo redondo no centro. Ao ser aquecida, o que acontece com o furo:

- a) Não sofre variação no diâmetro
- b) O diâmetro aumenta
- c) O diâmetro diminui



9. Ao projetar uma porta de grandes dimensões é necessário levar em consideração a folga que deve existir entre o caixonete e a porta. O cálculo da folga leva em consideração a área da porta, a variação de temperatura que pode ocorrer e o material usado na construção de toda estrutura ( $\Delta S = S_0 \times \Delta \theta \times \beta$ ). Por que neste caso é considerada apenas a dilatação superficial?

**10.** Após cozinhar alguns ovos, marta coloca-os para resfriar numa tigela com água. Qual das frases explica o processo de resfriamento?

- a) Temperatura pode ser transferida
- b) Calor e frio fluem como líquidos
- c) Objetos quentes naturalmente resfriam e objetos frios naturalmente aquecem
- d) No processo de resfriamento a energia é transferida dos ovos para a água

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO****AVALIAÇÃO DE FÍSICA****PROF:** \_\_\_\_\_ **DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**ALUNO:** \_\_\_\_\_ **Nº** \_\_\_\_\_**TURMA:** \_\_\_\_\_ **SÉRIE:** 2ª **TURNO:** MANHÃ **TRIMESTRE:** 2º - P3**FORMULÁRIO:**  $dV = V_0 \gamma dT$   $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$   $Q = m \cdot L$ 

**1ª questão:** Um tanque cheio de gasolina de um automóvel, quando exposto ao sol por algum tempo, derrama uma certa quantidade de combustível. Desse fato, conclui-se que:

- (A) Só a gasolina se dilatou
- (B) A quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação real.
- (C) A quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação aparente.
- (D) O tanque se dilatou mais que a gasolina.
- (E) A dilatação aparente da gasolina é igual à dilatação do tanque.

**2ª questão:** Quando aquecemos determinada massa de água de 0 °C para 4 °C:

- (A) O volume diminui e a massa aumenta.
- (B) O volume aumenta e a densidade diminui.
- (C) O volume e a densidade diminuem.
- (D) O volume e a densidade aumentam.
- (E) Nada se pode afirmar a respeito.

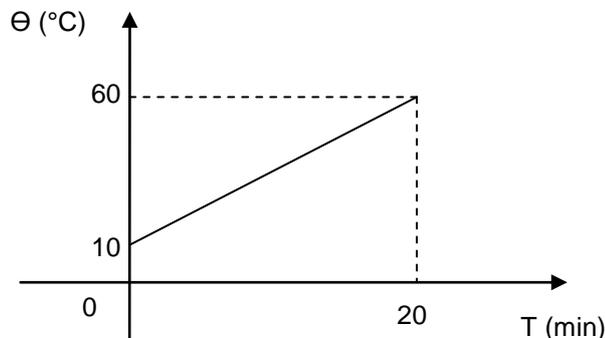
**3ª questão:** Como diferenciamos calor sensível de calor latente?

**4ª questão:** Para enfrentar uma noite muito fria, antes de se deitar, Juvêncio, pensando em aplicar seus conhecimentos de Física, resolveu colocar o aquecedor no alto do guarda-roupa. Você acha que a decisão de Juvêncio foi correta ou ele obteria melhores resultados se colocasse o aquecedor no solo? Explique.

**5ª questão:** Durante 10 minutos, um corpo permanece em contato com uma fonte que fornece 10 calorias por segundo. Sua temperatura sobe então de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se houve uma perda de 30% da energia fornecida para o ambiente e sendo de 200 gramas a massa do corpo, determine:

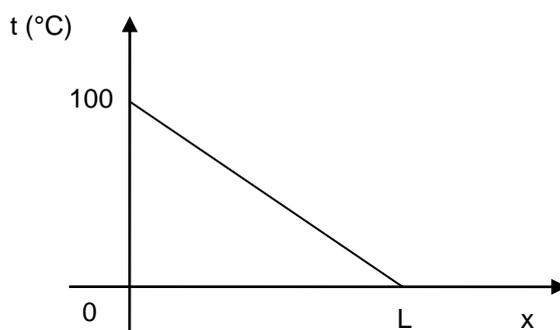
- (A) A quantidade de calor recebida pelo corpo;
- (B) O calor específico da substância de que é feito o corpo;
- (C) A capacidade térmica do corpo.

**6ª questão:** Uma fonte térmica tem potência constante de  $200\text{ cal/min}$ . Um corpo de massa  $100\text{ g}$  absorve totalmente a energia fornecida pela fonte e sua temperatura varia com o tempo de acordo com o gráfico.



Determine o calor específico da massa que constitui o corpo.

