

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**DIEGO MOTTA LIBARDI**

**A UTILIZAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O  
ENSINO DO CONCEITO DE TEMPERATURA: UM  
ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

VITÓRIA

2014

DIEGO MOTTA LIBARDI

**A UTILIZAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O  
ENSINO DO CONCEITO DE TEMPERATURA: UM  
ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Giuseppi Gava Camiletti

VITÓRIA

2014

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

L694u Libardi, Diego Motta, 1985-  
A utilização de um material instrucional potencialmente significativo para o ensino do conceito de temperatura : um estudo com alunos do ensino médio / Diego Motta Libardi. - 2014.  
135 f. : il.

Orientador: Giuseppe Gava Camiletti.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física (Ensino Médio). 2. Temperatura. 3. Aprendizagem. 4. Ensino - Metodologia. I. Camiletti, Giuseppe Gava. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

**Diego Motta Libardi**

**A UTILIZAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA  
O ENSINO DO CONCEITO DE TEMPERATURA:  
UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 28 de Julho de 2014.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti  
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dra. Evelyse dos Santos Lemos  
Instituto Osvaldo Cruz/FIOCRUZ

Prof. Dra. Rosilene de Sá Ribeiro  
Instituto Federal de Educação - Serra

Ao meu Pai e à minha Mãe,  
os dois pilares da minha vida.

# AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha mãe, Zaine Motta Libardi, ao meu pai, Arvelino Libardi, pelo apoio em todos os sentidos.

A minha noiva, Juliana Recoliano Casadinho, pela imensa contribuição moral, afetiva e intelectual para o desenvolvimento desse trabalho e para o meu equilíbrio emocional. Aos amigos, em especial, Michel Adriano Rabbi, Léo, Nathália, Gustavo Miranda e Gustavo Loyola pelo acompanhamento de minha caminhada desde o início e por sempre me ofertarem motivação para que ele fosse concluído.

Aos alunos e funcionários do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES campus Cachoeiro, pela abertura, liberdade e apoio na aplicação do material instrucional, em especial, ao amigo Whortton Vieira Pereira, por me ajudar em momentos que estive ausente.

Aos professores e funcionários do Ensino Médio da escola CIAC – Raymundo Andrade pelo entendimento às minhas necessidades para a defesa desta dissertação.

Aos professores do PPGEnFis, por promoverem a discussão e a pesquisa em ensino-aprendizagem, ajudando a modificar a prática em sala de aula, direta ou indiretamente, dos professores de Física do Espírito Santo.

Em destaque, agradeço a meu orientador, Giuseppi Gava Camiletti, por toda ajuda prestada, aos companheiros de turma, ao amigo Claytor Vieira da Silva, companheiro de reflexões diversas no desenvolvimento desse trabalho.

À amiga Juliana Torres, agradeço por oferecer ajuda no momento que mais precisei.

Ao Laboratório de Estatística – LESTAT da UFES em nome da Professora Eliana Zandonade pelos procedimentos estatísticos realizados. E a todos que não foram citados aqui, mas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço à FAPES e CNPq pelo fomento ao Programa de Pós-Graduação que me permitiu realizar este curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“E quando as coisas vão mal, você procura alguém para culpar, como se fosse uma sombra. O mundo não é um arco-íris em um amanhecer, na verdade é um lugar ruim e asqueroso. E não importa o quão durão você seja, apanhará e ficará de joelhos, se assim permitir. Nem você, nem ninguém baterá tão forte quanto a vida. Não importa o quão forte você golpeia, mas sim, quantos golpes você aguenta levar e continuar em frente, o muito que você possa aceitar e seguir adiante. É assim que se consegue a vitória!” (Rocky Balboa)

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o resultado de um processo que consta a elaboração, aplicação e avaliação dos impactos de um Material Instrucional, abordando os conceitos que se relacionam com o tema Temperatura. O estudo foi realizado com uma turma de alunos do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola federal localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim no Estado do Espírito Santo. O Material Instrucional baseou-se nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e nas orientações para elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Moreira. A premissa básica desta teoria é que ideias expressas simbolicamente devem interagir de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Os instrumentos de coleta de dados foram Mapas Conceituais progressivos, Avaliação de conteúdo, Questões presentes ao longo do Material Instrucional, Questionário de opinião dos alunos, e o Diário de Bordo do professor/mestrando. A análise dos dados teve enfoque qualitativo. Os resultados dos Mapas Conceituais progressivos mostraram melhorias na sua hierarquia conceitual, qualidade e nos critérios quantitativos considerados. O resultado da Avaliação sugere que os alunos demonstraram domínio do conteúdo de Temperatura. As atividades de responder e discutir as Questões contidas no Material Instrucional evidenciaram a existência de muitos subsunçores sobre o conteúdo em estudo e proporcionaram momentos de interação social e negociação de significados. A opinião dos estudantes e o diário de bordo do professor/mestrando mostram que a inserção de elementos do cotidiano, bem como experimentações e simulações computacionais foram bem aceitas e consideradas relevantes para o processo de ensino/aprendizagem dos conceitos abordados. Estes resultados são indicativos de um Material Instrucional potencialmente significativo para promover a Aprendizagem Significativa dos conteúdos de Temperatura, para alunos de um curso técnico integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo.

Palavras-chave: Temperatura, Experimentos, Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, Mapa Conceitual.



## **ABSTRACT**

The main objectives of this paper were to elaborate, implement and evaluate the impact of an instructional material, addressing the concepts that relate to the topic temperature. The study was conducted with a group of students from the 2<sup>nd</sup> year of high school, a federal school located in the municipality of Itapemirim in the State of Espírito Santo. The instructional material was based on assumptions of Meaningful Learning of Ausubel and on guidelines for preparation of Potentially Meaningful Teaching Units of Moreira. The basic premise of Ausubel's theory is that meaningful learning only occurs when new information is the basis of the cognitive structure of the learner. It is necessary to find out what students already know and focus teaching on it, starting from the most general and inclusive concepts to more specific ones. The Progressive Concept Maps show positive results. Reviews Content Issues presented along the Instructional Material Questionnaire students' opinions as well as the Diary teacher / graduate student. The approach of data analysis was qualitative. The results of concept maps showed great improvements in their conceptual hierarchy, quality and quantitative criteria considered. The result of evaluation suggests that students demonstrate mastery of the content of temperature. Activities to respond and discuss the issues contained in the Instructional Material showed the existence of many subsumers over the content under study and provided moments of social interaction and negotiation of meaning. The opinion of the students and the logbook teacher / graduate student show that the insertion of elements of everyday life as well as experiments and computer simulations were well accepted and considered relevant to the teaching / learning of the concepts covered. These results are indicative of a potentially significant to promote meaningful learning of the contents of temperature, for high school students Instructional Material.

**Keywords:** Temperature, Experiments, Meaningful Learning, Potentially Meaningful Teaching Units, Concept Map.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 4 - Análise de Dados

<b>Tabela 4.1</b>	<i>Classificação dos Mapas Conceituais desenvolvidos pelos estudantes, de acordo com os critérios propostos por Mendonça (2012)</i>	43
<b>Tabela 4.2</b>	<i>Classificação dos Mapas de acordo com os Critérios Quantitativos (CQ).</i>	44
<b>Tabela 4.3</b>	<i>Número e percentual de Mapas desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à hierarquia conceitual (HC).</i>	45
<b>Tabela 4.4</b>	<i>Número (percentual) de Mapas desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à qualidade dos mapas (QM).</i>	46
<b>Tabela 4.5</b>	<i>Conceitos presentes nos MC's, relacionados a grandezas físicas</i>	51
<b>Tabela 4.6</b>	<i>Conceitos presentes nos MC's, relacionados aos fenômenos naturais.</i>	52
<b>Tabela 4.7</b>	<i>Conceitos presentes nos MC's, relacionados aos Objetos.</i>	53
<b>Tabela 4.8</b>	<i>Conceitos presentes nos MC's, relacionados às Relações Matemáticas.</i>	53
<b>Tabela 4.9</b>	<i>Conceitos presentes nos mapas conceituais classificados como outros.</i>	54
<b>Tabela 4.10</b>	<i>Número (percentual) de termos de acordo com cada categoria.</i>	55
<b>Tabela 4.11</b>	<i>Notas das Provas.</i>	58
<b>Tabela 4.12</b>	<i>Quantidade de erros e acertos dos alunos por questão.</i>	59
<b>Tabela 4.13</b>	<i>Resultado das respostas em relação às Perguntas do MI.</i>	65
<b>Tabela 4.14</b>	<i>Resultado das Correções das Perguntas do MI agrupadas.</i>	67
<b>Tabela 4.15</b>	<i>Total de respostas corrigidas e não corrigidas.</i>	68
<b>Tabela 4.16</b>	<i>P-valor (Mann Whitney) encontrado em cada grupo de médias da avaliação, relacionadas com a quantidade de respostas Corretas e Incorretas para cada questão do MI.</i>	69
<b>Tabela 4.17</b>	<i>Média das notas do Grupo 1 e do Grupo 2.</i>	70
<b>Tabela 4.18</b>	<i>Distribuição do número de alunos que responderam como estavam em relação ao entendimento do assunto abordado nas aulas.</i>	72
<b>Tabela 4.19</b>	<i>Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização dos experimentos durante as aulas.</i>	73
<b>Tabela 4.20</b>	<i>Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de simulações computacionais durante as aulas.</i>	73
<b>Tabela 4.21</b>	<i>Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de exemplos e situações do cotidiano durante as aulas.</i>	74
<b>Tabela 4.22</b>	<i>Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de experimentos, simulações computacionais e exemplos/situações do cotidiano durante as aulas.</i>	74
<b>Tabela 4.23</b>	<i>Distribuição do número de alunos que opinaram em relação aos aspectos do MI.</i>	75
<b>Tabela 4.24</b>	<i>Distribuição do número de alunos que opinaram em relação aos aspectos do MI expresso em notas.</i>	76
<b>Tabela 4.25</b>	<i>Resumo dos Elogios e das Críticas registrados na questão 09 do questionário de opinião.</i>	78

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 4 - Análise de Dados

<b>Quadro 4.1</b>	<i>Categorias de análise da Hierarquia Conceitual, estabelecidas por Mendonça (2012).</i>	41
<b>Quadro 4.2</b>	<i>Categorias de Análise da Qualidade do MC, estabelecidas por Mendonça (2012).</i>	42
<b>Quadro 4.3</b>	<i>Definição dos critérios que foram encontrados nos MC's</i>	42
<b>Quadro 4.4</b>	<i>Definição das categorias utilizadas para vincular as palavras que foram utilizadas na produção dos MC's.</i>	49
<b>Quadro 4.5</b>	<i>Definição das palavras utilizadas para representar e unificar um conjunto de palavras com significados similares.</i>	50
<b>Quadro 4.6</b>	<i>Categorias de análise das respostas dadas pelos alunos no MI.</i>	62
<b>Quadro 4.7</b>	<i>Exemplo de questão que continha o espaço para correção da resposta inicial, caso fosse necessário.</i>	63
<b>Quadro 4.8</b>	<i>Exemplo de questão que não possuía o espaço para correção da resposta inicial, caso fosse necessário.</i>	63
<b>Quadro 4.9</b>	<i>Perguntas contidas no MI.</i>	63
<b>Quadro 4.10</b>	<i>Opções de respostas dos alunos em relação à cada conjunto de perguntas relacionadas à cada método aplicado.</i>	72
<b>Quadro 4.11</b>	<i>Problemas identificados após as respostas dadas pelo aluno e suas respectivas opiniões.</i>	78

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3 – Metodologia

<b>Figura 3.1</b>	<i>Figura contida no MI que ilustra uma ponte com rachaduras.</i>	28
<b>Figura 3.2</b>	<i>Figura do MI que mostra uma linha férrea sem as juntas de dilatação.</i>	29
<b>Figura 3.3</b>	<i>Figura do MI que mostra os pisos das residências sem o espaçamento adequado e com consequentes defeitos.</i>	29
<b>Figura 3.4</b>	<i>Experimento utilizado para a tomada de dados. Conhecido como Dilatômetro.</i>	31

### CAPÍTULO 4 – Análise de Dados

<b>Figura 4.1</b>	<i>Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno 04, antes da instrução.</i>	47
<b>Figura 4.2</b>	<i>Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno 14, depois da instrução.</i>	48

## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO 4 – Análise de Dados

<b>Gráfico 4.1</b>	<i>Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria.</i>	56
--------------------	--	----

# SUMÁRIO

**Resumo**

**Abstract**

<b>1 - Introdução</b> .....	13
1.1 – O Contexto do Estudo .....	13
1.2 – A Organização da Dissertação .....	16
<b>2 - Referencial Teórico</b> .....	17
2.1 – Teoria da Aprendizagem Significativa.....	17
2.2 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa .....	20
<b>3 - Metodologia</b> .....	25
3.1 - Objetivos .....	26
3.2 - Amostragem .....	27
3.3 - Descrição do Material Instrucional.....	27
3.4 - O Contexto da Aplicação do Material Instrucional.....	32
3.5 - Instrumentos de Coleta e Análise de Dados .....	34
3.5.1 - Mapas Conceituais.....	34
3.5.2 - Respostas das Questões.....	35
3.5.3 - Desempenho nas Avaliações.....	36
3.5.4 - Questionário de Opinião.....	37
3.5.5 - Diário de Bordo.....	38
<b>4 - Análise de Dados</b> .....	39
4.1 - Análise Qualitativa dos Mapas Conceituais .....	40
4.2 - Análise dos Conceitos Presentes nos Mapas Conceituais .....	49
4.3 - Análise da Avaliação .....	57
4.4 - Análise das Respostas Contidas no Material Instrucional .....	61
4.5 - Análise dos Questionários de Opinião .....	71
4.5.1 – Em Relação ao Entendimento do Assunto Abordado nas Aulas.....	71
4.5.2 – Análise em Relação à Utilização de Experimentos, de Simulações Computacionais e de Exemplos do Cotidiano.....	72
4.5.3 – Análise em Relação aos Aspectos Relevantes do Material Instrucional.....	75
4.5.4 – Questões Abertas – A Opinião dos Estudantes.....	77
4.6 - Análise do Diário de Bordo .....	79

<b>5 – Conclusão.....</b>	<b>82</b>
5.1 – Mapas Conceituais.....	82
5.2 – Avaliação.....	83
5.3 – Questões.....	84
5.4 – Questionário de Opinião.....	84
5.5 – Diário de Bordo.....	85
5.6 – Trabalhos Futuros.....	85
5.7 – Opinião Final do Professor/Mestrando.....	86
<b>6 – Referências.....</b>	<b>87</b>
<b>7 – Apêndice: Produto da Dissertação: Material Instrucional – Publicação Anexa</b>	<b>90</b>
<b>Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – Temperatura</b>	

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - O Contexto do Estudo

No Brasil, o ensino de física ocorre, formalmente, no período escolar conhecido como Ensino Médio. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 20 de dezembro de 1996, o Ensino Médio é parte da chamada Educação Básica, que tem como objetivo “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

Em nossa sociedade atual, o aprendizado das leis e fenômenos físicos “constitui um complemento indispensável à formação cultural do homem moderno, não só em virtude do grande desenvolvimento científico e tecnológico [...], como também porque o mundo da física nos rodeia por completo (ALVARENGA & MÁXIMO, 2008, p. 3)”. De fato, o conhecimento físico permeia o dia a dia do ser humano. Seja na queda da folha de uma árvore, no movimento dos ônibus e dos carros, no funcionamento de televisores e telefones, é possível observar leis físicas e o conhecimento que o homem adquiriu através dos séculos e séculos de pesquisas.

Paradoxalmente, a experiência em sala de aula demonstra que a física é muitas vezes vista como uma disciplina difícil, ou seja, muitos alunos acreditam que nunca poderão utilizar o que aprendem em sala de aula. Como explicar tal situação? Se a física é uma ciência que busca entender e explicar os fenômenos que se encontram ao nosso redor, porque muitos alunos terminam o ensino médio com a ideia de que

<sup>1</sup> Este trabalho foi desenvolvido concomitante ao trabalho do também mestrando deste programa de pós-graduação, Claytor Vieira da Silva (SILVA, 2014), com o mesmo orientador. Portanto, as ideias contidas no referencial teórico e algumas técnicas e procedimentos de análise de dados foram compartilhadas nos dois trabalhos.

jamais utilizarão o que “aprenderam”? De alguma forma, estes aprendizes parecem sentir dificuldade em relacionar o que aprendem em sala de aula com o que ocorre em seu dia a dia.

O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) é um programa de livre adesão por parte dos países, que ocorre a cada três anos, e tem por objetivo produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. No ano 2012, 65 países participaram e o Brasil ficou no nada honroso 59º lugar, revelando que os alunos que fizeram a prova tem conhecimento científico muito limitado e só conseguem elaborar explicações científicas óbvias ou seguidas de informações já evidenciadas.

Moreira (1999, p.162) argumenta que é necessário que se ensine “utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa”. Assim, utilizar exemplos em sala que tenham conexões com o cotidiano dos estudantes, por exemplo, pode ser fundamental para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos.

Todavia, de acordo com Moreira (2011b), não é essa prática que predomina na maior parte das escolas do país, prevalecendo o que é conhecido como forma clássica de aprender.

Na escola, seja ela fundamental, média ou superior, os professores apresentam aos alunos conhecimentos que eles supostamente devem saber. Os alunos copiam tais conhecimentos como se fossem informações a serem memorizadas, reproduzidas nas avaliações e esquecidas logo após. Esta é a forma clássica de ensinar e aprender, baseada na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno (MOREIRA, 2011b, p 2).

Nesse caso, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, há pouca interação entre a nova informação e aquela já armazenada, dificultando, assim, o processo de retenção (MOREIRA, 2008). Esse processo é um dos responsáveis pelos alunos acharem, em muitos casos, que nunca aplicarão em suas vidas o conhecimento físico estudado. De fato, quando a aprendizagem é predominantemente mecânica, carece de significado real e prático, além de ser pouco relacionável com outros conhecimentos, caindo muitas vezes no esquecimento.