**7ª questão:** Uma barra de alumínio de  $50\text{ cm}$  de comprimento e seção transversal de área  $5,0\text{ cm}^2$  tem uma de suas extremidades em contato com o gelo em fusão ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e a outra em contato com o vapor de água em ebulição sob pressão normal ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Lateralmente, a barra é isolada termicamente. Após certo tempo, estabelece-se, ao longo da barra, um fluxo de calor em regime estacionário, no qual a temperatura varia ao longo da barra como indica o gráfico.



Sendo  $0,50\text{ cal/(s} \cdot \text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C)}$  o coeficiente de condutibilidade térmica do alumínio, determine:

- (A) O fluxo de calor ao longo da barra em regime estacionário;
- (B) A temperatura numa seção transversal da barra situada a 10 cm da extremidade mais fria.

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO****AValiação DE FÍSICA****PROF:** \_\_\_\_\_ **DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**ALUNO:** \_\_\_\_\_ **Nº** \_\_\_\_\_**TURMA:** \_\_\_\_\_ **SÉRIE:** 2ª **TURNO:** MANHÃ **TRIMESTRE:** 2º - P4**FORMULÁRIO:**  $Q = m.c.\Delta\theta$   $Q = m.L$   $C = m.c$   $C = Q/\Delta\theta$ 

**1ª questão:** Construa um modelo, utilizando os princípios do JLINKIT que represente o efeito estufa.

**2ª questão:** Com base em seu modelo explique o que é o efeito estufa e o que aconteceria com nosso planeta sem ele.

**3ª questão:** Um bloco metálico está inicialmente a temperatura de 20 °C. Recebendo uma quantidade de calor  $Q = 330$  Cal, sua temperatura se eleva para 50 °C.

- (A) Qual é o valor da capacidade térmica do bloco?
- (B) Diga com suas palavras, o que significa o resultado que você encontrou.

**4ª questão:** Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente e a outra em uma geladeira. Basicamente em que diferem elas imediatamente após terem sido retiradas do forno e da geladeira respectivamente?

- (A) Na quantidade de calor contida em cada uma delas.
- (B) Na temperatura de cada uma delas.
- (C) Uma delas contém calor e a outra não.

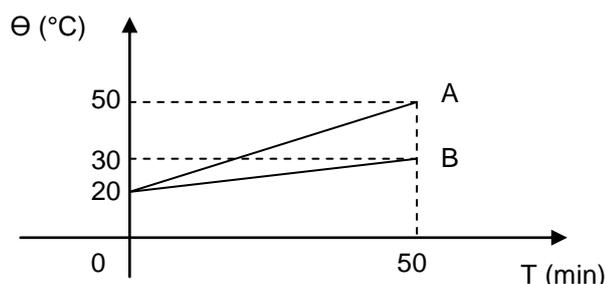
**5ª questão:** Quando as extremidades de uma barra metálica estão a temperaturas diferentes

- (A) A extremidade à temperatura maior contém mais calor do que a outra.
- (B) O calor escoo da extremidade que contém mais calor para a que contém menos calor.
- (C) Há transferência de energia por movimento desordenado de átomos e/ou moléculas.

**6ª questão:** Comente o que você entende por calor específico de um material.

$C \rightarrow \text{Cal} / \text{g } ^\circ\text{C}$

**7ª questão:** Dois corpos são aquecidos, separadamente, pela mesma fonte de calor, que fornece 120 calorias por minuto.

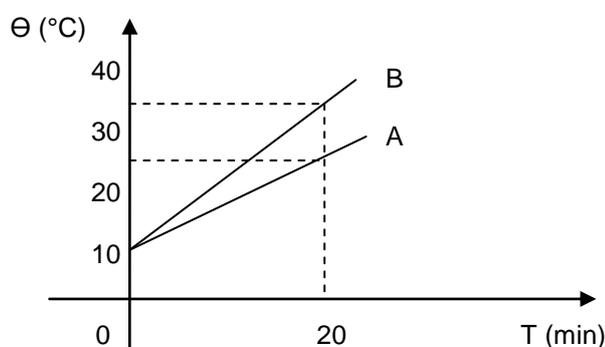


Analisando o gráfico, verifica-se que a capacidade térmica do corpo A ( $C_A$ ) e a capacidade térmica do corpo B ( $C_B$ ) obedecem à relação:

- (A)  $C_A = \frac{C_B}{9}$       (B)  $C_A = \frac{C_B}{3}$       (C)  $C_A = \frac{C_B}{6}$       (D)  $C_A = 2 C_B$       (E)  $C_A = 3 C_B$

**8ª questão:** Uma fonte térmica fornece calor à razão de 40 cal/min. No entanto, um corpo A ao ser aquecido, recebe apenas 60% desse fornecimento, variando sua temperatura como indica o gráfico. Outro corpo B, ao ser aquecido com maiores cuidados, para diminuir as perdas, absorveu, no processo de aquecimento, 80% do calor fornecido, estando indicado no mesmo diagrama como sua temperatura variou com o tempo.

- (A) Determine as capacidades térmicas dos corpos A e B.  
 (B) Quais seriam as variações de temperatura sofridas pelos corpos se, nos 20 minutos de aquecimento, o rendimento do processo fosse 100%, isto é, se não houvesse perdas?



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO****AVALIAÇÃO DE FÍSICA**

PROF:

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ALUNO: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

TURMA: \_\_\_\_\_ SÉRIE: 2ª TURNO: MANHÃ TRIMESTRE: 3º - P5

**1ª questão**

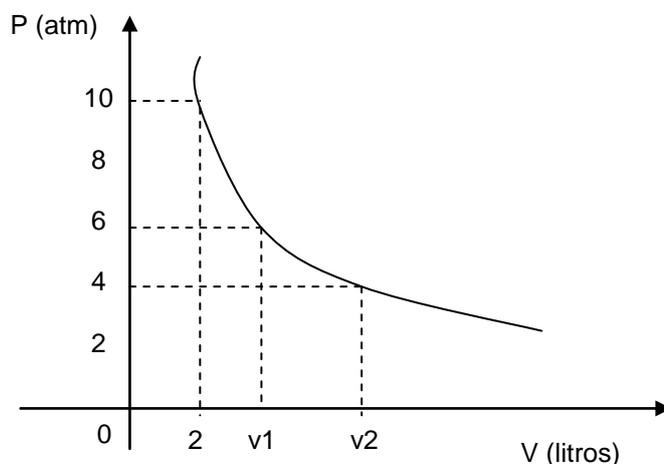
Quando você fecha a porta de um freezer vertical ouve um som semelhante a uma sucção e percebe a porta sendo fechada e a borracha de vedação da porta sendo comprimida. Se você tentar abrir esta porta neste momento não consegue e tem a impressão que ela está sendo puxada para dentro do freezer. Por que isto acontece?

**2ª questão**

Certa quantidade de um gás ideal ocupa um volume de 12 litros à pressão de 1,5 atm. Se o gás sofrer uma expansão isotérmica, passando a ocupar um volume de 18 litros, qual será sua nova pressão?

**3ª questão**

O gráfico abaixo apresenta a isotermia correspondente à transformação de um gás ideal. Determine os valores dos volumes  $V_1$  e  $V_2$ .

**4ª questão**

Às vezes ocorre que, durante a transformação de um gás, uma das variáveis de estado permaneça constante, variando apenas as outras duas. Estas transformações podem ter

temperatura constante, pressão constante ou volume constante. Assinale a alternativa que representa estas transformações, respectivamente.

- (D) Isotérmica – isocórica - isobárica
- (E) Isométrica – isotérmica - isobárica
- (F) Isotérmica – isométrica – isobárica
- (G) Isobárica – isovolumétrica – isotérmica
- (H) Isotérmica – isobárica - isométrica

### 5ª questão

Eduardo é apaixonado por futebol. Certo dia, ele combinou com seus amigos jogar uma partida na quadra de seu prédio, à noite. Durante a tarde ele procurou sua bola e a encontrou ao sol, notando que ela estava bem cheia. No entanto, à noite, seus amigos reclamaram que ele poderia ter enchido melhor a bola. Sabendo que na noite do jogo estava bem frio, como você explicaria o fato da bola ter ficado um pouco murcha?

### 6ª questão

Sob pressão constante de  $1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , o volume de dois mols de um gás ideal monoatômico altera-se de  $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$  para  $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ . Sendo  $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ , determine:

- (C) A variação de temperatura sofrida pelo gás;
- (D) A variação que ocorre em sua energia interna no processo.

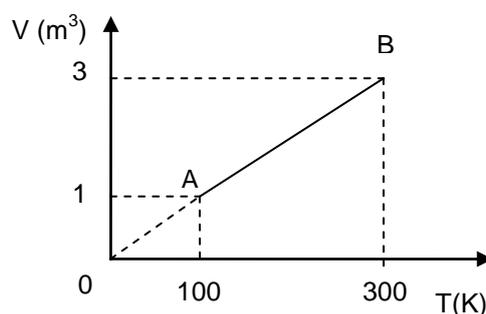
### 7ª questão

A primeira lei da Termodinâmica equivale à:

- (A) Conservação da energia mecânica.
- (B) Conservação da energia interna.
- (C) Conservação da energia térmica.
- (D) Conservação da energia.
- (E) Conservação do trabalho mecânico.

### 8ª questão

Uma amostra de gás perfeito sofre uma transformação isobárica sob pressão de  $60 \text{ N/m}^2$ , como ilustra o diagrama. Admita que na transformação, o gás recebe uma quantidade de calor igual a  $300 \text{ J}$ .