Neste sentido, Ausubel *et al* (1980) realizou um estudo que a atenção estava constantemente voltada para a aprendizagem tal como ela ocorre na sala de aula no dia a dia da grande maioria das escolas. O resultado foi a proposição de uma teoria argumentando que deve-se criar condições em sala de aula para que a aprendizagem dos alunos seja significativa.

Para Ausubel, aprender com significado exige que o novo conhecimento interaja com algum conceito especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, o subsunçor. Do contrário, esse conhecimento se estabelecerá, porém de forma aleatória, não se ligando, ou com ligações fracas aos locais apropriados. Quando ocorre a aprendizagem significativa, a nova informação adquire significado para o sujeito e o conceito pré-existente se modifica, tornando-se mais elaborados ou com maior estabilidade cognitiva, “[...] podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens (MOREIRA, 2012 p. 3)”. Assim, buscar que um conhecimento seja aprendido de forma significativa implica não só no aprendizado desse conhecimento em si, mas também pode facilitar o aprendizado de novos conceitos.

De acordo com a teoria, cabe ao professor identificar o que o aluno já sabe e ensinar fundamentado nisso. Entretanto, é “uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula “bem dada” e um aluno “aplicado” são condições suficientes para uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012, p.13)”. É o domínio de situações problemas, em nível crescente de complexidade que darão sentido aos conceitos. Isso ocorre dentro de uma dialética entre conceitos e situações e envolve uma negociação de significados entre docente e discente.

Assim, em busca da melhoria de sua prática docente, o professor/mestrando optou pela utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel para fundamentar o desenvolvimento de um Material Instrucional para o estudo dos conceitos de Temperatura. O trabalho objetivou também a aplicação do Material desenvolvido para uma turma de alunos de uma escola pública federal, para viabilizar a coleta de dados e conseqüente avaliação dos impactos do mesmo para a promoção da aprendizagem significativa dos tópicos estudados.

## 1.2 - A Organização da Dissertação

Esta dissertação é apresentada em seis capítulos e um Apêndice como descritos a seguir.

Este Capítulo introdutório tem o objetivo de situar o leitor no contexto da pesquisa, e apresentar de maneira sucinta os tópicos que serão desenvolvidos ao longo do texto. O Capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico com as discussões relacionadas às bases teóricas para o desenvolvimento deste trabalho. O Capítulo 3 apresenta a concepção do estudo, que descreve a Metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta a Análise de Dados que discute sobre os dados obtidos a partir de cada instrumento de coleta utilizado, buscando evidências de Aprendizagem Significativa em cada um deles.

O Capítulo 5 descreve as Discussões e Conclusões deste estudo, apresentando sugestões para futuras investigações.

O Capítulo 6 apresenta as Referências Bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao final é apresentado um Apêndice, no qual disponibiliza o **produto educacional** da Dissertação, composto pelo Material Instrucional produzido e utilizado para o desenvolvimento e coleta de dados da pesquisa.

## CAPÍTULO 2

### REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os aspectos teóricos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, que investigará a utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o estudo do conteúdo de Temperatura.

#### 2.1 – Teoria da Aprendizagem Significativa

O trabalho e seu desenvolvimento fundamentam-se na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta pelo psicólogo estadunidense David Ausubel, partindo do pressuposto de que o ensino só ocorre quando há aprendizagem, e esta deve ser significativa.

Um dos conceitos mais importantes dentro da teoria de Ausubel é o de *subsunção* ou *ideia-âncora*, sendo este a representação de um conhecimento prévio possuído pelo aluno (MOREIRA, 2012). Destaca-se que:

Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine de acordo. (AUSUBEL et al., 1980, p. 137).

Sendo assim, a Aprendizagem Significativa - AS ocorre quando a nova informação recebida pelo aluno se relaciona de maneira não arbitrária e não literal com os conhecimentos que o mesmo já possui em sua estrutura cognitiva, podendo estes serem conceitos ou proposições relevantes.

Quando a nova informação interage pouco ou nada com a estrutura cognitiva do aprendiz ocorre a aprendizagem mecânica ou automática. Nesse caso, o conteúdo será armazenado de forma arbitrária, sem ligar-se a conceitos relevantes existentes na estrutura do aluno.

As novas informações são armazenadas no cérebro humano formando uma hierarquia conceitual, onde princípios mais específicos são relacionados e assimilados aos gerais. Conforme ocorrem mais interações, um subsunçor irá, progressivamente, adquirir novos significados, ficando assim mais refinado e diferenciado, sendo capaz de servir como “âncora” para novas aprendizagens significativas. Esse processo é conhecido como *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor.

Ausubel afirma que durante este processo de assimilação tanto a nova informação quanto o subsunçor a ela relacionado são modificados pela interação; “assim, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados” (ibid., p. 160). Essa recombinação é chamada de *reconciliação integrativa*.

Destaca-se que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos da dinâmica estrutural cognitiva, mas aqui estão sendo tratados como princípios potencialmente facilitadores da Aprendizagem Significativa. A diferenciação progressiva pode ser vista como a orientação para organizar a apresentação do conteúdo de forma a iniciar-se por proposições mais gerais e inclusivas. Com relação a reconciliação integrativa, deve-se explorar relações entre ideias, apontando diferenças e similaridades entre as mesmas. Esses dois princípios podem, na prática, serem implementados, por exemplo, através da utilização de Mapas Conceituais (ibid.), que serão abordados mais a fundo no decorrer do trabalho.

O autor aponta, também, que existem duas condições básicas para a ocorrência de AS. A primeira é que “o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz” (ibid., p. 156); quando isso ocorre, o instrumento é chamado de *potencialmente significativo*. Salienta-se a importância da palavra “potencialmente”; o material não é por si só significativo, já que o significado está nas pessoas e não nas ferramentas.

A segunda é a vontade que o próprio aluno deve manifestar para aprender de maneira significativa determinado conhecimento. Caso sua intenção seja de apenas memorizar o conteúdo, o processo e o resultado serão mecânicos. Moreira (2012) afirma que:

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações. (Moreira, 2012, p. 36).

Dessa forma, caso uma condição seja cumprida e a outra não, a aprendizagem ocorrerá assim de forma mecânica e não significativa, ou seja, para Ausubel é considerado então que o aprendiz apenas assimilou o conteúdo, não havendo assim a aprendizagem propriamente dita.

Ausubel *et al* (1980) definem três tipos de aprendizagem: *subordinada*, *superordenada* e *combinatória*. No primeiro caso, o novo conceito se relaciona com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma subordinada, ou seja, será compreendido como um exemplo de um subsunçor, uma extensão ou modificação do mesmo, entre outros. De acordo com Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), este é o tipo mais comum; se o novo material irá apenas corroborar com um existente, a aprendizagem subordinada é dita como *derivativa*, mas se o novo agir como uma mudança no subsunçor, a aprendizagem subordinada será então *correlativa*.

Na aprendizagem superordenada, o novo conceito é mais abrangente e inclusivo do que os subsunçores do estudante; assim, os conceitos já existentes assumem posição de subordinação em relação ao novo. Moreira, Caballero e Rodríguez (1997) afirmam que, neste caso, o conteúdo recém-adquirido irá assumir uma relação de superordenação para com a estrutura cognitiva do aprendiz; este tipo de aprendizagem é bem menos comum do que a subordinada.

A aprendizagem combinatória representa as ideias novas que se relacionam com as já existentes na estrutura cognitiva do aluno, mas não são nem específicas nem gerais. Nesse caso, o novo irá associar-se a um conteúdo amplo, ou seja, é como se fosse potencialmente significativo por ser relacionável a estrutura cognitiva como um todo (*ibid.*).

Visando a AS, Ausubel recomenda, em casos particulares, a utilização de organizadores prévios (materiais introdutórios) apresentados antes do conteúdo que se busca ensinar. Estes deverão servir de “âncora” para a nova aprendizagem, ou seja, “servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber” (ibid., p. 155).

Outro importante ponto da teoria é o cuidado que deve-se ter com a avaliação. Esta não deve exigir que o aluno simplesmente recorde da memória uma informação ensinada em sala de aula; o objetivo da avaliação deve ser encontrar evidências de uma possível Aprendizagem Significativa.

Segundo Ausubel, a evidência da AS se torna eficaz, apresentando ao aprendiz testes de compreensão em um contexto de alguma forma diferente daquele comumente encontrado no material instrucional, pois a compreensão real de um conceito implica em significados claros. Ele argumenta que, com o passar do tempo, os alunos desenvolvem técnicas para resolver provas, aprendendo maneiras de solucionar “problemas típicos”. Dessa forma, a avaliação da AS deve exigir máxima transformação do conhecimento adquirido.

Uma importante ferramenta na busca por essas evidências é o Mapa Conceitual. Este foi proposto, inicialmente, por Novak (1972) como estratégia para evidenciar conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Novak e Gowin (1999) descrevem os fundamentos teóricos dos Mapas Conceituais, afirmando que estes são instrumentos centrados no aluno e não no professor. Além disso, permitem a avaliação do conhecimento prévio do aprendiz, o diagnóstico das concepções alternativas, a utilização como um mecanismo para ilustrar a natureza hierárquica, conceitual e proposicional do conhecimento, além de poderem ser utilizados como ferramentas para ajudar os alunos a reorganizar as estruturas cognitivas em padrões mais fortemente integrados, promovendo assim a Aprendizagem Significativa (Trowbridge & Wandersee, 2000).

## **2.2 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

O professor Marco Antônio Moreira (2011b) criou uma proposta para a implementação de um modelo de ensino que possui sua fundamentação teórica

embasada na Aprendizagem Significativa dentro da sala de aula; denominou este de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

O objetivo do modelo supracitado é propor um passo a passo de como desenvolver uma unidade de ensino que seja potencialmente facilitadora da AS, utilizando para isso tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Segundo o autor (ibid.), as UEPS originaram-se da junção de suas visões contemporâneas com a teoria de Ausubel (1968, 2000), as teorias de educação de Novak (1977) e Gowin (1981), a interacionista de Vygotsky (1987), os campos conceituais de Vergnaud (1990) e os modelos mentais de Johnson-Laird (1983). Dessa forma, Moreira (2011b) estabeleceu oito passos, que serão elucidados a seguir, necessários para a construção de uma UEPS.

#### PRIMEIRO PASSO: DEFINIÇÃO DE TÓPICO ESPECÍFICO

Refere-se a definição de um tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual este se insere.

#### SEGUNDO PASSO: CRIAÇÃO DE SITUAÇÕES

Criar ou propor situações, podendo estas serem discussões, questionários, mapas mentais etc., que levem a externalização do conhecimento prévio do aluno, necessário, ou não, para o contexto da matéria de ensino, que sejam supostamente relevantes para a Aprendizagem Significativa do objetivo em pauta.

#### TERCEIRO PASSO: SITUAÇÕES-PROBLEMA

Propor situações-problema, em nível introdutório, que levem em conta o conhecimento prévio do aluno e preparem o caminho para a introdução do que se pretende ensinar; estas podem começar a desenvolver o tópico, mas de maneira superficial, sem quem haja realmente o ensino.

Além disso, as situações-problema podem funcionar como organizador prévio e, são elas que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas, sendo capaz de modelá-las mentalmente.

Essas situações podem ser propostas de diversas maneiras, como simulações computacionais, vídeos, problemas do cotidiano ou da matéria de ensino, mas

sempre de modo acessível e problemático, ou seja, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo.

#### QUARTO PASSO: APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Uma vez que os tópicos iniciais foram trabalhados, deve-se haver a apresentação do conhecimento que será ensinado/aprendido; para isso, levará em conta a diferenciação progressiva, começando então com aspectos mais gerais e inclusivos, dando uma visão inicial do todo e do que é mais importante na unidade de ensino, além de exemplificar para, logo em seguida, abordar as especificidades.

A estratégia de ensino pode ser uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deverá ser seguida de apresentação ou discussão em grande grupo.

#### QUINTO PASSO: RETOMAR OS ASPECTOS GERAIS

Em continuidade, deve-se retomar os aspectos mais gerais, estruturantes – o que efetivamente se pretende ensinar - do conteúdo da unidade de ensino em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, recurso computacional, textos etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira.

As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, além de dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações já trabalhadas, ou seja, promover a reconciliação integradora.

Após a segunda apresentação, recomenda-se a sugestão de outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagirem socialmente, negociando significados, e tendo o professor como mediador; este exercício pode ser a resolução de algum problema, construção de mapa conceitual, experimento de laboratório, pequeno projeto, entre outros, mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente.

#### SEXTO PASSO: CONCLUSÃO DA UNIDADE

Para isso, deve ocorrer o seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que podem ser,



novamente, uma breve exposição oral, leitura de um texto, uso de um recurso computacional etc.. O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.

Após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; estas devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente.

#### SÉTIMO PASSO: AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de Aprendizagem Significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, propõe-se que haja uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência - tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino.

A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, igualmente, na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) e somativa.

#### OITAVO PASSO: ÊXITO

A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de AS (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A Aprendizagem Significativa é progressiva e o domínio de um campo conceitual também; portanto, a ênfase deve ser nas evidências e não em comportamentos finais.

Além desses oito passos sequenciais, Moreira (ibid.) estabelece aspectos transversais, dentre os quais, destaca-se o fato de que os materiais e as estratégias de ensino devem, em todos os passos, serem diversificados, além de o questionamento ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica estimulados. Além disso, ressalta-se que, embora a UEPS deva privilegiar as

atividades colaborativas, a mesma também pode prever momentos de atividades individuais.

Vale ressaltar, novamente, a posição de Moreira (1999) acerca da importância da intenção do aprendiz na aprendizagem, já que não importa o quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se o aluno tiver a vontade de simplesmente memorizá-lo, arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem quanto o seu produto serão mecânicos (ou automáticos). Da mesma maneira, independentemente da disposição do indivíduo para aprender, se o material não for potencialmente significativo, o processo e o produto da aprendizagem também não serão.

Sendo assim, os pressupostos da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa de Moreira (2011b), constituíram-se como o referencial teórico para a elaboração do que chamamos Material Instrucional (MI) relacionado ao tema **Temperatura** para ser aplicado a alunos do Ensino Médio. Neste caso, considerou-se que a UEPS foi uma forma de materializar o MI, apresentando os passos a serem seguidos para a instrução do tema escolhido.

Este Material traz todo o desenvolvimento do conteúdo com perguntas, exercícios, situações-problema, experimentos, simulações computacionais entre outros recursos instrucionais que o professor queira inserir para o bom desenrolar da aula. A proposta de desenvolvimento e aplicação do MI atende às premissas do Mestrado Profissional, que é a elaboração de um produto educacional voltado para prática em sala de aula, permitindo a coleta de dados para sua respectiva avaliação e consequente escrita da dissertação de Mestrado.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA

Esta investigação é do tipo qualitativo descritiva, de natureza exploratória e interpretativa. A escolha pela metodologia qualitativa de acordo com MENDONÇA (2012) tem como argumento principal o fato de que o objetivo da pesquisa não é testar hipóteses, uma vez que não existe uma realidade objetiva independente, ela é socialmente construída. O interesse central da pesquisa qualitativa está nos significados que as pessoas, em suas ações e interações, atribuem dentro de um contexto social.

Moreira (2011b) explica que a pesquisa qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através de participação na vida desses atores. Não tem a preocupação de fazer inferências estatísticas, porque o seu enfoque é descritivo e interpretativo, do ponto de vista de significados, tanto do pesquisador quanto dos sujeitos. O objetivo fundamental desse tipo de estudo é compreender o significado de uma experiência e tentar entender como funcionam todas as partes, que se juntam para formar um todo. A pesquisa qualitativa busca a profundidade dos fatos, parte do subjetivo, a amostra é não casualista, é intencional, trabalha com valores, crenças, opiniões e atitudes. Todas as variáveis são importantes. Este tipo de pesquisa trabalha com pressupostos, para tentar atingir o seu objetivo.

De acordo com Mendonça (2012), no caso de pesquisa qualitativa que investiga o ensino formal, deve-se interrelacioná-lo com a ação de aprender, considerando que ela ocorre durante o que se passa na sala de aula e esta se encontra integrada em um ambiente mais amplo que é a escola. Os eventos analisados pela presente

investigação são os fatos, os acontecimentos, as situações que ocorreram no contexto de aprendizagem, materializados nos registros, anotações em caderno de observações, entrevistas, mapas conceituais, respostas a testes, entre outras ferramentas existentes.

Uma faceta de grande importância da pesquisa qualitativa é a narrativa.

Ao invés de usar gráficos, coeficientes, tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador qualitativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados. Suas asserções dependem de sua interpretação e só terão validade para o leitor (que pode ser um colega pesquisador, um professor, um administrador, o próprio sujeito da pesquisa) na medida em que eles concordam com essa interpretação (MOREIRA, 2011a, p.51).

Assim, o pesquisador enriquece sua narrativa com evidências que possam corroborar sua interpretação, visando persuadir o leitor. Para tanto, insere trechos de anotações, entrevistas, exemplos de trabalhos de alunos, incluindo comentários interpretativos. Ao mesmo tempo, busca tornar possível ao leitor fazer julgamentos de modo a concordar ou não com as asserções interpretativas do pesquisador.

Assim, a proposta deste trabalho de mestrado de elaboração de um Material Instrucional potencialmente significativo para o estudos de conteúdos de Física no ambiente de sala de aula se enquadra no paradigma da pesquisa qualitativa (MOREIRA 2011b), uma vez que o interesse foi a busca de evidências de ocorrência da Aprendizagem Significativa dos estudantes de conceitos relacionados à Temperatura.

### **3.1 - Objetivos**

#### **Objetivo Geral**

Investigar os impactos da aplicação de um Material Instrucional elaborada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa relacionado ao conteúdo de Temperatura para a promoção da Aprendizagem Significativa.