Podemos afirmar que a variação de energia interna do gás é de:

- (A) 120 J
- (B) 180 J
- (C) 200 J
- (D) 320 J
- (E) 420 J

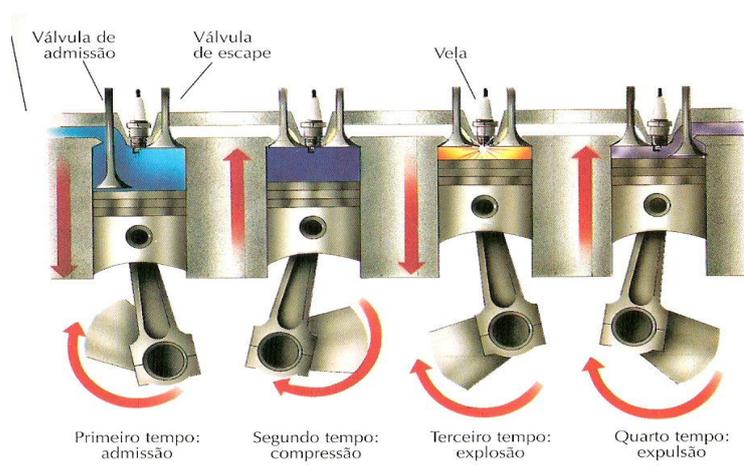
### 9ª questão

Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80 J, durante uma compressão adiabática?

- (A) 80 J
- (B) 40 J
- (C) Zero
- (D) -40 J
- (E) -80 J

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO****AVALIAÇÃO DE FÍSICA****PROF:****DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**ALUNO:** \_\_\_\_\_ **Nº** \_\_\_\_\_**TURMA:** \_\_\_\_\_ **SÉRIE:** 2ª **TURNO:** MANHÃ **TRIMESTRE:** 3º - P6**1ª questão**

A figura abaixo mostra o funcionamento de um motor a quatro tempos:



Com base na figura construa um modelo, utilizando os princípios do JLINKIT que represente o funcionamento do motor relacionando as grandezas calor, temperatura, dilatação e efeito da emissão de gases.

**2ª questão**

Com base em seu modelo explique o processo denominado explosão.

**3ª questão**

Depois de assistirem a aula de física Lucas e Levi conversavam no pátio da escola. Quando Levi comentou que uma panela de pressão poderia ser um exemplo de máquina térmica Lucas discordou dele. Explique quem está certo e por quê.

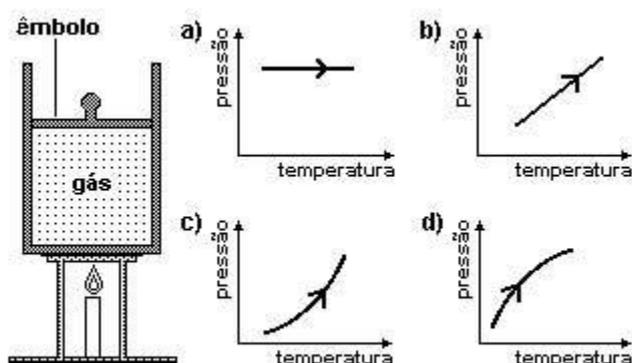
**4ª questão**

Assinale a alternativa correta:

- (A) Toda máquina térmica tem rendimento 100%, pois toda a energia térmica é transformada em trabalho.
- (B) O rendimento de uma máquina térmica não depende da temperatura da fonte quente.
- (C) O bom funcionamento do motor ciclo Otto depende da qualidade da mistura ar/combustível.
- (D) O trem a vapor é um exemplo de máquina térmica que retira calor de uma fonte fria e transfere para uma fonte quente.

### 5ª questão

Um cilindro tem como tampa um êmbolo que pode-se mover livremente. Um gás contido nesse cilindro está sendo aquecido, como representado na figura abaixo. Assinale a alternativa cujo diagrama melhor representa a pressão em função da temperatura nessa situação. Justifique sua resposta.



### 6ª questão

Em um refrigerador comum, o compressor realiza um trabalho de  $2,0 \cdot 10^4$  J em cada ciclo de substância refrigerante. Com isso são retirados  $1,0 \cdot 10^5$  J de calor do congelador, por ciclo. Determine:

- (A) A quantidade de calor transferida para o meio externo pela serpentina traseira do aparelho (dissipador de energia)
- (B) A eficiência desse refrigerador

### 7ª questão

O funcionamento de certa máquina térmica é determinada por certa massa de gás que realiza ciclos com a frequência de 6 hertz. Em cada ciclo esse gás troca com as fontes térmicas quente e fria respectivamente, 250 joules e 180 joules. Determine:

- (A) O trabalho útil obtido dessa máquina em cada ciclo.
- (B) O rendimento dessa máquina térmica.
- (C) A potência útil dessa máquina.

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO**

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

ATIVIDADE ACE - 1

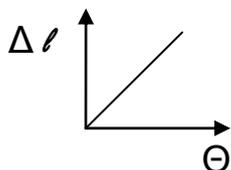
1. Escolha a afirmação correta:

- A. Quanto maior a temperatura da água, menor será o fluxo de vapor de água.  
B. Quanto maior a temperatura da água, maior será o fluxo de vapor de água.  
C. A temperatura da água não influencia o fluxo de vapor de água.

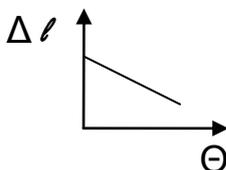
Explique sua resposta.

2. Qual dos gráficos abaixo representa a dilatação do tubo de metal em função do aumento da temperatura da água? Justifique.

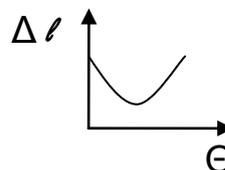
A.



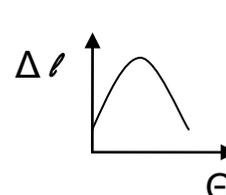
B.



C.



D.



3. Seria possível diminuir a dilatação do tubo de metal usando o fluxo de vapor da água? Justifique sua resposta.

4. Seria possível duas barras de mesmo material recebendo a mesma quantidade de calor de uma fonte sofrerem dilatações diferentes?

5. Durante o experimento não foi levado em conta o fato do aparelho de ar-condicionado do nosso laboratório de física estar ligado em sua capacidade máxima. Altere o modelo levando em conta esta situação.

6. Com base no texto de nosso livro de física construa um modelo sobre a lâmina bimetálica.

Ver o texto do livro de física na página 26.



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

## *ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO*

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

### ATIVIDADE ACE - 2

1. Escolha a afirmação correta:

- (A) Quanto maior a quantidade de plantas maior a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera.
  - (B) Quanto maior a quantidade de plantas menor a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera.
  - (C) Quanto menor a quantidade de plantas menor a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera.
- Justifique sua resposta.

2. Desenhe um gráfico a relação entre a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera e o número de indústrias e veículos. Explique seu desenho.

3. Existe relação entre o a temperatura de nosso planeta e o gelo polar? Justifique sua resposta.

4. Seria razoável afirmar que a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera pode contribuir para um aumento da temperatura da Terra? Explique.

5. Considerando que fatores como o desmatamento e o aumento do nível do mar estão envolvidos na questão do efeito estufa, faça uma alteração no modelo inserindo estes elementos.

6. Leia as notícias abaixo e use estas informações para alterar o modelo:  
Matéria do jornal O Globo publicada em 24/08/2010

### **TSE libera publicidade institucional da Eletrobrás contra queimadas**

BRASÍLIA - O presidente do Tribunal Superior Eleitoral (TSE), Ricardo Lewandowski, autorizou a Eletrobrás a veicular uma campanha contra as queimadas. Segundo a empresa estatal, as queimadas, frequentes nesta época do ano, desligam as linhas de transmissão elétrica e danificam equipamentos, causando prejuízos às empresas do setor. (...) Além de cartilhas distribuídas em escolas, sindicatos e associações de produtores rurais, a campanha contará com um filme para televisão e uma peça para o rádio.

Edição do Jornal Nacional de 5/9/2007

### **Temporada de queimadas, clima seco e problemas respiratórios**

Mais de 17 mil pontos de queimadas foram registrados pelo Inpe nas últimas 24 horas em todas as regiões do Brasil. Conseqüência de um período de seca fora do comum. (...) O clima, considerado de deserto, multiplica os problemas respiratórios. Nos hospitais, o movimento dobrou.



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

## *ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO*

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Aluno: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

### ATIVIDADE ACE - 3

1. Escolha a afirmação correta:

- A. O movimento do pistão para cima faz com que ocorra a admissão.
  - B. O movimento do pistão para baixo faz com que ocorra a admissão.
  - C. O movimento do pistão não influencia a ocorrência da admissão.
- Explique sua resposta.

2. Elabore um gráfico que represente a emissão de gases em relação a combustão. Explique seu desenho.

3. Existe relação entre o movimento do pistão e o processo de compressão? Justifique sua resposta.

4. Existe relação entre o movimento do pistão e o processo de combustão? Justifique sua resposta.

5. Altere o modelo incluindo os efeitos da emissão de gases na atmosfera.

6. Com base no texto de nosso livro de física construa um modelo de uma máquina a vapor.



SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

## *ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL OSCAR TENÓRIO*

Aluno: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

### **AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA**

- Este questionário diz respeito ao seu entendimento sobre *aquecimento e temperatura*.
- Para ajudar a visualizar cada situação, pense num grupo de amigos numa cozinha ou cafeteria. Imagine que eles são observadores e estão interessados em entender fenômenos comuns. Eles explicam suas idéias uns aos outros.
- Para cada questão, escolha a resposta que está mais próxima ao seu entendimento.
- Cuidado ao marcar a alternativa que você quer. Algumas questões possuem cinco opções.