#### **Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são:

1. Mapear a evolução da compreensão dos conceitos através dos Mapas

- Conceituais produzidos pelos alunos em busca de evidências de Aprendizagem Significativa;
2. Analisar os resultados das avaliações, buscando possíveis significados para as notas e questões de maior ou menor acerto;
  3. Analisar as respostas fornecidas pelos alunos para as questões contidas no Material Instrucional, visando identificar as potencialidades desta estratégia para a promoção da Aprendizagem Significativa;
  4. Mapear a opinião dos estudantes visando identificar pontos positivos e negativos dos recursos instrucionais utilizados e do Material Instrucional como um todo;
  5. Analisar o diário de bordo do professor, traçando um panorama geral da aplicação do Material Instrucional, do ponto de vista do professor/mestrando.

### 3.2 - Amostragem

O Material Instrucional foi aplicado para uma turma de 27 estudantes do segundo ano do curso Técnico de Informática, integrado ao Ensino Médio.

### 3.3 - Descrição do Material Instrucional (MI)

O MI foi desenvolvido pelo professor/mestrando, em parceria com o orientador, e aplicado no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Cachoeiro de Itapemirim – ES, atendendo a um dos requisitos do Mestrado Profissional, de elaboração de um **Produto Educacional**. O MI pode ser destacado da dissertação de modo que está disponível para ser utilizado por outro professor e a íntegra do mesmo segue em anexo a esta dissertação.

Os exemplos e situações presentes nos livros didáticos são utilizados para dar sentido aos fenômenos naturais a serem estudados. Neste sentido, é desejável que eles sejam capazes de despertar a curiosidade e interesse dos alunos para o entendimento e estudos dos fenômenos subjacentes. Moreira (1999, p.162) argumenta que é necessário que se ensine “utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira

significativa”. Assim, utilizar exemplos em sala que tenham conexões com o cotidiano dos estudantes pode ser fundamental.

Neste contexto, buscou-se desenvolver um Material Instrucional (MI) utilizando exemplos e situações do cotidiano dos estudantes. Com isso, buscou-se produzir um material para ser utilizado como substituto do livro didático no IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim, que fica localizado na rodovia Cachoeiro-Alegre, km 05 no bairro Morro Grande a aproximadamente 11km do Centro. A cidade está situada no Sul do Estado do Espírito Santo a cerca de 140 km da capital, Vitória.

Os conteúdos de Física considerados para a elaboração do MI foram relacionados à Temperatura e a apresentação foi dividida em três partes. A primeira abordou, de forma geral, os conceitos de temperatura, considerando alguns fenômenos. Na segunda, foi discutida a dilatação dos corpos bem como suas respectivas equações matemáticas. Na terceira parte foram trabalhadas as escalas termométricas e suas devidas transformações.

Do ponto de vista da estruturação, o MI foi elaborado levando em consideração a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2002), buscando o desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011b). Assim, o conteúdo foi estruturado de acordo com os oito passos previstos para a elaboração de uma UEPS.

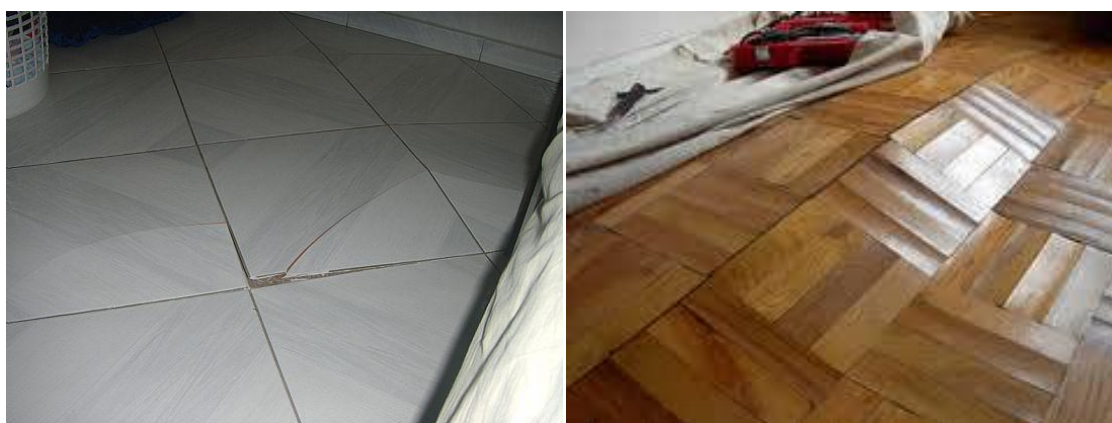
Visando aproximar os estudantes de situações do seu cotidiano, o MI previu em sua primeira aula fazer com que os alunos fossem conduzidos a pensar sobre o que seria a temperatura de um corpo/objeto e foram convidados para uma discussão em grupo. Após, foram apresentadas situações-problemas do cotidiano dos estudantes tais como: rachaduras em pontes e pisos, e trilhos de trem retorcidos, conforme ilustra as figuras 3.1, 3.2 e 3.3, que estão contidas no MI.



**Figura 3.1:** *Ilustração de uma ponte com rachaduras.*



**Figura 3.2:** *Deformação sofrida pela linha férrea sem as juntas de dilatação.*



**Figura 3.3:** *Diferentes pisos de residências sem o espaçamento adequado para permitir a dilatação térmica dos mesmos.*

Assim, a visualização dos problemas encontrados cotidianamente serviu para dar sentido às discussões dos conteúdos que pretendíamos ensinar e cumpriu as orientações contidas no o passo três da UEPS que é a de propor situações problema em nível introdutório.

Na aula seguinte, os alunos foram solicitados a construir um Mapa Conceitual sobre o entendimento da ocorrência dos problemas com Pontes, Trilhos e Pisos. Cabe ressaltar que, em aulas anteriores, foram realizadas atividades de construção de Mapas Conceituais, baseadas na proposta de Ferracioli (2007). Esta etapa buscou levar o aluno a externalizar seu conhecimento prévio no contexto da matéria de ensino, de acordo com as orientações contidas no passo dois da UEPS.

Visando ampliar a discussão dos conteúdos e exemplificar o assunto estudado, foram incluídos exercícios resolvidos ao longo de todo o MI. Foram incluídos também, ao final de cada parte do MI, uma lista de exercícios para o aluno resolver fora e dentro do ambiente de sala de aula, contribuindo também para a interação

social entre eles, negociando significados e tendo o professor como mediador, conforme previsto no passo cinco da UEPS.

A medida que o conteúdo avança, o MI retoma os conceitos mais gerais e estruturantes, sempre em nível mais alto de complexidade, conectando-os com os aspectos mais específicos do conteúdo, visando promover a ocorrência dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, atendendo ao que foi estabelecido no passo cinco e seis da UEPS.

Ao longo de todo MI foram incluídas também diversas questões a serem respondidas pelos estudantes. A dinâmica consistiu em alocar um tempo para o estudante responder e em seguida o professor deveria proceder uma discussão coletiva com a turma sobre as respostas dadas. Tal estratégia possibilitou aos alunos refletir e expor sua opinião sobre aspectos relevantes do assunto abordado na aula e, conseqüentemente, expor seus conhecimentos prévios. O MI previu um espaço para a resposta inicial do estudante e um espaço para a possível correção da sua resposta, após a discussão com o professor e comparação com sua resposta inicial. Caso o aluno constatasse que sua resposta estivesse errada, ele poderia escrever a resposta correta em um espaço ao lado. Assim, foram criados momentos de apresentação ou discussão em grande grupo, conforme estabelecido no passo quatro da UEPS.

Outro destaque da elaboração do MI foi a utilização de experimentos em sala de aula, vídeos de curta duração e simulações computacionais. Para sistematizar a utilização de cada um destes recursos, na sala de aula, foram incluídas orientações específicas em duas sessões intituladas “TRABALHANDO COM O PROFESSOR” e “USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR”.

Cada sessão “TRABALHANDO COM O PROFESSOR” foi constituída de uma breve descrição sobre o fenômeno a ser abordado e de um roteiro para a utilização do experimento em sala de aula, além de questões a serem respondidas pelos estudantes. Um desses experimentos foi o dilatômetro, utilizado para a coleta de dados necessários para determinar o coeficiente de dilatação de tubos metálicos cilíndricos, de três materiais diferentes, conforme pode ser visualizado na Figura 3.4.





**Figura 3.4:** Experimento utilizado para a tomada de dados. Conhecido como Dilatômetro.

A sessão “USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR” foi constituída de uma simulação computacional com *Applet*<sup>1</sup> e continham uma breve descrição sobre o que pode ser visualizado ou simulado com o recurso utilizado, roteiro de execução em sala de aula e questões a serem respondidas pelos estudantes. O objetivo principal deste tipo de sessão foi possibilitar ao estudante a visualização de fenômenos microscópicos do conteúdo em estudo, tal como o nível de agitação das moléculas.

A utilização dos vídeos e simulação, bem como dos experimentos em sala de aula se relacionam com os passos três (uso de situações problemas) e quatro (exposição do conteúdo seguida de discussão em grupo) da UEPS e com o primeiro aspecto transversal citado no capítulo 2. Ou seja, em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados.

Ao final das discussões sobre o conteúdo, os alunos foram solicitados a desenvolver um segundo Mapa Conceitual, acerca do tema. Esta atividade possibilitou aos estudantes um momento para reorganizar seu entendimento sobre os fenômenos relacionados à Temperatura e suas variações, que foram solicitados no Mapa inicial. De acordo com Moreira (2006):

---

<sup>1</sup>Os *Applets* são *softwares* de pequeno porte que podem ser executados através de navegadores de internet, tais como, Firefox, Internet Explorer ou Chrome, entre outros, disponíveis, gratuitamente, na rede mundial de computadores (internet).

[...]os mapas conceituais serão úteis não só como auxiliares na determinação do conhecimento prévio do aluno (ou seja, antes da instrução), mas também para investigar mudanças em sua estrutura cognitiva durante a instrução. Dessa forma se obtém, inclusive, informações que podem servir de realimentação para a instrução e para o currículo (MOREIRA, 2006, p. 19).

Assim, esse mapa possibilitou também a coleta de dados para uma análise da aplicação deste MI e eventual mudança da estrutura cognitiva dos alunos, de acordo com as proposta de avaliação de Mapas Conceituais proposta por Mendonça (2012).

Após a conclusão das discussões do MI, os alunos foram submetidos a uma avaliação somativa, individual, que abrangia todo o conteúdo abordado pelo MI, atendendo ao que foi proposto no passo sete da UEPS.

### **3.4 - O Contexto da Aplicação do Material Instrucional**

Conforme já foi comentado, o MI foi aplicado no Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, unidade Cachoeiro de Itapemirim, que é uma instituição federal, vinculada ao Ministério da Educação, que oferece cursos em diferentes níveis, desde o Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio até cursos superiores e pós graduações. Fica localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim, cidade do sul do Estado do Espírito Santo, com cerca de 190 mil habitantes. A principal atividade econômica gira em torno de uma das maiores jazidas de mármore e granitos do Brasil, constituindo-se de um centro internacional de rochas ornamentais, responsável pelo abastecimento de 80% do mercado brasileiro de mármore. Destacam-se também a produção de cimento, calçados e laticínios.

A realidade do IFES é diferenciada em relação às demais escolas públicas municipais, estaduais e até mesmos às particulares. O ingresso é feito a partir de um processo seletivo constituído de uma prova de seleção. Com isso, acredita-se que eles possuem nível conceitual superior aqueles que não conseguiram ingresso. A realidade dos estudantes desta escola é de estudo diário, onde poucos trabalham e possuem o tempo integralmente dedicado ao estudo. Como a escola também possui cursos superiores, praticamente todos possuem perspectivas de ingresso em um curso superior após o término do Ensino Médio, uma vez que já estão em contato direto com estudantes desse nível.

A estrutura da escola é suficiente para que os professores possam desenvolver adequadamente suas atividades básicas de docência. Possui quadro branco, projetores multimídia, sala de informática, laboratórios diversos, pátio arejado, salas climatizadas, auditório, restaurante, campo de futebol, quadra, entre outras estruturas.

Apesar de a escola ser afastada do centro da cidade, os alunos chegam e saem de ônibus, vans e carros. As reuniões com os pais são bem frequentadas, bem organizadas e o incentivo pelo estudo é permanente. Porém, assim como em qualquer outro lugar, alguns alunos possuem dificuldade financeira e estudam dentro de suas limitações.

Em relação ao tempo de aplicação do Material Instrucional, a carga horária de Física na referida turma era de 3 horas-aulas semanais e estavam previstas de 12 a 16 aulas para a aplicação de todo o conteúdo referente aos conceitos de temperatura. Na proposta aqui relatada, a dinâmica do MI propôs questões a serem respondidas pelos estudantes seguidas de discussões, a utilização de simulações computacionais com projetor multimídia, a realização de experimentos em sala de aula, a resoluções de exercícios em sala pelos alunos. Como não tínhamos experiência com o tempo necessário para implementar este tipo de abordagem, utilizamos 23 horas-aula para as discussões relativas aos problemas envolvendo o conceito de temperatura, o fenômeno da dilatação térmica e as diferenças entre as escalas termométricas, abrangidos pelo MI.

Soma-se a isso às alterações na organização da distribuição das aulas, mesmo antes do término do ano letivo. Um professor retornou de sua licença e teve que assumir algumas aulas de física, enquanto outro assumiu um cargo de diretor de pesquisa e extensão, e uma redistribuição teve que ser realizada. Isso aconteceu com as aulas em andamento e todos os alunos foram prejudicados.

Isso significou a utilização de toda a carga horária referente ao 3º bimestre, que prevê a discussão dos conceitos e fenômenos de temperatura e calor, conforme planejamento inicial do MI. Em função da greve de professores das Instituições de Ensino Superior (IES) federais, o 3º bimestre teve início em 05 de novembro e término em 18 de dezembro de 2013. O 4º bimestre e o respectivo término do ano letivo de 2013 ocorreram de fevereiro a abril de 2014.

No entanto, entendemos que a extrapolação da carga horária se constituiu de um problema que merece ser investigado, visando dar subsídios a trabalhos futuros utilizando a estratégia aqui descrita para a elaboração e utilização do MI.

Por fim, é importante ressaltar que a turma era constituída de 27 discentes, mas ao longo do período de aplicação do MI, apenas 24 alunos integralizaram as atividades propostas. Um(a) aluno(a) não entregou o material para análise no fim das atividades, um(a) aluno(a) se afastou devido a um problema de saúde e um(a) aluno(a) transferiu-se para outra escola. E ainda, em relação ao desenvolvimento dos dois Mapas Conceituais, três alunos não desenvolveram o Mapa **depois** da aplicação do MI. Portanto, dos 27 estudantes iniciais, 21 cumpriram as duas tarefas relacionadas ao desenvolvimento dos MC's.

### 3.5 – Instrumentos de Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados se constituiu dos **Mapas Conceituais** desenvolvidos pelos estudantes antes e depois das discussões dos conceitos de Temperatura, do **Diário de Bordo** do professor, das respostas às **Questões** contidas no MI, do desempenho dos estudantes na **Avaliação** realizada e de um **Questionário** de levantamento de opinião dos estudantes.

#### 3.5.1 – Mapas Conceituais

De acordo com Mendonça (2012), os mapas conceituais são representações ordenadas hierarquicamente, com um conceito superordenado no topo. Os conceitos inseridos abaixo do principal devem ser mais específicos e menos gerais. Os conceitos devem ser ligados por linhas, contendo palavras de ligação que expressam a relação entre eles, formando proposições. Novak e Gowin (1999) descrevem os fundamentos teóricos dos mapas conceituais, afirmando que estes são um instrumento centrado no aluno e não no professor.

Os MC's podem ser utilizados como instrumentos de coleta de dados para investigar a estrutura cognitiva do aprendiz e eventuais mudanças, durante a instrução. (MOREIRA, 2006). Assim, é possível encontrar evidências de AS analisando a estrutura de mapas progressivos aplicados aos estudantes.

A análise dos Mapas construídos pelos estudantes **antes** e **depois** da instrução seguiu a estratégia proposta por Mendonça (2012). A autora (ibid.) elaborou critérios de classificação qualitativos no que se refere aos graus de hierarquia, que tem por base as estratégias para avaliação de mapas conceituais propostas por Novak (2000) e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel (2002).

Segundo Mendonça (2012) a construção de um MC requer uma compreensão acerca das idéias transmitidas pelos conceitos. Assim, caso não haja clareza, a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes no MC será baixa. Todavia, caso haja uma elevação da quantidade de conceitos centrais do conteúdo e do número de proposições válidas do primeiro para o segundo MC, isso poderá indicar um aumento na compreensão das idéias transmitidas pelos conceitos e, portanto, a ocorrência de AS. Os critérios utilizados para análise dos mapas conceituais serão discutidos no Capítulo 4.

Entre as formas de avaliar a evolução conceitual dos estudantes, o MI propõe a construção de MC's em dois momentos: um no início da aplicação do material e um ao final da aplicação do mesmo.

### **3.5.2 – Respostas das Questões**

*As respostas às perguntas contidas no MI, dadas pelos alunos, tinham como objetivo permitir ao estudante expressar seu conhecimento prévio sobre o assunto/conceito em discussão a cada momento. A partir destes registros, que foram obtidos recolhendo o MI dos estudantes, foi possível ter acesso aos conhecimentos prévios dos estudantes e também estabelecer uma estratégia para analisar as respostas e as correções, refletindo o nível de acompanhamento de cada aluno sobre o assunto em discussão. A análise do conteúdo das respostas poderá ser um indicativo de possíveis progressos dos estudantes durante a aplicação do MI e poderá ser utilizada para comparação com os resultados obtidos com os Mapas e com o desempenho dos estudantes nas avaliações.*

Para analisar o conteúdo das respostas, utilizamos um conjunto de instrumentos metodológicos que se aperfeiçoa constantemente e que se aplicam a discursos

diversificados (Bardin, 1977). Tais instrumentos possuem objetivos bem definidos que servem para desvelar o que está oculto no texto.