1. Qual é a mais provável temperatura do cubo de gelo estocado no compartimento freezer do refrigerador?
  - a.  $-10^{\circ}\text{C}$
  - b.  $0^{\circ}\text{C}$
  - c.  $5^{\circ}\text{C}$
  - d. Depende do tamanho dos cubos de gelo.
  
2. Pedro retira seis cubos de gelo do freezer e coloca quatro deles num copo de água. Deixa dois numa bancada. Ele mexe e mexe até que os cubos fiquem bem menores e param de derreter. Qual é a mais provável temperatura da água nesse estágio?
  - a.  $-10^{\circ}\text{C}$
  - b.  $0^{\circ}\text{C}$
  - c.  $5^{\circ}\text{C}$
  - d.  $10^{\circ}\text{C}$
  
3. Os cubos de gelo que Pedro deixou sobre a bancada não derreteram completamente e estão sobre uma poça de água. Qual é a mais provável temperatura desses pequenos cubos de gelo?
  - a.  $-10^{\circ}\text{C}$
  - b.  $0^{\circ}\text{C}$
  - c.  $5^{\circ}\text{C}$
  - d.  $10^{\circ}\text{C}$

4. No fogão está uma chaleira cheia de água. A água começa a ferver rapidamente. A mais provável temperatura da água é de?
  - a. 88° C
  - b. 98° C
  - c. 110° C
  - d. Nenhuma das alternativas está correta.
  
5. Cinco minutos depois, a água na chaleira continua fervendo. A mais provável temperatura da água neste momento é de?
  - a. 88° C
  - b. 98° C
  - c. 110° C
  - d. 120° C
  
6. Qual a temperatura do vapor acima da água fervendo na chaleira?
  - a. 88° C
  - b. 98° C
  - c. 110° C
  - d. 120° C
  
7. Leandro pega dois copos de água a 40° C e os mistura com um copo de água a 10° C. Qual a mais provável temperatura da mistura?
  - a. 20° C
  - b. 25° C
  - c. 30° C
  - d. 50° C
  
8. João acredita que precisa de água fervendo para fazer uma xícara de chá. E diz a seus amigos: “Eu não poderia fazer chá se eu estivesse acampando nas montanhas, pois a água não ferve na altitude.”
  - a. Jonas diz: “Sim pode, mas a água fervida lá não é tão quente quanto a que temos aqui.”
  - b. Tatiana diz: “Não é verdade. A água sempre ferve na mesma temperatura.”
  - c. Luana diz: “O ponto de ebulição da água diminui, mas a água por si só continua com 100°.”
  - d. Maria diz: “Eu concordo com João. A água nunca chega ao ponto de ebulição.”
  
9. Samuel pega uma lata de refrigerante e uma garrafa plástica de refrigerante do refrigerador, onde elas passaram a noite inteira. Ele rapidamente coloca um termômetro na lata de refrigerante. A temperatura é 7° C. Qual é a mais provável temperatura da garrafa de plástico e do refrigerante inserido.

- a. Elas estão ambas menos de  $7^{\circ}\text{C}$ .
  - b. Elas estão ambas iguais a  $7^{\circ}\text{C}$ .
  - c. Elas estão ambas acima de  $7^{\circ}\text{C}$ .
  - d. O refrigerante está a  $7^{\circ}\text{C}$ , mas a garrafa está acima de  $7^{\circ}\text{C}$ .
  - e. Depende da quantidade de refrigerante e/ou do tamanho da garrafa.
10. Poucos minutos depois, Nelson pega a lata de refrigerante e em seguida diz a todos que a área da bancada abaixo da lata está mais fria que o restante da bancada.
- a. Jonas diz: “O esfriamento foi transferido da lata de refrigerante para a bancada.”
  - b. Robson diz: “Não há energia disponível na área da bancada abaixo da lata.”
  - c. Suely diz: “Algum aquecimento foi transferido da bancada para o refrigerante.”
  - d. Elias diz: “A lata causa um aquecimento embaixo ao afastar-se da bancada.”

Qual explicação em sua opinião é a melhor?

11. Pâmela pergunta a um grupo de amigos: “Se eu colocar 100 gramas de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e 100 gramas de água a  $0^{\circ}\text{C}$  dentro do freezer, qual eventualmente perderia mais calor?”
- a. Catia diz: “As 100 gramas de gelo.”
  - b. Bruno diz: “As 100 gramas de água.”
  - c. Nelson diz: “Nenhum, pois ambos possuem a mesma grau de calor.”
  - d. Mateus diz: “Não há resposta, pois o gelo não contém calor.”
  - e. Jonas diz: “Não há resposta, pois não temos água a  $0^{\circ}\text{C}$ .”
12. Maria está fervendo água numa panela no fogão. O que você acha que há nas bolhas que formam na água em ebulição? Em sua maior parte.
- a. Ar
  - b. Oxigênio e hidrogênio
  - c. Vapor d'água.
  - d. Não há nada nas bolhas.
13. Depois de cozinhar alguns ovos, Maria esfria os ovos colocando-os numa tigela com água fria. Qual das seguintes frases explica o processo de resfriamento?
- a. Temperatura é transferida dos ovos para a água.
  - b. O resfriamento é transferido da água para os ovos.
  - c. Objetos quentes naturalmente são resfriados.
  - d. Energia é transferida dos ovos para a água.

14. Jonas diz que não gosta de sentar nas cadeiras de metal da sala, por que: “elas são mais frias que as cadeiras de plástico.”

- a. João concorda e diz: “Elas são mais frias, pois o metal é naturalmente mais frio que o plástico.”
- b. Nelson diz: “Elas não são mais frias, elas estão na mesma temperatura.”
- c. Luana diz: “Elas não são mais frias, os metais só parecem mais frios porque são mais pesados.”
- d. Maria diz: “Elas são mais frias porque o metal tem menos calor a perder que o plástico.”

Quem você acredita estar certo?

15. Um grupo está ouvindo a previsão do tempo no rádio. Eles ouvem: “... hoje à noite teremos frio  $5^{\circ}\text{C}$ , mais frio que os  $10^{\circ}\text{C}$  de ontem à noite.”

- a. Jonas diz: “Que estará duas vezes mais frio esta noite que a noite passada.”
- b. João diz: “Que não está certo.  $5^{\circ}\text{C}$  não são duas vezes mais que  $10^{\circ}\text{C}$ .”
- c. Maria diz: “Está parcialmente certo, mas ela deveria ter dito que  $10^{\circ}\text{C}$  são duas vezes mais quentes que  $5^{\circ}\text{C}$ .”
- d. Samuel diz: “Está parcialmente certo, mas ela deveria ter dito que  $5^{\circ}\text{C}$  é metade do frio de  $10^{\circ}\text{C}$ .”

Qual sentença você está mais de acordo?

16. Mateus retira uma régua de metal e uma régua de madeira de seu estojo. Ele diz que a de metal está mais fria que a de madeira. Qual a sua explicação preferida?

- a. Metal conduz energia da mão dele mais rapidamente que a madeira.
- b. Madeira é naturalmente uma substância mais quente que o metal.
- c. A régua de madeira contém mais calor que a régua de metal.
- d. Metais são melhores radiadores de calor que a madeira.
- e. Resfriamento flui mais prontamente do metal.

17. Pâmela pega duas garrafas de vidro contendo água a  $20^{\circ}\text{C}$  e as embrulha em toalhas. Uma das toalhas estava molhada e a outra estava seca. 20 minutos depois, ela mediu a temperatura de cada garrafa. A água da garrafa com a toalha molhada estava com  $18^{\circ}\text{C}$ , a água da garrafa com a toalha seca estava com  $22^{\circ}\text{C}$ . Qual a mais provável temperatura do local durante este experimento:

- a.  $26^{\circ}\text{C}$
- b.  $21^{\circ}\text{C}$
- c.  $20^{\circ}\text{C}$
- d.  $18^{\circ}\text{C}$

18. Daniel simultaneamente pega duas caixas de achocolatado (leite com chocolate), uma fria do refrigerador e uma quente que já estava a algum tempo sobre a bancada. Por que você acha que a do refrigerador estava mais fria que a da bancada? Comparada com a caixa quente, a caixa fria...

- a. contém mais resfriamento.
- b. contém menos calor.
- c. é um pobre condutor de calor.
- d. conduz calor mais rapidamente da mão de Daniel.
- e. conduz resfriamento mais rápido para a mão de Daniel.

19. Robson analisa sua mãe fazendo sopa na panela de pressão porque ela cozinha mais rápido que a panela normal, mas ele não sabe o porquê. (A panela de pressão possui a tampa selada, então a pressão interna aumenta acima da pressão atmosférica.)

- a. Maria diz: "É porque a pressão faz a água ferver acima de 100° C."
- b. Bruno diz: "É porque a alta pressão gera calor extra."
- c. Tatiana diz: "É porque o vapor está a uma temperatura maior que a sopa fervendo."
- d. Daniel diz: "É porque a panela de pressão espalha o calor mais uniformemente através da comida."

Com qual pessoa você mais concorda?

20. Pâmela acredita que seu pai coloca o bolo para assar na plataforma superior do forno elétrico porque a parte superior é mais quente que a plataforma inferior.

- a. Maria diz que é mais quente na parte superior, pois o calor sobe.
- b. Samuel diz que é mais quente porque a forma de metal concentra o calor.
- c. Bruno diz que é mais quente na parte superior, pois quanto mais quente o ar menos denso ele é.
- d. Nelson discorda com todos eles e diz que não é possível ser mais quente na parte superior.