O método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (ibid.) consiste em analisar a informação seguindo um roteiro pré-determinado. Esse roteiro inicia-se com *pré-análise*, na qual se escolhe os documentos, se formula hipóteses e objetivos para a pesquisa. Em seguida avança-se para a *exploração do material*, na qual se aplicam as técnicas específicas segundo os objetivos. E finaliza-se com o *tratamento dos resultados e interpretações*. Cada fase do roteiro segue regras bastante específicas, podendo ser utilizado tanto em pesquisas quantitativas quanto em pesquisas qualitativas.

Assim, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, procurou-se refletir sobre as possíveis informações/conclusões que poderiam ser retiradas de sua análise. Em seguida todas as informações foram tabuladas e categorizadas, baseadas em critérios definidos de acordo com as características das respostas dos estudantes. Tendo em mãos esses dados categorizados, buscou-se interpreta-los em busca de evidências de AS e conectá-los com os resultados observados em outros instrumentos de análise.

### **3.5.3 – Desempenho na Avaliação**

A avaliação foi elaborada com questões tradicionais, muitas já aplicadas em vestibulares das Universidades Brasileiras. Ela foi analisada por dois professores de física, antes de serem aplicadas aos estudantes.

A avaliação é constituída de 8 questões, sendo 7 objetivas e 1 de respostas do tipo “verdadeiro” ou “falso”, sendo obrigatória a inserção dos cálculos em todas elas. Todas as questões eram relacionadas ao conteúdo de dilatação térmica e escalas termométricas. A escola adota a divisão do ano letivo em 4 bimestres, onde cada um possui valor máximo de 25 pontos. O peso desta avaliação foi de 48% da nota total do bimestre, ou seja, 12 pontos, sendo que os outros 52% foram complementados com outras atividades, que foram uma lista de exercícios, valendo 6 pontos, e uma nota referente a uma apresentação de experimentos históricos relacionados à Física, porém não relacionada ao conteúdo de temperatura, que foi organizada pela professora de história da escola, de valor 7 pontos. Nesta última atividade todos os

professores de Física da escola avaliaram as apresentações dos alunos e após uma média das notas elas foram atribuídas a eles. Já a lista não foi utilizada para tomada de dados deste trabalho, pois os alunos fizeram em casa e a levaram para ser entregue ao Professor. Neste caso não se pode garantir que todos eles resolveram os exercícios.

O resultado da avaliação foi analisado qualitativamente, buscando interpretar os resultados gerais, eventuais problemas, e possíveis justificativas para os mesmos. Foi possível também estabelecer comparações com os resultados dos alunos em outros instrumentos de coletas de dados. Para tanto, as respostas dos alunos foram categorizadas de acordo com as características das mesmas, seguindo o roteiro já citado para Análise de Conteúdo.

#### **3.5.4 – Questionário de Opinião**

Com o objetivo de verificar a opinião dos estudantes acerca do MI e das atividades existentes nele, este instrumento de coleta de dados foi um questionário de opinião que consistia de 28 questões objetivas e 02 abertas. Os aspectos abordados nas perguntas foram: Entendimento prévio do assunto; Despertar do interesse pelo assunto; Resposta a perguntas dirigidas à turma; Fazer espontaneamente perguntas sobre o assunto; Resolução de exercícios; Pensar em situações semelhantes; Compreensão do tema; Prender a atenção durante a aula. Em seguida, os alunos tiveram a oportunidade de atribuir um conceito em relação a seis tópicos referentes ao material utilizado por eles, que eram os seguintes: Utilização de exemplos e situações do seu dia-a-dia; Utilização de experimentos; Utilização das Simulações Computacionais; Exercícios resolvidos; Listas de Exercícios; Formatação do material. Os conceitos associados estavam em uma escala que variava na ordem: *Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom*. Por fim, duas questões abertas para que o estudante pudesse expressar sua opinião de maneira geral, como críticas e sugestões para possíveis melhorias, finalizaram o questionário.

As respostas dadas pelos alunos foram então categorizadas e analisadas de acordo com suas características, e procurou-se interpretar seus significados comparando-as com os resultados dos alunos nos demais instrumentos de coleta de dados.

### **3.5.5 – Diário de Bordo**

O diário de bordo foi analisado de acordo com as observações do professor/mestrando e ilustra quais foram suas conclusões em relação às reações dos alunos bem como suas respectivas opiniões, sugestões e críticas.

De acordo com Cañete (2010), os diários de bordo são escritas reflexivas. Ressalta ainda que este tipo de registro faz parte de um conjunto de documentos – dossiês, portfólios, memoriais, cadernos reflexivos, diários de aula, biografias, autobiografias e outros – que ultrapassa a escrita burocrática (como os diários de classe e os planejamentos) e tem a intenção de registrar a prática pedagógica do professor e possibilita (re)pensá-la. Essa escrita pode permitir que o professor se configure como produtor de conhecimentos sobre a prática.



## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE DOS DADOS

Considerando a aplicação do Material Instrucional (MI) em uma escola pública federal e os dados coletados através dos instrumentos descritos no Capítulo de Metodologia, o presente capítulo apresenta as análises e reflexões sobre estes dados e busca estabelecer resultados que possam contribuir para o entendimento da ocorrência da Aprendizagem Significativa (AS) na perspectiva de Ausubel.

Assim, na seção 4.1 é feita a análise dos Mapas Conceituais (MC) desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da aplicação do MI, bem como dos conceitos utilizados por eles em cada Mapa. Em seguida, na seção 4.2, analisam-se o resultado da avaliação a que os alunos foram submetidos ao término da aplicação do MI e busca-se encontrar possíveis evidências de AS, tais como captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. A seção 4.3 abrange a análise das respostas dadas pelos estudantes às questões contidas no MI. Na seção 4.4 analisam-se as respostas dos alunos ao questionário que solicitou a opinião dos mesmos sobre o material utilizado. Finalmente, na seção 4.5, discute-se os registros e reflexões do professor/mestrando sobre a aplicação do MI, baseando-se nas anotações contidas no diário de bordo do mesmo.

## 4.1 – Análise Qualitativa dos Mapas Conceituais

Segundo Novak e Gowin (1999), os Mapas Conceituais (MC) podem ser avaliados utilizando-se critérios tanto qualitativos como quantitativos de análise. Portanto, para analisar os MCs elaborados **antes** e **depois** da intervenção em sala de aula, foi utilizada a estratégia proposta por MENDONÇA (2012) em cinco estudos realizados na área das Ciências Naturais, sobre conteúdos diferentes da grade de Biologia, com alunos do Ensino Fundamental I e II e licenciandos em Biologia, em três instituições diferentes, localizadas no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil. Sua pesquisa encontra-se embasada nos pressupostos teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa, que possibilitaram a inserção e as análises progressivas de MC:

Os mapas conceituais foram construídos *antes* e *após* o estudo dos diferentes temas. A análise dos mapas centrou-se nos processos de aprendizagem e avaliação e teve um enfoque qualitativo, buscando verificar se os alunos conseguiram relacionar os conceitos estudados, segundo os princípios ausubelianos da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, investigando indícios de ocorrência de aprendizagem significativa (MENDONÇA, 2012, p.25).

Embora neste trabalho os estudantes tenham desenvolvidos apenas dois mapas, um **antes** e outro **depois** da aplicação do Material Instrucional, entendemos que não inviabiliza a utilização desta estratégia (ibid.) para a análise dos mesmos. Vale realçar que a autora utilizou-se de outras ferramentas de coletas de dados em sua pesquisa, tais como anotações no caderno de observações da pesquisadora sobre atividades de classe e extraclasse, gravações das apresentações dos Mapas em fita cassete, pré-testes, pós-testes, avaliações finais do conteúdo, questionários avaliativos e entrevistas semiestruturadas. A pesquisa da autora revelou que os MC auxiliaram na observação da mudança de significados atribuídos aos conceitos que estavam sendo trabalhados. Foi possível observar indícios de que o uso dos MC promoveu ganhos na Aprendizagem Significativa em todos os contextos investigados.

Mendonça (ibid.) estabeleceu critérios de classificação qualitativos no que se refere aos graus de Hierarquia Conceitual (HC), com base nas estratégias para avaliação de MC propostas por Novak (2000) e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel (2002). A partir da HC

demonstrada, os MC's dos alunos foram classificados de acordo com os parâmetros indicados no Quadro 4.1.

No estudo de Mendonça (ibid.), para fazer uma análise comparativa qualitativa comparativa dos três mapas progressivos, foi realizada uma classificação da Qualidade do Mapa (QM) em três categorias: Mapa Bom (MB), Mapa Regular (MR) e Mapa Deficiente (MD), Os critérios considerados para esta classificação estão apresentados no Quadro 4.2.

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações Relevantes</b>
<b>Alta (A)</b> Possui conceitos relevantes para compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.
<b>Média (M)</b> Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
<b>Baixa (B)</b> Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Possui hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são muito simples.
<b>Nula (N)</b> Indica completa ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Não há uma hierarquia básica, demonstra sequências lineares e conhecimentos simples.

**Quadro 4.1:** *Categorias de análise da Hierarquia Conceitual, estabelecidas por Mendonça (2012).*

Continuando na perspectiva de se fazer uma análise qualitativa comparativa dos Mapas elaborados, Mendonça (ibid.) buscou ainda identificar evidências de AS nos mapas dos alunos, através dos seguintes critérios quantitativos (CQ): número total de conceitos (TC); número de conceitos válidos (CV); número total de proposições (TP); proposições válidas (PV); relações cruzadas (RCZ); número de exemplos (EX).

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações Relevantes</b>
<b>MC Bom (MB)</b> Indica maior compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas, presença ou não de exemplos.
<b>MC Regular (MR)</b> Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
<b>MC Deficiente (MD)</b> Indica ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Hierarquia básica, demonstrando sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são simples.

**Quadro 4.2:** *Categorias de Análise da Qualidade do MC, estabelecidas por Mendonça (2012).*

O Quadro 4.3 apresenta uma definição para cada um destes critérios quantitativos considerados para a classificação dos Mapas.

<b>Critérios</b>	<b>Definição</b>
<b>Conceitos</b>	Palavras inseridas nos mapas que estão no interior de um quadrado ou círculo.
<b>Conceitos Válidos</b>	São palavras que estão relacionados direta ou indiretamente ao assunto. Verbos não são considerados conceitos válidos assim como frases que não possuem sentido claro.
<b>Proposições</b>	Foram consideradas as “linhas” que fazem a ligação entre dois ou mais conceitos. Nessas proposições podem haver palavras de ligação, mas não são obrigatórias.
<b>Proposições Inválidas</b>	São as “linhas” com ou sem palavras de ligação que não possuem sentido na união entre dois conceitos.
<b>Relações Cruzadas</b>	São proposições que atravessam níveis hierárquicos, realizando uma ligação direta entre os lados.
<b>Exemplos</b>	Referem-se a modelos que servem para indicar uma aplicação direta do tema.

**Quadro 4.3:** *Definição dos critérios quantitativos utilizados para a classificação dos MC's.*

A partir de todos os critérios propostos por Mendonça (ibid.) apresentados nos Quadros 4.1, 4.2 e 4.3, os MC's desenvolvidos pelos estudantes foram analisados e classificados e os resultados estão mostrados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** *Classificação dos Mapas Conceituais desenvolvidos pelos estudantes, de acordo com os critérios propostos por Mendonça (2012).*

ALUNO	MAPA	HC	CRITÉRIOS QUANTITATIVOS						QM
			TC	CV	TP	PV	RCZ	EX	
Aluno 1	Mapa Antes	B	7	6	6	-	-	-	MD
	Mapa Depois	M	11	11	10	6	-	-	MR
Aluno 2	Mapa Antes	B	9	9	9	-	-	3	MR
	Mapa Depois	M	13	13	16	3	-	3	MR
Aluno 3	Mapa Antes	B	10	10	13	6	-	6	MR
	Mapa Depois	A	27	27	34	13	1	-	MB
Aluno 4	Mapa Antes	M	8	8	11	6	1	3	MB
	Mapa Depois	M	13	13	13	8	-	3	MB
Aluno 5	Mapa Antes	N	7	6	6	-	-	-	MD
	Mapa Depois	M	13	13	12	7	-	3	MR
Aluno 6	Mapa Antes	B	11	11	15	-	-	-	MD
	Mapa Depois	B	7	7	6	2	-	-	MD
Aluno 7	Mapa Antes	B	10	9	10	-	-	3	MR
	Mapa Depois	M	13	13	16	6	-	-	MB
Aluno 8	Mapa Antes	B	11	10	12	-	1	-	MR
	Mapa Depois	M	11	11	14	5	1	3	MR
Aluno 9	Mapa Antes	M	9	9	9	7	-	-	MR
	Mapa Depois	A	28	25	36	14	-	6	MR
Aluno 10	Mapa Antes	M	12	12	11	2	-	3	MR
	Mapa Depois	M	13	13	15	12	-	3	MB
Aluno 11	Mapa Antes	M	15	15	14	9	-	3	MR
	Mapa Depois	M	23	23	23	11	-	-	MR
Aluno 12	Mapa Antes	N	10	8	9	-	-	-	MD
	Mapa Depois	B	18	15	14	11	1	3	MR
Aluno 13	Mapa Antes	M	14	14	15	-	-	3	MB
	Mapa Depois	B	9	9	9	6	-	3	MR
Aluno 14	Mapa Antes	N	9	8	13	3	-	-	MD
	Mapa Depois	B	12	11	12	5	-	-	MR
Aluno 15	Mapa Antes	M	15	15	18	6	-	-	MR
	Mapa Depois	M	16	16	21	5	-	-	MR
Aluno 16	Mapa Antes	B	11	10	13	6	-	4	MD
	Mapa Depois	M	24	24	26	15	-	7	MR
Aluno 17	Mapa Antes	M	14	14	17	9	-	-	MB
	Mapa Depois	A	14	14	17	12	1	-	MB
Aluno 18	Mapa Antes	N	7	7	6	2	-	-	MD
	Mapa Depois	N	9	8	9	2	-	-	MD
Aluno 19	Mapa Antes	N	11	10	10	4	-	2	MD
	Mapa Depois	M	6	6	5	1	-	-	MR
Aluno 20	Mapa Antes	M	9	8	13	9	-	3	MR
	Mapa Depois	M	10	10	10	4	-	-	MR
Aluno 21	Mapa Antes	N	12	10	11	-	-	-	MD
	Mapa Depois	B	9	9	8	6	-	-	MR

**Legenda:** HC = Hierarquia Conceitual; TC = Total de Conceitos; CV = Conceitos Válidos; TP = Total de Proposições; PV = Proposições Válidas; RCZ = Relações Cruzadas; EX = Exemplos; A = Alta; M = Média; B = Baixa; N = Nula; QM = Qualidade do Mapa; MB = Mapa Bom; MR = Mapa Regular; MD = Mapa Deficiente.

De posse desta Tabela será feita a seguir, uma análise dos MC's elaborados pelos estudantes em relação aos Critérios Quantitativos, à Hierarquia Conceitual e em relação à Qualidade do Mapas.

Para analisar os MC levando-se em consideração os Critérios Quantitativos, foram somados os valores numéricos da Tabela 4.1, para os Mapas **antes** e **depois** e os resultados estão apresentados na Tabela 4.2 abaixo, juntamente com as diferenças existentes entre eles.

**Tabela 4.2:** *Classificação dos Mapas de Acordo com os Critérios Quantitativos (CQ).*

Critérios Quantitativos	Conceitos, proposições, relações cruzadas e exemplos						
	TC	CV	TP	PV	PI	RCZ	EX
Mapa Antes	221	209	241	69	172	2	33
Mapa Depois	299	291	316	148	168	4	34
Diferenças (%)	78 (35,3)	82 (39,2)	75 (31,1)	79 (114,5)	-4 (2,3)	2 (100,0)	1 (3,0)

Legenda: **TC** = Total de Conceitos; **CV** = Conceitos Válidos; **TP** = Total de Proposições; **PV** = Proposições Válidas; **PI** = Proposições Inválidas; **RCZ** = Relações Cruzadas; **EX** = Exemplo.

Percebe-se um aumento relevante no número de conceitos (TC) e conseqüentemente no número de conceitos válidos (CV), respectivamente 35,3% e 39,23% no mapa **depois** em relação ao mapa **antes**. Isso pode indicar que os estudantes conseguiram assimilar maior quantidade de conceitos, aprimorar aqueles já existentes em suas respectivas estruturas cognitivas e realizar as devidas inserções de maneira mais adequada.

Podemos observar também um aumento significativo do número de proposições válidas (PV), ou seja, nos mapas antes tínhamos 69 proposições válidas de um total de 241 proposições (TP). Já no mapa depois, do total de 316 proposições (TP), 148 passaram a ser válidas (PV). Enquanto o total de proposições aumentou 31,1%, o número de proposições válidas (PV) aumentou em 114,5%, como pode ser observado na Tabela 4.2. Com isso visualiza-se que **depois** da instrução, os alunos conseguiram relacionar os conceitos com maior precisão com palavras de ligação coerentes, e isso pode ser uma evidência da Aprendizagem Significativa.

Já em relação ao número de relações cruzadas (RCZ) observa-se que o valor dobrou, porém, o número era pouco expressivo inicialmente na produção dos mapas antes, apenas 2. Entretanto, a presença de relações cruzadas indica reconciliação integrativa, ou seja, os alunos podem ter desenvolvido conexões entre conceitos mais específicos do tema com conceitos mais gerais e com outros conceitos

específicos. Mesmo com o aumento do número total de conceitos, a quantidade de exemplos (EX) ficou praticamente estável, nos mapas antes foram citados 33 deles e nos mapas depois 34. Isto pode indicar que os alunos assimilaram o conteúdo estudado mesmo sem a inserção de novos exemplos posteriormente.

Esses resultados indicam que, em média, os alunos tiveram maior clareza das ideias que queriam expressar no Mapa Conceitual depois da instrução do conteúdo. Essa observação pode ser uma evidência da ocorrência de AS, pois, conforme Mendonça (2012), caso não haja clareza, a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes nos MC's será baixa. Reforça essa possibilidade o fato de que na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento ficaria localizado arbitrariamente na estrutura conceitual do aprendiz, sem ligar-se a subsunções específicas.