Qual pessoa você acha que está certa?

21. Suely está lendo uma questão de múltipla-escolha de um livro de texto: "A transpiração te refresca porque o suor é derramado em sua pele:

- a. Umedece a superfície, e superfície úmida libera maior calor que superfície seca."
- b. Drena o calor dos poros e espalha por toda a superfície da pele."
- c. É a mesma temperatura da sua pele mas evapora e então libera calor."
- d. É levemente mais fresco que sua pele por causa da evaporação e então o calor é transferido da sua pele para o suor."

Qual resposta você diria que ela selecionasse?

22. Quando Robson usa a bomba para encher os pneus de sua bicicleta, ele nota que a bomba fica um pouco aquecida. Qual explicação abaixo parece ser a melhor?

- a. Energia é transferida para a bomba.
- b. Temperatura é transferida a bomba.
- c. O calor é liberado de suas mãos para a bomba.
- d. O metal existente na bomba faz com que a temperatura aumente.

23. Por que vestimos casacos em tempos frios?

- a. Para manter o frio do lado de fora.
- b. Para gerar calor.
- c. Para reduzir a perda de calor.
- d. Todas as razões anteriores estão corretas.

24. Elias retira alguns picolés do freezer, onde ele tinha os colocados no dia anterior, e diz a todos que o palito de madeira está a uma temperatura superior a parte de gelo.

- a. Nelson diz: “Você está certo, pois o palito de madeira não fica tão frio quanto o gelo.”
- b. Maria diz: “Você está certo porque o gelo contém mais frio que a madeira.”
- c. Samuel diz: “Você está errado, eles apenas parecem diferentes porque o palito contém mais calor.”
- d. Suely diz: “Eu acho que eles estão a uma mesma temperatura porque estão juntos.”

Com qual pessoa você mais concorda?

25. Daniel está descrevendo um segmento da TV que ela viu na noite anterior: “Eu vi físicos fazerem imãs supercondutores, que estavam a uma temperatura de  $-260^{\circ}\text{C}$ .”

- a. Mateus duvida disso: “Você deve ter cometido um erro. Não se pode ter uma temperatura tão baixa quanto essa.”
- b. Luana discorda: “Sim você pode. Não há limite para as temperaturas mais baixas.”
- c. Nelson acredita que ele esteja certo: “Eu acho que o imã estava próximo da menor temperatura possível.”
- d. Daniel não tem certeza: “Eu acho que supercondutores são bons condutores calóricos então não se pode resfriá-los a temperaturas baixíssimas.”

Quem você acredita estar certo?

26. Quatro alunos estavam discutindo coisas que fizeram quando crianças. A seguinte conversa foi ouvida: Maria: “Eu costumava cobrir minhas bonecas com cobertores e não entendia o porquê elas não esquentavam.”

- a. Nelson respondeu: “É porque os cobertores que você usava eram provavelmente isoladores ruins.”
- b. Luana respondeu: “É porque os cobertores que você usava eram provavelmente condutores ruins.”
- c. Mateus respondeu: “É porque as bonecas eram feitas de materiais que não armazenavam bem o calor.”
- d. Bruno respondeu: “É porque as bonecas eram feitas de materiais que levavam muito tempo para aquecer.”
- e. Jonas respondeu: “Todos vocês estão errados”

Com quem você concorda?

ANEXOS



## QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Este questionário tem por objetivo coletar suas opiniões quanto ao conteúdo abordado, o método de ensino do professor e os recursos didáticos utilizados durante o ano letivo.

Para responder a cada questão escolha uma das alternativas de resposta, marcando a sua opinião. Lembre-se de que não existem respostas certas, mas devem responder de forma clara, sincera e espontânea.

### 1. OBJETIVOS E CONTEÚDOS

A. Qualidade dos conteúdos abordados

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

B. Aplicabilidade no cotidiano

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

### 2. PROFESSOR

A. Conhecimento do assunto

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

B. Capacidade de comunicação

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

C. Capacidade de motivar os alunos

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

D. Atividades propostas

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

E. Orientação e esclarecimento de dúvidas

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

F. Relacionamento com os alunos

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

G. Respeito aos horários

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

H. Frequência as aulas

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

### 3. RECURSOS DIDÁTICOS

A. Livros e textos

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

B. Recursos audiovisuais

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

C. Experimentos no laboratório de física

Ótimo  Bom  Regular  Fraco

D. Atividades com modelagem e Jlinkit

Ótimo  Bom  Regular  Fraco



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

CCMN - Bloco C - Cidade Universitária - Ilha do Fundão  
Rio de Janeiro - RJ CEP: 21941-916  
[www.pggi.ufrj.br](http://www.pggi.ufrj.br)