Assim, se o aumento nas proposições válidas indica maior clareza das ideias expressadas, isso sugere que as informações recebidas podem ter interagido com a estrutura cognitiva dos alunos, indicando, portanto, ocorrência de Aprendizagem Significativa. O aumento na quantidade de relações cruzadas reforça essa hipótese, pois implica em maior ocorrência de Reconciliação Integrativa e, portanto, de Diferenciação progressiva, conforme afirma Moreira (1999).

Para analisar os MC levando-se em consideração agora a Hierarquia Conceitual dos Mapas, foi calculada a quantidade de Mapas classificados com hierarquia Nula, Baixa, Média e Alta existentes na Tabela 4.1, para os Mapas **antes** e **depois** e os resultados estão apresentados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3:** *Número e percentual de Mapas desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à hierarquia conceitual (HC).*

Hierarquia Conceitual	Nula (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Total (%)
<b>Mapa Antes</b>	6 (28,57)	7 (33,33)	8 (38,10)	0 (0,00)	21 (100,00)
<b>Mapa Depois</b>	1 (4,76)	6 (28,57)	10 (47,62)	4 (19,05)	21 (100,00)

É possível observar que, de modo geral, houve uma redução na quantidade de MC's com Hierarquia Conceitual Nula. A quantidade de Mapas com hierarquia Baixa teve uma leve queda e hierarquia Média uma leve alta. Observou-se o aparecimento de 4 mapas com hierarquia Alta. Estes resultados são considerados positivos e, segundo Mendonça (ibid.), a estrutura do MC e a hierarquização de conceitos são indicadores da ocorrência de Diferenciação Progressiva na estrutura cognitiva dos estudantes.

Assim, esses resultados são indicativos da ocorrência de AS durante a aplicação da primeira parte do MI.

Observando os resultados individuais, de acordo com a Tabela 4.1, dos 21 estudantes que elaboraram os dois Mapas, apenas 1 apresentou uma diminuição na hierarquia conceitual dos Mapas, 7 permaneceram sem troca de hierarquia com destaque para um deles que desenvolveu os dois Mapas com hierarquia Nula. Treze estudantes apresentaram Mapas **depois** com HC melhorada após a instrução.

Por último, para analisar os MC levando-se em consideração os dados sobre a Qualidade dos Mapas apresentados na Tabela 4.1, foi calculada a quantidade de MC's classificados como deficientes (MD), regulares (MR) e bons (MB), para os Mapas **antes** e **depois** e os resultados estão mostrados na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4:** Número (percentual) de Mapas desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à qualidade dos mapas (QM).

Qualidade dos Mapas	MD (%)	MR (%)	MB (%)	Total (%)
<b>Mapa Antes</b>	9 (42,86)	9 (42,86)	3 (14,28)	21 (100,00)
<b>Mapa Depois</b>	2 (9,52)	14 (66,67)	5 (23,81)	21 (100,00)

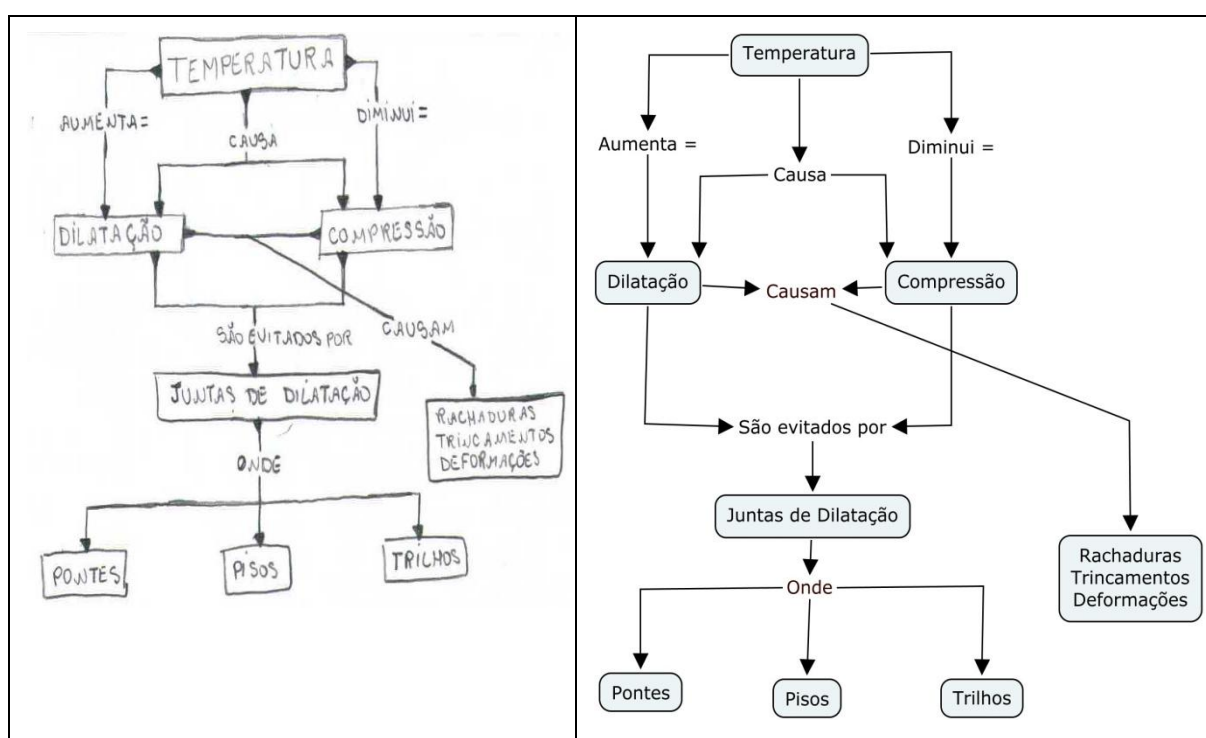
De forma geral, nos Mapas desenvolvidos **antes**, a maioria se enquadrou como Deficiente (MD), porém, após a aplicação do MI esse número reduziu para 2, ou seja, 7 deles tiveram sua qualidade ampliada. Houve um considerável aumento de Mapas classificados como Regulares (MR), de 9 para 14, e um acréscimo nos Mapas classificados como Bons (MB) após a instrução do conteúdo. Uma vez que, através do mapa o estudante explicita parte de sua estrutura cognitiva e, nos Mapas **depois** aqui analisados, essa estrutura parece estar mais bem organizada depois da instrução.

Em síntese, verifica-se que os resultados sobre os critérios quantitativos apresentados na Tabela 4.2 e os resultados sobre a hierarquia e qualidade dos mapas apresentados nas tabelas 4.3 e 4.4, respectivamente, apresentam melhoras **depois** da instrução. Estes resultados constituem-se de evidências de que houve captação de significados por parte dos estudantes, indicando que o ensino proporcionado pela utilização do MI pode ter contribuído para a ocorrência de Aprendizagem Significativa.

Para exemplificar a classificação dos Mapas de acordo com o que foi dito até agora, foram inseridos dois MC's produzidos pelos alunos. Os Mapas foram transcritos



utilizando o software *Cmaptools*, que está disponível gratuitamente na *internet* (<http://cmap.ihmc.us/download/>), para facilitar a leitura dos mesmos. A Figura 4.1 mostra o Mapa desenvolvido pelo aluno 04 **antes** da instrução. A Hierarquia Conceitual foi classificada como Média, pois apresenta alguns conceitos centrais do tema, e está relativamente bem hierarquizado com palavras de ligação. Observa-se também que ele diferencia progressivamente, ou seja, parte de um conceito mais geral e finaliza com os mais específicos. Ressalta-se que não foi feita uma pesquisa que indicasse se alunos possuíam uma experiência prévia em elaborar Mapas Conceituais.



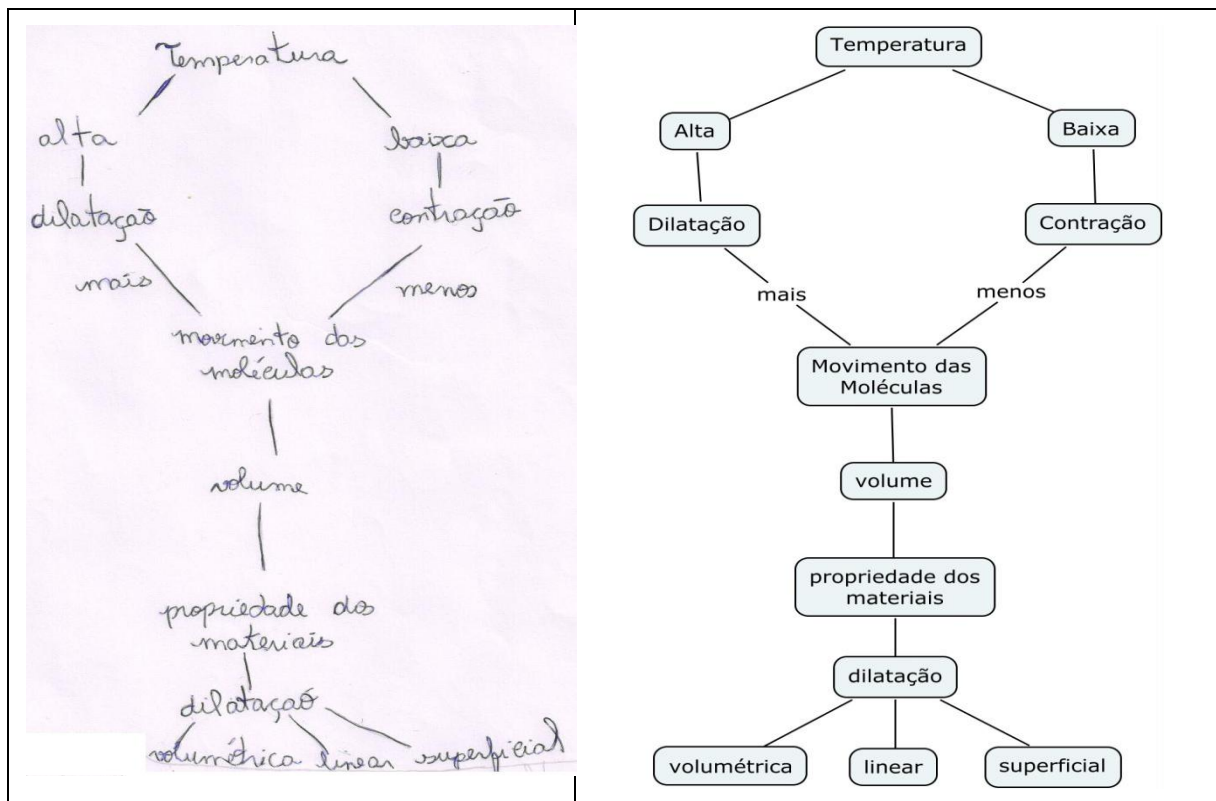
**Figura 4.1:** Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno 04, antes da instrução.

Já em relação à qualidade do Mapa, ele foi categorizado como Mapa Bom (MB), pois está bem hierarquizado com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos, além de possuir uma ligação cruzada. Para elucidar em relação aos critérios quantitativos, ele possui 8 conceitos, sendo todos válidos, 11 proposições\* com 6 delas válidas, além de conter uma relação cruzada e 3 exemplos.

A Figura 4.2 mostra um MC que foi produzido **depois** da instrução, pelo aluno 14, em sala de aula. O aluno começa com o conceito inclusor “Temperatura” no topo e segue com conceitos que foram considerados válidos, exceto dilatação devido a sua

\*Aumenta =; Diminui =; Causa (2 vezes); Causam (2 vezes); São evitados por (2 vezes); Onde (3 vezes)

repetição. Nem todas as linhas de ligação possuem palavras de ligação, e isso fez com que 7 das 12 proposições se tornassem inválidas. Neste caso o MC não possui relações cruzadas e nem exemplos, uma vez que os tipos de dilatação não podem ser considerados exemplos de dilatação. A HC foi Baixa, assim como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, pois apresentou a repetição de conceitos, hierarquia básica e simples, ausência de relações cruzadas e muito pobre em relação ao conteúdo trabalhado em sala de aula.



**Figura 4.2:** Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno 14, depois da instrução.

Em relação à Qualidade do mapa, ele foi classificado como Mapa Regular, pois indica pouca compreensão do tema, apresenta alguns conceitos centrais do tema e, novamente, as palavras de ligação não estão claras.

A seguir, será feita uma classificação de todos os conceitos inseridos nos MC's **antes** e **depois**, visando analisar as características e evolução dos conceitos utilizados.

## 4.2 – Análise dos Conceitos Presentes nos Mapas Conceituais

Mendonça (ibid.) aponta ainda, como aspecto importante a ser considerado na análise, a evolução dos conceitos utilizados nos dois mapas progressivos. Se os conceitos novos incluídos nos mapas **depois** corresponderem aos aspectos mais centrais e gerais do tema, isso constitui um indicador de sucesso do processo de ensino/aprendizagem. Por outro lado, se os melhores conceitos estiverem presentes nos dois mapas, isso revela que a influência do ensino no conhecimento dos alunos foi insignificante.

A ausência, a presença ou a repetição dos conceitos e suas respectivas relações permitem dizer se a inserção dessa ferramenta aperfeiçoou o ensino do tema Temperatura. Assim, se a análise comparativa dos mapas de conceitos revelar que aqueles que estavam presentes nos Mapas Depois são, qualitativamente melhores que os do Mapa Antes, pode-se tomar esse resultado como evidência de que o ensino foi potencialmente significativo e, portanto, favoreceu a captação de significados.

Para a análise da evolução qualitativa dos conceitos, foi realizada uma categorização das palavras existentes neles, ou seja, elas foram separadas por blocos e vinculadas de acordo com seus semelhantes significados. As categorias são as seguintes: Grandezas Físicas, Fenômenos Naturais, Objetos, Relações Matemáticas e Outros. As definições de cada categoria de agrupamento de conceitos estão descritas no Quadro 4.4.

<b>Categorias</b>	<b>Definição</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Grandezas Físicas</b>	Nesta categoria estão inseridos os conceitos que se enquadram como grandezas físicas, ou seja, tudo aquilo que é suscetível de avaliação, sendo esta realizada com instrumentos e expressa em padrões previamente definidos e aceitos pela comunidade científica (STEFFENS, VEIT E SILVEIRA, 2008).	Calor, Temperatura, Celsius, Coeficiente de dilatação e Densidade.
<b>Fenômenos Naturais</b>	Nesta categoria foram inseridos os conceitos que envolvem fenômenos Físicos. Fenômeno Físico é todo fato ou transformação que ocorre com os corpos, não alterando sua natureza. (ibid.)	Agitação Molecular, Deformação e Aquecimento.
<b>Objetos</b>	Palavras que se referem às coisas que podem ser vistas e tocadas como ferro, pedra, madeira, termômetros, entre outras.	Pedra, Madeira e Ferro.
<b>Relações Matemáticas</b>	Equações ou relações matemáticas que foram inseridas nos MC's.	$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ e $\beta = 2\alpha$
<b>Outros</b>	Nesta categoria foram inseridas as palavras sem uma definição específica e que não se enquadraram nas outras categorias. Algumas não possuem sentido fora de um contexto, como por	Agrupamento, Alta, Ausente, Problemas,

	exemplo: ausente, alta, maior, normal e acidente. Opiniões que os estudantes emitiram, por exemplo, para evitar a dilatação ou a contração, ou seja, soluções para determinados problemas também estão nesta seção. Por fim, palavras utilizadas para relacionar as juntas de dilatação, a presença ou a ausência destas para que ocorra ou não a dilatação finalizam este tópico.	Soluções, Transformações e Tipos de Dilatações.
--	--	---

**Quadro 4.4:** *Definição das categorias utilizadas para vincular as palavras que foram utilizadas na produção dos MC's.*

Considerando cada uma das categorias definidas no Quadro 4.4, realizamos também a substituição de palavras que possuem significados similares, visando facilitar a visualização e análise dos conceitos utilizados pelos estudantes para a construção do seu respectivo MC. As palavras utilizadas para as substituições estão mostradas no Quadro 4.5.

Palavras Substitutas	Definição
<b>Deformação</b>	Esta palavra foi utilizada para representar os fenômenos relacionados à deformação, tais como: dilatação dos sólidos e dos líquidos, compressão, rupturas, trincamentos, rachaduras, entre outras.
<b>Objetos</b>	Palavras que se referem às coisas que podem ser vistas e tocadas como ferro, pedra, madeira, termômetros, pisos, pontes, trilhos, ferro, madeira, juntas de dilatação, entre outras.
<b>Relações Matemáticas</b>	Foram unificadas assim como os objetos. Estão representadas as equações da dilatação linear, superficial e volumétrica, tanto dos sólidos, quanto dos líquidos, e as funções que indicamos os coeficientes Alfa, Beta e Gama, entre outras relações.
<b>Agitação Molecular</b>	Este termo substitui palavras como agitação das moléculas, aumento da agitação molecular, maior agitação das moléculas, menor agitação das moléculas, entre outras.

**Quadro 4.5:** *Definição das palavras utilizadas para representar e unificar um conjunto de palavras com significados similares.*

Ao total, foram apresentadas nos MC's, tanto antes quanto depois, 527 palavras, sendo 224 exibidas no Mapa Antes e 303 no Mapa Depois. De posse das definições dos Quadros 4.4 e 4.5, procedemos a classificação das palavras utilizadas pelos estudantes para a construção dos seus respectivos MC's. As Tabelas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam as palavras e a quantidade de vezes que elas foram utilizadas na produção dos MC's pelos estudantes. Observa-se que alguns conceitos são inéditos nos Mapas **depois** em relação aos Mapas **antes** e que outros deixaram de ser citados na produção do novo mapa.

A Tabela 4.5 mostra os conceitos relacionados às grandezas físicas que foram inseridas na produção dos mapas antes e dos mapas depois, nota-se aumento

significativo, de 40 para 66 no Mapa **depois** em relação ao Mapa **antes**, sendo este um indicativo de incorporação de conceitos científicos na estrutura cognitiva dos estudantes. Oito destes conceitos apareceram exclusivamente no Mapa **depois**. Neste caso pode-se dizer que os alunos evoluíram conceitualmente e novos significados foram inseridos em suas respectivas estruturas cognitivas. Além de corresponderem aos aspectos mais centrais e gerais do tema, constituindo-se de um indicador de sucesso do processo de ensino/aprendizagem (MENDONÇA, 2012).

**Tabela 4.5:** *Conceitos presentes nos MC's, relacionados a grandezas físicas.*

GRANDEZAS FÍSICAS		
Conceito	Antes	Depois
Calor	6	6
Celsius	0	7
Coeficiente de dilatação	0	1
Densidade	1	1
Energia	0	1
Energia cinética	0	1
Energia cinética das moléculas	0	1
Energia na forma de calor	1	0
Fahrenheit	0	7
Frio	7	5
Kelvin	0	7
Massa	1	1
Moléculas	0	1
Pressão	1	1
Quente	5	3
Temperatura	14	16
Temperatura/Calor	3	3
Volume	1	4
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>66</b>

A quantidade de conceitos relacionados aos fenômenos naturais também aumentou na produção dos mapas **depois**. Entretanto, alguns deles deixaram de existir e outros passaram a existir na produção do novo mapa, conforme pode ser observado nos resultados da Tabela 4.6.

Percebe-se que mesmo antes da aplicação do MI os alunos já possuíam conhecimentos relacionados aos fenômenos naturais conforme se observa na Tabela 4.6. Portanto, serviram como subçunsosres para a elaboração de novos

significados na estrutura cognitiva dos estudantes. A grande maioria dos fenômenos é observada pelos alunos em situações cotidianas como o aquecimento dos corpos pela energia solar ou no próprio fogão de suas casas, ou como o resfriamento no interior das geladeiras, e não precisam ser ensinados a eles. Ainda na Tabela 4.6, apesar destas palavras terem sido citadas exaustivamente, visualiza-se que o número delas pouco se elevou no Mapa **depois** em relação ao Mapa **antes**, e isso pode indicar que os estudantes podem ter realizados melhores associações dos grandezas físicas com os fenômenos naturais, uma vez que a qualidade dos mapas aumentou nos Mapas **depois**, conforme já citado na Tabela 4.4.

**Tabela 4.6:** *Conceitos presentes nos MC's, relacionados aos fenômenos naturais.*

FENÔMENOS NATURAIS		
Conceito	Antes	Depois
(seta pra baixo) temperatura	1	0
(seta pra cima) temperatura	1	0
<b>Agitação molecular</b>	9	20
Alta Temperatura	1	0
Aquecimento	0	1
Aquecimento do concreto	1	0
Aquecimento dos pisos	1	0
Aquecimento dos trilhos	1	0
Baixa Temperatura	1	0
Comportamento anômalo da água	0	2
<b>Deformação</b>	86	93
Extravazamento de Líquidos	0	1
Maior densidade	1	0
Menor densidade	1	0
Mudança de estado físico	1	0
Mudanças de Temperatura	2	0
Quebra de ligações químicas	0	1
Resfriamento	0	1
Temperatura Aumenta	0	1
Temperatura Diminui	0	1
Varição de temperatura	0	3
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>	<b>124</b>

A Tabela 4.7 mostra os conceitos presentes nos MC que foram classificados como Objetos. Estes foram citados de maneira expressiva na confecção do mapa **antes**, porém não foram repetidos de forma constante no mapa **depois**, onde aparecem

somente 2 vezes. Foi observado que a maioria deles não possuía relação alguma com o conteúdo, e a partir disso, após a aplicação do MI, não foram mais utilizados pelos estudantes.

**Tabela 4.7:** *Conceitos presentes nos MC's, relacionados aos Objetos.*

OBJETOS		
Conceito	Antes	Depois
Objetos	35	2
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	

A Tabela 4.8 mostra os conceitos presentes nos MC que foram classificados como Relações Matemáticas. Antes da aplicação do MI, pode-se verificar que os alunos não possuíam conhecimento algum em relação aos equacionamentos matemáticos que abrangia o conteúdo. Porém, depois da aplicação do MI, muitos alunos utilizaram as equações matemáticas na produção dos mapas.

**Tabela 4.8:** *Conceitos presentes nos MC's, relacionados às Relações Matemáticas.*

Relações Matemáticas		
Conceito	Antes	Depois
Relações Matemáticas	0	28
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	

A Tabela 4.9 mostra os conceitos presentes nos MC que foram classificados como Outros. Pode-se perceber que o número de conceitos enquadrados na categoria “Outros” praticamente dobrou do Mapa **antes** para o Mapa **depois**. Observa-se também termos relacionados ao tema como “escalas termométricas”, “linear”, “superficial” e “volumétrica”, que foram inseridos de forma que enriqueceram os mapas produzidos depois da instrução. Ou seja, muitas delas possuem coerência dentro do contexto do conteúdo em estudo. Entretanto, outras necessitam de um contexto com proposições adequadas para que se tornem válidas. Assim, os resultados sugerem uma evolução conceitual no conjunto de mapas produzidos depois da aplicação do MI.

**Tabela 4.9:** *Conceitos presentes nos mapas conceituais classificados como outros.*  
(continua)

<b>OUTROS</b>		
<b>Conceito</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Acidentes	1	1
Agrupamento	0	1
Alta	6	6
Ausente	1	0
Baixa	6	6
Cálculo	0	1
Construção de Trilhos p/ Trem Bala	1	0
Escalas Termométricas	0	7
Espaçamento adequado	2	0
Espaçamento entre pisos e trilhos	0	1
Espaçamento rejunto	1	0
Estados físicos	0	1
Facilidade e problema	1	0
Gasoso	0	1
Instalações dos componentes	0	1
Instalar	1	0
Juntas de dilatação + espaçamento adequado	1	0
Juntas e espaçamento adequado	1	0
Linear	0	9
Líquidos	0	2
Líquidos e Gases	0	1
Maior	0	1
Maior agilidade	1	0
Mais Calor	0	1
Mantém Resistente	1	0
Material	5	0
Menor	0	1
Menos Calor	0	1
Não há espaço p/ expansão do ar	1	0
Não há espaço para crescimento de comprimento	1	0
Não há espaço para o crescimento	1	0
Níveis de agitação das moléculas	1	7
Normais	1	0
O que causa	1	0
Ocorre em pontes, pisos e trilhos, porém de maneira inversa à dilatação	1	0
Podem gerar prejuízos se a dilatação/contração forem exageradas	0	1
Podem prejudicar a estrutura	1	0
Precaução com recipientes maiores	0	1
Prejuízos em construções	0	1
Presente	1	0



**Tabela 4.9:** *Conceitos presentes nos mapas conceituais classificados como outros. (continuação)*

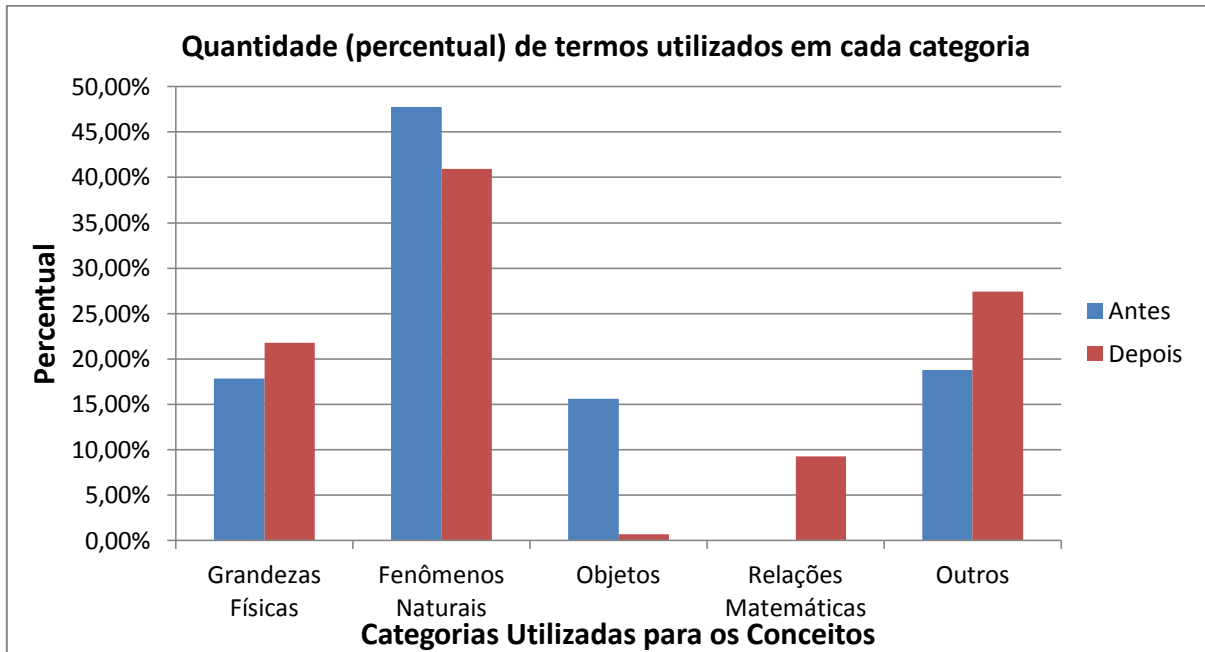
Problemas	1	1
Propriedade dos materiais	1	2
Resistência	1	0
Sensação de Calor	0	1
Sensação de Frio	0	1
Sensação Térmica (outros)	1	1
Sólidos	0	3
Soluções	0	1
Superficial	0	9
Tipo de material	0	1
Tipos de dilatação	0	1
Transformações	0	1
Volumétrica	0	9
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>83</b>

Para uma visualização mais geral destes resultados, as quantidades e os percentuais totais **antes** e **depois** de cada categoria criada foram compiladas na Tabela 4.10. A porcentagem foi calculada levando-se em consideração o total de conceitos que foram utilizados em cada conjunto de MC's, ou seja, 224 para o Mapa Antes e 303 para o Mapa Depois. Não foram realizados cálculos entre os dois conjuntos, mas somente comparações entre eles.

**Tabela 4.10:** *Número (percentual) de termos de acordo com cada categoria.*

<b>CONCEITOS</b>	<b>ANTES (%)</b>	<b>DEPOIS (%)</b>
<b>Grandezas Físicas</b>	40 (17,86)	66 (21,78)
<b>Fenômenos Naturais</b>	107 (47,77)	124 (40,92)
<b>Objetos</b>	35 (15,63)	2 (0,66)
<b>Relações Matemáticas</b>	0 (0,00)	28 (9,24)
<b>Outros</b>	42 (18,75)	83 (27,39)
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>224 (100)</b>	<b>303 (100)</b>

Estes resultados podem ser ainda melhor visualizados no Gráfico 4.1. Percebe-se que apesar de ter aumentado o número de fenômenos naturais (de 107 para 124), em termos percentuais a quantidade de conceitos presentes no Mapa **antes** diminuiu de 47,77% para 40,92%



**Gráfico 4.1:** Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria.

De forma geral, nos mapas produzidos **antes** da explanação do assunto, dos 21 alunos que fizeram parte deste estudo, aparecem como conceito/ideia principal “Temperatura” (9 alunos), “Calor” (3 alunos), “Calor e Temperatura” (3 alunos), “Dilatação” (1 aluno) e “Energia na Forma de Calor” (1 aluno). Já em relação ao Mapa **Depois**, entre os 21 mapas coletados, 12 utilizaram como conceito/ideia principal a palavra “Temperatura”, 3 inseriram “Calor” no topo do mapa, um inseriu “Variação de temperatura”, outro unificou “Temperatura e variação de temperatura”, enquanto 4 utilizaram a junção “Calor e Temperatura”.

A elevação da hierarquia conceitual dos Mapas progressivos, bem como da quantidade dos conceitos e proposições válidas e a melhor seleção de palavras encontradas nos Mapas **depois**, indica uma possível ocorrência de Aprendizagem Significativa. Essa observação é um indicativo de que o Material Instrucional foi potencialmente significativo, visto que, de acordo com Moreira (2011b, p. 5) “A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa”. Todavia, visando ampliar essa discussão e buscar novas evidências, passamos a análise dos resultados obtidos a partir dos demais instrumentos utilizados.

### 4.3 – Análise da Avaliação

Nessa seção será mostrada a análise da avaliação a que os alunos foram submetidos após a aplicação do MI. Para a resolução da mesma eles tiveram disponível o tempo de 2 aulas, ou seja, 1 hora e quarenta minutos. De acordo com o ponto 8 proposto por Moreira (2011b) para elaboração de uma UEPS, a avaliação do desempenho dos alunos deve fornecer evidências de AS ou seja, captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. Para analisar o resultado das avaliações, utilizamos um conjunto de instrumentos metodológicos baseados no método de Análise de Conteúdo, proposta por Bardin (1977). Tais instrumentos possuem objetivos bem definidos que servem para desvelar o que está oculto no texto.

O método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (ibid.) consiste em analisar a informação seguindo um roteiro pré-determinado. Esse roteiro inicia-se com *pré-análise*, na qual se escolhe os documentos, se formula hipóteses e objetivos para a pesquisa. Em seguida avança-se para a *exploração do material*, na qual se aplicam as técnicas específicas segundo os objetivos. E finaliza-se com o *tratamento dos resultados e interpretações*. Cada fase do roteiro segue regras bastante específicas.

Neste caso, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, formulamos uma série de hipóteses em relação ao rendimento dos alunos e em relação à capacidade de lidar com problemas dentro e fora do contexto observado em sala de aula. A partir disso, foram criadas tabelas e categorias visando explorar os dados. Em seguida, buscou-se interpretar os dados em busca de evidências de AS (MOREIRA, 2011b).

Conforme descrito no Capítulo 3, os alunos foram submetidos a uma avaliação, após a aplicação do MI que abrangia todo o conteúdo abordado. A análise dos resultados da avaliação foi feita tabulando as respostas dos alunos, considerando a nota variando de 0,0 (zero) a 12,0 (doze), sendo cada questão de valor 1,5, e o resultado também foi convertido para rendimento percentual, conforme Tabela 4.11.

**Tabela 4.11: Notas das Provas.**

<b>ALUNO</b>	<b>NOTA (%)</b>	<b>ALUNO</b>	<b>NOTA (%)</b>
Aluno 1	10,5 (87,5)	Aluno 14	12 (100)
Aluno 2	12 (100)	Aluno 15	10,5 (87,5)
Aluno 3	12 (100)	Aluno 16	11,5 (95,8)
Aluno 4	12 (100)	Aluno 17	10,5 (87,5)
Aluno 5	5 (41,7)	Aluno 18	9 (75)
Aluno 6	4,5 (37,5)	Aluno 19	4,5 (37,5)
Aluno 7	7,5 (60,8)	Aluno 20	12 (100)
Aluno 8	7 (58,3)	Aluno 21	9,75 (81,2)
Aluno 9	12 (100)	Aluno 22	9 (75)
Aluno 10	11,25 (93,7)	Aluno 23	6 (50)
Aluno 11	10,5 (87,5)	Aluno 24	9,5 (79,2)
Aluno 12	12 (100)	Aluno 25	9 (75)
Aluno 13	12 (100)	<b>Média da Turma</b>	<b>9,65 (80,4)</b>

Conforme se pode observar na Tabela 4.11, a média geral da turma foi de 9,65, número equivalente a cerca de 80% da nota total. Destacam-se 8 alunos que obtiveram a nota máxima e apenas 5 deles ficaram abaixo de 60%, que é a porcentagem mínima de aprovação.

A partir desta primeira análise, pode-se dizer que os alunos demonstraram capacidade para resolver os problemas existentes na atividade, indicando que eles entenderam o contexto das questões e souberam aplicar seus conhecimentos adquiridos para promover as respectivas resoluções.

Na Tabela 4.12 estão expressos os resultados de cada questão que os alunos realizaram, ou seja, se acertaram, se acertaram parcialmente (1/3 ou 2/3 ou 1/2) ou se erraram.

**Tabela 4.12:** Quantidade de erros e acertos dos alunos por questão.

ALUNOS	QUESTÕES								NOTA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	
Aluno 1	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	10,5
Aluno 2	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 3	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 4	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 5	Errada	Errada	Errada	Errada	Certa	1/3 Certa	Certa	Certa	5
Aluno 6	Certa	Errada	Errada	Certa	Certa	Errada	Errada	Errada	4,5
Aluno 7	Certa	Certa	Errada	Errada	Certa	Errada	Certa	Certa	7,5
Aluno 8	Certa	Certa	Certa	Errada	Certa	2/3 Certa	Errada	Errada	7
Aluno 9	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 10	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	1/2 Certa	Certa	Certa	11,25
Aluno 11	Errada	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	10,5
Aluno 12	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 13	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 14	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 15	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	10,5
Aluno 16	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	2/3 Certa	Certa	Certa	11,5
Aluno 17	Certa	Errada	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	10,5
Aluno 18	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	9
Aluno 19	Certa	Errada	Errada	Certa	Errada	Errada	Errada	Certa	4,5
Aluno 20	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	12
Aluno 21	Certa	Certa	Certa	Certa	Errada	1/2 Certa	Certa	Certa	9,75
Aluno 22	Errada	Errada	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	Certa	9
Aluno 23	Errada	Errada	Errada	Certa	Errada	Errada	Certa	Certa	6
Aluno 24	Errada	Certa	Certa	Certa	Certa	1/3 Certa	Certa	Certa	9,5
Aluno 25	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	Errada	Certa	Certa	9
<b>Certas</b>	20	19	18	22	22	17	22	23	
<b>Erradas</b>	5	6	7	3	3	8	3	2	

Todavia, para buscar maiores indícios, será feita uma análise mais detalhada de algumas questões da avaliação. Especificamente serão utilizadas a Questão número 6 (Q6) e a Questão número 8 (Q8), uma vez que foram as questões que os alunos mais erraram e mais acertaram, respectivamente.

O teor da sexta questão foi:

**Questão 06.** 6. Marque V para verdadeiro e F para Falso:

(U. Uberaba-MG/Pias) Tendo enchido completamente o tanque de seu carro, com capacidade para 60 litros de gasolina, uma pessoa deixou o automóvel estacionado ao sol. Depois de um certo tempo, verificou que a temperatura

*ambiente, se elevou de 10°C e uma quantidade de gasolina havia entornado. Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica da gasolina é igual a 0,0009°C<sup>-1</sup>, analise as afirmativas a seguir:*

- ( ) A quantidade de combustível que extravasou do tanque representa a dilatação real que a gasolina sofreu.*
- ( ) A dilatação real da gasolina foi menor que a dilatação do tanque.*
- ( ) A variação no volume de gasolina foi de 0,54 litros.*

Do total de 25 alunos que fizeram a atividade avaliativa, verifica-se que 11 acertaram a questão em sua totalidade, 8 erraram completamente a questão e 6 acertaram de forma parcial. A maioria dos alunos conseguiu assimilar a questão em relação aos conceitos e os fenômenos de dilatação. A junção da utilização de conceitos com a necessidade de efetuar cálculos matemáticos elevou o nível de complexidade desta questão, mas mesmo assim podemos considerar que ela teve bom aproveitamento e apesar de ter sido a questão com o maior índice de erro por parte dos alunos, isso sugere, como já dito, uma possível capacidade de explicar e resolver situações problemas por boa parte deles.

**Questão 08.** *Considerando que a distância entre os dois pilares do vão central da Terceira Ponte que liga as cidades de Vitória e Vila Velha é de 260 metros e que ele foi construído com uma peça metálica inteiriça, qual é a variação do comprimento desta peça em um dia em que a temperatura pela manhã é de 20°C e ao meio dia é de 35°C? Considere  $\alpha_{\text{Ferro}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$*

Nesse caso, a questão com o maior índice de acertos teve 23 alunos concluindo com êxito e apenas dois não acertaram. Como era uma questão que envolvia diretamente cálculos matemáticos, indica que os alunos souberam aplicar os conhecimentos adquiridos anteriormente para resolvê-la. Inclusive podem-se associar as relações matemáticas que surgiram nos Mapas **depois** à resolução desta questão, ou seja, nota-se claramente que antes da aplicação do MI dificilmente os alunos resolveriam esta questão, pois nos Mapas **antes** nenhum aluno citou qualquer relação matemática existente no conteúdo. Também considera-se que a questão envolve cálculos matemáticos relativamente simples e isso pode ser um motivo pelo qual o índice de acertos foi elevado

A análise dessas questões e da média da turma parece indicar que houve um aprendizado dos conceitos e da associação deles relacionados à Temperatura, visto que os alunos, de maneira geral, puderam demonstrar capacidade de aplicar o conhecimento para resolver as situações-problema propostas na atividade avaliativa. Conforme visto anteriormente, na análise dos MC's encontrou-se indícios da ocorrência de AS. A combinação desses dois resultados, portanto, reforça a possibilidade de que a aplicação do MI tenha sido exitosa na promoção da AS dos estudantes.

Dando continuidade a discussão e buscando novas evidências, passamos a análise dos dados coletados através dos demais instrumentos utilizados.

#### **4.4 – Análise das Respostas Contidas no Material Instrucional**

Será analisado agora o conteúdo das respostas dadas pelos alunos às questões contidas no MI. Neste caso, também foi utilizado o método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (1977). Assim, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, procurou-se refletir sobre as possíveis informações ou conclusões que poderiam ser retiradas de sua análise, formulando-se hipóteses em relação à quantidade de cada tipo de resposta que poderiam ser encontradas e sua relação com a nota dos alunos. Em seguida todas as informações foram tabuladas e categorizadas, baseadas em critérios definidos de acordo com as características das respostas dos estudantes. Tendo em mãos esses dados categorizados, buscou-se interpretá-los em busca de evidências de ocorrência de AS e de investigar se o Material Instrucional foi Potencialmente Significativo.

Conforme visto no Capítulo 3, durante a aplicação do MI os alunos tinham que responder a uma série de questões que se relacionavam com cada assunto estudado, cujo objetivo é permitir que eles possam expressar seu conhecimento e discuti-los com os demais colegas e o professor. Em cada pergunta os alunos tinham o tempo que achassem necessário para respondê-la. Simultaneamente, alguns alunos falavam o que achavam daquele assunto e era feita uma discussão, tendo o professor/mestrando como mediador. Dessa forma, buscava-se que os

alunos pudessem interagir socialmente, negociando significados, conforme consta no passo cinco para elaboração de uma UEPS (MOREIRA, 2011b).

Os alunos então poderiam escrever outra resposta, ou complementar a já feita, em outro espaço destinado para este fim. Dessa forma, o material procurava trabalhar com a recursividade, ainda que essas respostas não valessem nota. Assim, para analisar as respostas dadas pelos alunos às questões contidas no MI, foram estabelecidos critérios de classificação qualitativos, de acordo com as características observadas nas respostas dos alunos. As quatro categorias e os respectivos critérios são apresentados no Quadro 4.6.


<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações relevantes</b>
<b>Correta (C)</b>	Resposta que coincide com a esperada, de acordo com o estabelecido pelo conhecimento científico aceito.	Utilização de conceitos e grandezas corretas, com proposições corretas.
<b>Parcialmente Correta (PC)</b>	Resposta que contém idéia geral correta ou próxima à esperada, porém com utilização de grandezas ou conceitos incorretos.	Demonstra possuir conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada. Por isso, as proposições utilizadas podem estar incorretas.
<b>Incorreta (I)</b>	Resposta que não possui as informações necessárias para explicação do fenômeno ou que diverge do estabelecido pelo conhecimento científico	Demonstra não possuir conhecimento acerca do assunto abordado, ou inverte as características dos conceitos/grandezas analisados na questão.
<b>Branco (B)</b>	Respostas em branco	-

**Quadro 4.6:** *Categorias de análise das respostas dadas pelos alunos no MI.*

Ao total, 25 alunos responderam as 21 perguntas contidas no Material Instrucional. Eles foram convidados a descrever sobre determinada situação, antes, durante e após as explicações do professor. Da totalidade de perguntas, as de número 1, 2, 3, 8, 9, 12 e 14 foram desconsideradas no contexto desta análise, por serem registros de observações experimentais ou por terem sido realizadas antes da explicação de qualquer conceito.


Portanto têm-se 14 questões que possuíam espaço específico para que os alunos pudessem ou não corrigi-las caso achassem necessário. O Quadro 4.6 mostra o modelo utilizado para cada questão proposta com espaço para correção.



	<b>O que ocorre com os objetos colocados dentro da geladeira?</b>	
	Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

**Quadro 4.7:** Exemplo de questão que continha o espaço para correção da resposta inicial, caso fosse necessário.

Já as outras 7 questões que não possuíam tal espaço para correção foram expressas conforme o Quadro 4.8.

	<b>A Figura 1.4 mostra uma linha férrea sem as juntas de dilatação. Porque você acha que isso ocorreu?</b>
	Escreva sua resposta aqui.

**Quadro 4.8:** Exemplo de questão que não possuía o espaço para correção da resposta inicial, caso fosse necessário.

Sendo assim, 14 das 21 questões foram consideradas para análise. O Quadro 4.9 mostra todas as questões contidas no MI a serem respondidas pelos estudantes. As que foram desconsideradas para este contexto de análise estão destacadas, com a linha preenchida em tom de cinza, conforme segue.

1	A Figura 1.1-c mostra uma ponte sem junta de dilatação e com uma rachadura. Porque você acha que isso ocorreu?
2	A Figura 1.4 mostra uma linha férrea sem as juntas de dilatação. Porque você acha que isso ocorreu?
3	A Figura 1.5 mostra os pisos das residências sem o espaçamento adequado e com consequentes defeitos. Porque você acha que isso ocorreu?
4	O que ocorre com os objetos colocados dentro da geladeira?
5	Mas, afinal, o que significa ficar mais frio?
6	Nas nossas casas temos também o fogão. Quando colocamos uma panela com alimentos ou líquidos em uma boca do fogão ou no forno, o que ocorre com esses alimentos?
7	Mas, afinal, o que significa ficar mais quente?
8	Agora responda: a água da bacia do meio está quente ou fria?
9	Como podemos explicar este aparente paradoxo?
10	Mas então, como poderíamos medir o nível de agitação das moléculas?
11	O que ocorre com o nível de agitação das moléculas quando aquecemos a substância? E quando a resfriamos?
12	Primeira observação do experimento "Termômetro nas bacias" - Pág. 14

13	O que você acha que vai acontecer com as dimensões do furo do anel? Vai permanecer o mesmo, aumentar ou diminuir?
14	Observação do experimento "Anel de Gravezande"
15	Devido às variações diárias de temperatura, como devem se comportar os vergalhões e o concreto utilizados nestas estruturas de modo que não sofram trincas e avarias?
16	O que você acha que aconteceria com o dente se a amálgama sofresse uma dilatação diferente da dilatação do dente, quando sujeita a uma variação de temperatura?
17	Pelas Tabelas 2.1 e 2.2 podemos perceber que os valores da dilatação são diferentes para cada barra. Porque você acha que isso acontece?
18	Quais as principais diferenças entre eles? Como podemos explicar matematicamente estas diferenças?
19	Com base na definição de Coeficiente de Dilatação Linear, nos três valores calculados anteriormente e comparados com os valores da Tabela 2.3, diga de que material cada barra é constituída?
20	Você saberia responder o motivo pelo qual um lago congela apenas na superfície? (na página 27 do MI)
21	Você saberia responder o motivo pelo qual um lago congela apenas na superfície? (na página 29 do MI)

**Quadro 4.9:** Perguntas contidas no MI.

Para exemplificar a classificação determinada no Quadro 4.6, segue um exemplo de questão contida no MI e comentários sobre os tipos de respostas. A questão treze, por exemplo, era a seguinte (essa pergunta foi feita após a explicação de como seria realizado o experimento 3 na página 13 do MI):

**Questão 13:** *O que você acha que vai acontecer com as dimensões do furo do anel? Vai permanecer o mesmo, aumentar ou diminuir?*

Uma resposta correta deveria dizer que as dimensões do furo do anel irão aumentar, devido ao fenômeno da dilatação térmica. Um exemplo de resposta parcialmente correta pode ser expressa pela resposta do aluno 15:

*“Há possibilidades de as dimensões do furo do anel aumentar”.*

A palavra “possibilidades” indica que o aluno não tem certeza sobre o fenômeno que irá de fato acontecer, justificando a classificação como parcialmente correta. No entanto, a maioria dos alunos respondeu a esta pergunta corretamente, como o aluno 18:

*“O furo aumentará, por consequência da dilatação”.*

A aluna 16 expressa a seguinte resposta:

*“As dimensões do furo vão permanecer constante, pois não há uma variação considerável da temperatura.”*

Esta foi considerada incorreta, pois diverge do conhecimento científico estabelecido.

Portanto, utilizando-se as definições presentes no Quadro 4.6, as respostas dos alunos foram classificadas e os resultados estão compilados na Tabela 4.13, mostrando a quantidade de respostas Corretas (C), Parcialmente Corretas (PC), Incorretas (I) e em Branco (B) para cada aluno.

**Tabela 4.13:** Resultado da classificação das respostas em relação às Questões do MI.

ALUNO	NÍVEL DE CORREÇÃO				TOTAL
	Correta	Parcialmente Correta	Incorreta	Em Branco	
Aluno 1	9	2	2	1	14
Aluno 2	9	3	2	0	14
Aluno 3	9	4	0	1	14
Aluno 4	11	2	0	1	14
Aluno 5	9	1	3	1	14
Aluno 6	10	2	1	1	14
Aluno 7	8	4	1	1	14
Aluno 8	8	4	0	2	14
Aluno 9	9	4	0	1	14
Aluno 10	2	1	0	11	14
Aluno 11	10	3	0	1	14
Aluno 12	11	1	0	2	14
Aluno 13	9	4	1	0	14
Aluno 14	11	1	0	2	14
Aluno 15	7	5	0	2	14
Aluno 16	10	3	1	0	14
Aluno 17	10	3	0	1	14
Aluno 18	11	2	1	0	14
Aluno 19	10	1	1	2	14
Aluno 20	10	0	2	2	14
Aluno 21	2	1	0	11	14
Aluno 22	9	3	0	2	14
Aluno 23	10	1	1	2	14
Aluno 24	11	2	0	1	14
Aluno 25	10	3	1	0	14
<b>TOTAL</b>	<b>225 (64,3%)</b>	<b>60 (17,1%)</b>	<b>17(4,9%)</b>	<b>48 (13,7%)</b>	<b>350 (100%)</b>
	<b>81,4 %</b>		<b>18,6%</b>		

Vale recordar que o conteúdo abordado pelo MI foi dividido em três partes:

- 1ª) Conceitos de Temperatura;
- 2ª) Dilatação dos Corpos;
- 3ª) Escalas Termométricas.

Da mesma forma, podemos dividir as perguntas presentes no MI em três partes, de acordo com o relatado acima.

Questões no intervalo de 1 a 11, 6 delas foram consideradas para análise, pertencentes à primeira parte do MI.

Questões no intervalo de 12 a 21, 8 delas foram consideradas para análise, pertencentes à segunda parte do MI.

A terceira parte do MI não possui perguntas.

Nota-se que a maioria das respostas escritas pelos alunos, 225, foram consideradas corretas (C), isso pode demonstrar que todos se preocuparam em respondê-las de maneira bem elaborada e que conseguiram acompanhar a transposição do conteúdo no ritmo do professor.

Algumas respostas, cerca de 17,1%, foram classificadas como parcialmente corretas (PC), pois os estudantes confundiram algumas palavras de ligação apesar de estarem escrevendo corretamente os conceitos. Considerando os alunos que responderam incorretamente e aqueles que não responderam (em branco), totaliza-se 65 perguntas que não tiveram sucesso em sua resposta final, ou seja, somente 18,6% do total de 350 perguntas não foram respondidas de forma correta ou parcialmente correta. Isso pode demonstrar a efetiva participação dos alunos nas aulas, uma vez que essas perguntas eram todas respondidas dentro da sala de aula em momentos específicos destinados pelo professor para que esta tarefa fosse cumprida. Por outro lado, unificando as respostas “Corretas” e “Parcialmente Corretas” têm-se 81,4%, um número que confirma o que foi dito anteriormente.

Na Tabela 4.14 foram agrupados os níveis “Parcialmente Correta”, “Incorreta” e “Em Branco” e colocados lado a lado com o nível “Correta”. Neste caso verifica-se que 35,7% não responderam as questões de maneira totalmente correta, ou seja, utilizaram conceitos físicos equivocadamente (ou fora de contexto), não associaram um contexto a algumas frases, não demonstraram conhecimento sobre o assunto,

entre outros erros observados. Porém, 64,3% das questões, ou seja, 225 delas foram respondidas corretamente com a devida utilização de palavras de ligação entre as frases além de demonstrarem conhecimentos relacionados ao assunto.

**Tabela 4.14:** Resultado da classificação das respostas, de forma agrupada.

ALUNO	Quantidade de Respostas		TOTAL
	Correta	PC+I+B (incorretas)	
Aluno 1	9	5	14
Aluno 2	9	5	14
Aluno 3	9	5	14
Aluno 4	11	3	14
Aluno 5	9	5	14
Aluno 6	10	4	14
Aluno 7	8	6	14
Aluno 8	8	6	14
Aluno 9	9	5	14
Aluno 10	2	12	14
Aluno 11	10	4	14
Aluno 12	11	3	14
Aluno 13	9	5	14
Aluno 14	11	3	14
Aluno 15	7	7	14
Aluno 16	10	4	14
Aluno 17	10	4	14
Aluno 18	11	3	14
Aluno 19	10	4	14
Aluno 20	10	4	14
Aluno 21	2	12	14
Aluno 22	9	5	14
Aluno 23	10	4	14
Aluno 24	11	3	14
Aluno 25	10	4	14
<b>TOTAL</b>	<b>225 (64,3%)</b>	<b>125 (35,7%)</b>	<b>350 (100%)</b>

Os resultados expressos na Tabela 4.14 aproximam-se, em parte, do resultado da atividade avaliativa, uma vez que o rendimento médio em relação às notas foi de 80,4%, conforme apresentado na Tabela 4.11, e o índice de respostas “Corretas” foi de 64,3%. Esta diferença entre os dois valores ( $80,4\% - 64,3\% = 16,1\%$ ) está relacionado com a quantidade de questões “Parcialmente Corretas” apresentadas pelos alunos. Este pode ser um indicativo também de que o MI foi capaz de promover a AS dos estudantes, dado que a maioria deles foi capaz de responder

corretamente as questões existentes. Os resultados podem indicar ainda que os alunos já possuíam subçunsosres para assimilar o conteúdo que estava sendo discutido.

Dentre todas as perguntas que foram respondidas, analisamos também o quantitativo geral de perguntas que foram corrigidas e não corrigidas pelos alunos. A Tabela 4.15 mostra os valores levantados.

**Tabela 4.15:** *Total de respostas corrigidas e não corrigidas.*

<b>Situação</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentagem</b>
Corrigidas	81	23,1 %
Não Corrigidas	269	76,9 %

Os dados mostram que apenas 23,1% das questões foram corrigidas e a maioria, 76,9% não foram corrigidas pelos alunos. Ressalta-se que a decisão de corrigir ou não foi tomada exclusivamente pelo aluno. O alto índice de respostas não corrigidas é condizente com o alto índice de respostas corretas apresentado na Tabela 4.14. Este resultado parece reforçar a hipótese anterior de que os alunos foram capazes de assimilar o conteúdo em discussão, evidenciando a ocorrência de uma AS por parte dos estudantes. No entanto, para um grupo minoritário, é importante registrar que a atitude de correção da resposta representa um momento onde pode ter ocorrido uma negociação de significados e reflexão sobre o conteúdo em discussão.

Registra-se também que houveram casos de alunos que, por faltar a uma ou mais aulas, não respondiam a(s) pergunta(s) da(s) aula(s) perdida(s) e nem escreviam a correção, ainda que orientados a fazê-lo. E ainda, em algumas questões, cuja resposta foi classificada como Parcialmente Correta, os alunos acabaram julgando que elas não necessitariam de correções.

Uma hipótese por nós levantada foi a existência de uma possível correlação entre a nota obtida pelo aluno na avaliação, que abrangia todo o conteúdo do MI, e a quantidade de respostas Corretas ou Incorretas encontradas ao longo do Material. Com isso, foi feita também uma Análise Estatística\*.

Para testar esta hipótese, para cada uma das questões contidas no MI, identificamos os alunos que a acertaram e os que a erraram. Para esta análise consideramos erradas todas as questões classificadas, de acordo com os critérios do Quadro 4.6,

\*Esta análise foi proferida pelo Laboratório de Estatística (LESTAT), pertencente ao Departamento de Estatística da Universidade Federal do Espírito Santo.

como Parcialmente Incorretas, Incorretas e em Branco. Em seguida, para cada questão, e para cada um desses dois grupos (acertaram e erraram) foram calculadas as médias das notas obtidas na atividade avaliativa. A Tabela 4.16 mostra os resultados obtidos. Para comparação das médias das notas na atividade dos grupos que acertaram e erraram cada questão foi aplicado o teste de Mann-Whitney com nível de significância de 10%. Assim, caso o p-valor encontrado seja inferior a 0,1 significa que as médias entre os dois grupos são estatisticamente diferentes.

**Tabela 4.16:** *P-valor (Mann Whitney) encontrado em cada grupo de médias da avaliação, relacionadas com a quantidade de respostas Corretas e Incorretas para cada questão do MI.*

Pergunta		Contagem	Média	Desvio padrão	p-valor (Mann Whitney)
P4	Errou	3	10,333	0,577	0,863
	Acertou	22	9,455	2,790	
P5	Errou	7	10,000	1,826	0,950
	Acertou	18	9,389	2,913	
P6	Errou	5	9,400	3,130	0,916
	Acertou	20	9,600	2,583	
P7	Errou	4	11,250	0,957	0,157
	Acertou	21	9,238	2,737	
P10	Errou	7	9,286	2,430	0,617
	Acertou	18	9,667	2,765	
P11	Errou	3	9,333	2,082	0,666
	Acertou	22	9,591	2,737	
P13	Errou	4	10,750	0,957	0,444
	Acertou	21	9,333	2,799	
P15	Errou	11	8,727	2,796	0,149
	Acertou	14	10,214	2,392	
P16	Errou	8	9,250	1,982	0,321
	Acertou	17	9,706	2,932	
P17	Errou	3	11,333	1,155	0,181
	Acertou	22	9,318	2,697	
P18	Errou	23	9,565	2,744	0,569
	Acertou	2	9,500	0,707	
P19	Errou	4	10,000	2,160	0,818
	Acertou	21	9,476	2,750	
P20	Acertou	0	-	-	-
	Errou	25	9,560	2,631	
P21	Acertou	18	9,278	2,782	0,435
	Errou	7	10,286	2,215	

Antes de discutir os resultados estatísticos compilados na Tabela 4.16, pode-se observar que a pergunta 20 (P20) não teve acertos, ou seja, todos os 25 alunos erraram a questão, então não se teve parâmetro de comparação em relação a quem a acertou, sendo assim, seu p-valor não existiu. A referida questão dizia:

**Questão 20:** *Você saberia responder o motivo pelo qual um lago congela apenas na superfície? (na página 27 do MI)*

Inicialmente foi perguntado aos alunos se eles conheciam tal fenômeno e em uma resposta coletiva, eles responderam que **sim**. Mas, apesar de ser um fenômeno natural e poder ser observado por qualquer pessoa, a pergunta não possui uma resposta simples, uma vez que refere-se ao comportamento anômalo da água. Tal comportamento é contrário ao que se conhece sobre a dilatação, para a maioria das substâncias. E como ela foi feita antes da explicação do fenômeno, nenhum aluno conseguiu resolvê-la. Porém, após a explicação, a pergunta foi repetida (P21) e a maioria acertou, sendo que apenas 7 alunos parecem ter continuado sem entender a explicação do fenômeno, conforme pode ser visto na Tabela 4.16.

Em adição aos resultados apresentados na Tabela 4.16, fizemos também uma segunda compilação de dados, separando-os em 2 grupos, sendo o grupo 1 o dos alunos que acertaram menos de 7 questões e o grupo 2 o dos alunos que acertaram 7 ou mais questões. Assim, 3 alunos foram alocados no grupo 1, enquanto que 22 alunos foram alocados no grupo 2. Seguem os resultados na Tabela 4.17:

**Tabela 4.17:** *Média das notas do Grupo 1 e do Grupo 2*

		Notas		P-valor
		Média	Desvio padrão	
<b>Grupos</b>	1	10,333	0,577	0,863
	2	9,455	2,79	

Pelo teste de Mann-Whitney, o p-valor foi de 0,863 e, portanto a separação pelos grupos não forneceu resultados em médias das notas finais diferentes. Sendo assim, os resultados da atividade avaliativa não possuem relação com as respostas dadas pelo estudante no MI.

Uma análise dos resultados tanto da Tabela 4.16 quanto da Tabela 4.17 permite constatar que os dois grupos de alunos (acertaram e erraram) não apresentaram diferença na nota média alcançada na prova. Este é mais um indício de que a



estratégia de utilização de um MI baseado na TAS parece ter sido capaz de sanar as dúvidas do grupo de estudantes que errou cada uma das questões, proporcionando a negociação de significados e buscando tornar o aluno sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem. Portanto, neste caso, parece que o MI foi capaz de promover de fato a aprendizagem significativa dos estudantes sobre o conteúdo de temperatura.

## **4.5 – Análise dos Questionário de Opinião**

Na presente seção apresentamos o resultado da busca por evidências de AS, olhando para a opinião dos alunos. Neste caso foi aplicado um questionário de opinião relacionado às atividades contidas no MI e também em relação às características do próprio MI, produzido com 28 questões objetivas e 2 questões abertas. O questionário de Opinião é importante, pois, segundo Moreira (2011a, p.15) “é possível também avaliar o ensino de outras maneiras como, por exemplo, através da opinião do aluno”. Assim, ao final da aplicação do MI os alunos responderam a um questionário de opinião. É importante lembrar que 24 estudantes responderam o questionário espontaneamente, embora somente 21 deles completaram os dois Mapas Conceituais.

### **4.5.1 - Em relação ao Entendimento do Assunto Abordado nas Aulas**

Esta primeira questão, mostrada na Tabela 4.16, tinha o objetivo de levantar a opinião dos estudantes sobre seu próprio conhecimento a respeito do assunto que estava sendo abordado nas aulas. Observa-se que a maioria respondeu entender do assunto, quinze estudantes (62,5%). Seis, ou seja, 25%, alegaram que entendiam muito e uma pequena parte, três alunos, entenderam razoavelmente. Nenhum aluno assinalou que entendia pouco ou que não entendia. Isso mostra que após a explanação do conteúdo os alunos assimilaram bem os conceitos relacionados e conseguiram, de alguma forma, entender o que foi passado a eles. Vale ressaltar que este questionário foi aplicado após a aplicação do MI e da atividade avaliativa, e justifica o fato de muitos alunos terem obtido nota alta na prova.

**Tabela 4.18:** *Distribuição do número de alunos que responderam como estavam em relação ao entendimento do assunto abordado nas aulas.*

<b>Com relação ao entendimento do assunto abordado nas aulas:</b>	
Não entendia	0
Entendia pouco	0
Entendia razoavelmente	3
Entendia	15
Entendia muito	6
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>

#### 4.5.2 - Análise em Relação à Utilização de Experimentos, de Simulações Computacionais e de Exemplos do Cotidiano.

Os estudantes também foram perguntados em relação aos aspectos constantes no Quadro 4.10. Eles responderam em relação à **utilização de experimentos**, à **utilização de simulações computacionais** e à **utilização de exemplos e situações do dia a dia**, ou seja, três situações diferentes. Em cada um dos casos eles puderam responder, tendo 5 opções de resposta, se a utilização das respectivas metodologias “Não contribuiu em nada”, “Não contribuiu”, “Foi indiferente”, “Contribuiu” ou “Contribuiu muito”. Os resultados estão, respectivamente, nas tabelas a seguir.

Participação adicional da aula respondendo às perguntas <b>dirigidas</b> a turma sobre o assunto da aula.
Participação adicional da aula fazendo, <b>espontaneamente</b> , perguntas sobre o assunto da aula.
Realização dos exercícios propostos durante a aula.
Pensamentos em situações semelhantes sobre o assunto da aula.
Compreensão do assunto da aula.
“Prendimento” da atenção às discussões durante a aula.

**Quadro 4.10:** Opções de respostas dos alunos em relação à cada conjunto de perguntas relacionadas à cada método aplicado.

A Tabela 4.19 mostra o resultado da opinião dos estudantes sobre a utilização dos experimentos durante as aulas, ou seja, os alunos expressaram suas opiniões considerando se houve contribuição em relação aos aspectos citados anteriormente. Os resultados mostram que para grande parte dos alunos a utilização dos experimentos contribuiu para melhor desenvolvimento do conteúdo, uma vez que estavam inseridos no contexto da matéria e todos participaram efetivamente das atividades.

**Tabela 4.19:** *Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização dos experimentos durante as aulas.*

Em relação à <u>avaliação</u> da utilização dos Experimentos durante as aulas:					
	NCN	NC	IND	C	CM
...para que eu participasse mais da aula respondendo às perguntas <b>dirigidas</b> a turma sobre o assunto da aula.	0	0	3	19	2
...para que eu participasse mais da aula fazendo, <b>espontaneamente</b> , perguntas sobre o assunto da aula.	0	0	5	14	5
...que eu fizesse os exercícios propostos durante a aula.	0	0	2	19	3
...para que eu pensasse em situações semelhantes sobre o assunto da aula.	0	0	1	20	3
...para que eu compreendesse melhor o assunto da aula.	0	0	0	17	6
...para “prender” minha atenção às discussões durante a aula.	0	0	3	14	7

**Legenda:** NCN = Não contribuiu em nada; NC = Não contribuiu; IND = Foi indiferente; C = Contribuiu; CM = Contribuiu muito.

A Tabela 4.20, mostra a quantidade de alunos que assinalaram em relação à utilização de simulações computacionais durante as aulas de acordo com a devida contribuição. Neste caso as simulações computacionais também contribuíram de forma positiva para a participação dos alunos nas aulas de forma geral. Entretanto para uma boa parcela de estudantes a aplicação da simulação computacional foi indiferente ou sem contribuição, ou seja, não fizeram diferença em relação à participação deles nas aulas.

**Tabela 4.20:** *Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de simulações computacionais durante as aulas.*

Em relação à <u>avaliação</u> da utilização das simulações computacionais durante as aulas:					
	NCN	NC	IND	C	CM
...para que eu participasse mais da aula respondendo às perguntas <b>dirigidas</b> a turma sobre o assunto da aula.	0	2	6	15	1
...para que eu participasse mais da aula fazendo, <b>espontaneamente</b> , perguntas sobre o assunto da aula.	0	2	10	11	1
...que eu fizesse os exercícios propostos durante a aula.	0	0	4	18	2
...para que eu pensasse em situações semelhantes sobre o assunto da aula.	0	0	0	18	6
...para que eu compreendesse melhor o assunto da aula.	0	0	0	17	7
...para “prender” minha atenção às discussões durante a aula.	0	1	1	15	7

**Legenda:** NCN = Não contribuiu em nada; NC = Não contribuiu; IND = Foi indiferente; C = Contribuiu; CM = Contribuiu muito.

A Tabela 4.21 expressa em relação a opinião dos alunos que se referem à utilização de exemplos e situações do cotidiano durante as aulas. Observa-se que a contribuição da utilização de exemplos e situações vividas pelos estudantes durante a aula e também citadas no MI foram aceitas pelos alunos e fizeram com que eles participassem mais das aulas conforme está descrito na Tabela 4.21. Este pode ser

considerado um dos fatores para justificar o bom rendimento dos alunos na atividade avaliativa.

**Tabela 4.21:** *Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de exemplos e situações do cotidiano durante as aulas.*

<b>Em relação à avaliação da utilização de exemplos e situações do cotidiano durante as aulas:</b>					
	NCN	NC	IND	C	CM
...para que eu participasse mais da aula respondendo às perguntas <b>dirigidas</b> a turma sobre o assunto da aula.	0	2	5	13	4
...para que eu participasse mais da aula fazendo, <b>espontaneamente</b> , perguntas sobre o assunto da aula.	0	1	6	12	5
...que eu fizesse os exercícios propostos durante a aula.	0	0	4	14	6
...para que eu pensasse em situações semelhantes sobre o assunto da aula.	0	0	1	13	10
...para que eu compreendesse melhor o assunto da aula	0	0	0	16	8
...para “prender” minha atenção às discussões durante a aula	0	0	1	17	6

**Legenda:** NCN = Não contribuiu em nada; NC = Não contribuiu; IND = Foi indiferente; C = Contribuiu; CM = Contribuiu muito.

Para simplificar a leitura da Tabela 4.22, seguem abaixo as seguintes correspondências:

NDN → Não despertou em nada o interesse para o assunto;

ND → Não despertou o interesse para o assunto;

IND → Foi indiferente no interesse para o assunto;

D → Despertou o interesse para o assunto;

DM → Despertou muito o interesse para o assunto.

A Tabela 4.22 mostra o resultado da opinião dos alunos em relação ao despertar ou não do interesse para o assunto abordado nas aulas. Nesse caso eles responderam também em relação à utilização de experimentos, utilização de simulações computacionais e utilização de exemplos e situações do cotidiano.

**Tabela 4.22:** *Distribuição do número de alunos que responderam sobre a avaliação da utilização de experimentos, simulações computacionais e exemplos/situações do cotidiano durante as aulas.*

<b>Perguntas</b>	NDN	ND	IND	D	DM
Em relação à <u>avaliação</u> da utilização dos Experimentos durante as aulas:	0	0	1	22	1
Em relação à <u>avaliação</u> da utilização das simulações computacionais durante as aulas	0	3	2	13	6
Em relação à <u>avaliação</u> da utilização de exemplos e situações do cotidiano durante as aulas:	0	0	0	11	10

**Legenda:** NDN = Não despertou em nada; ND = Não despertou; IND = Foi indiferente; D = Despertou; DM = Despertou muito.

Claramente visualiza-se que a utilização de experimentos, das simulações computacionais e dos exemplos/situações durante as aulas, na grande maioria dos alunos o interesse foi despertado em relação ao assunto que estava sendo abordado nas aulas. Aqui também podemos dizer que os alunos acompanharam a aula de forma mais prazerosa devido à utilização destes métodos no decorrer das aulas.

Quanto a opinião dos estudantes, podemos ver que todo o questionário foi respondido de forma positiva, indicando que a tentativa de aplicação do MI foi exitosa. Sendo assim, podemos concluir que o bom rendimento dos alunos na atividade avaliativa pode ser explicado pela contribuição que os métodos utilizados trouxeram.

#### 4.5.3 - Análise em Relação aos Aspectos Relevantes do Material Instrucional

Nesta questão foi solicitado aos alunos que atribuíssem uma qualificação em relação à alguns aspectos relacionados ao material no qual eles tiveram acesso. As opções disponíveis eram: *Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom e Muito Bom*. Os seguintes aspectos foram considerados: *Utilização de exemplos e situações do seu dia-a-dia, Utilização de experimentos, Utilização das Simulações Computacionais, Exercícios resolvidos, Listas de Exercícios e Formatação do material*. Ressalta-se que um aluno não opinou sobre a formatação do material. O resultado está expresso na Tabela 4.23.

**Tabela 4.23:** Distribuição do número de alunos que opinaram em relação aos aspectos do MI.

Aspectos	Conceitos	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
Utilização de exemplos e situações do cotidiano do seu dia-a-dia		-	-	1	12	11
Utilização de experimentos		-	-	-	14	10
Utilização das Simulações Computacionais		-	-	5	14	5
Exercícios resolvidos		-	1	8	8	7
Listas de Exercícios		-	-	6	12	6
Formatação do material		-	-	3	11	9

Nota-se de acordo com a Tabela 4.23 que a maioria dos alunos opinou que a abordagem da utilização de exemplos e situações do cotidiano no material foi

predominantemente boa e muito boa, com 12 e 11 marcações, respectivamente. Apenas um aluno assinalou que a abordagem foi regular. Pode-se concluir que os alunos gostaram deste tipo de inserção durante as aulas, pois aproxima o conteúdo visto em sala de aula com as aplicações das situações presentes em seu cotidiano.

Foi também realizada uma análise atribuindo notas aos conceitos que os alunos poderiam assinalar. A Tabela 4.24 substitui esses conceitos por notas de acordo com as seguintes correspondências:

Nota 1: Muito Ruim;

Nota 2: Ruim;

Nota 3: Regular;

Nota 4: Bom;

Nota 5: Muito Bom.

Foi realizada a média ponderada em relação a cada aspecto e esta se apresenta na última coluna na Tabela 4.24.

**Tabela 4.24:** *Distribuição do número de alunos que opinaram em relação aos aspectos do MI expresso em notas.*

Aspectos	NOTA					Média Ponderada
	1	2	3	4	5	
Utilização de exemplos e situações do cotidiano	-	-	1	12	11	<b>4,42</b>
Utilização de experimentos	-	-	-	14	10	<b>4,42</b>
Utilização das Simulações Computacionais	-	-	5	14	5	<b>4</b>
Exercícios resolvidos	-	1	8	8	7	<b>3,88</b>
Listas de Exercícios	-	-	6	12	6	<b>4</b>
Formatação do material	-	-	3	11	9	<b>4,26</b>

A utilização dos experimentos durante as aulas teve uma análise positiva, uma vez que 14 deles atribuíram o conceito “bom” e 10 citaram “Muito Bom” em relação à utilização desse tipo de recurso. A citação do aluno 13 confirma os dados relatados: *“Na minha opinião, deveríamos ter mais tempo para realizar os experimentos, o que facilitaria o entendimento e tornaria o aprendizado mais fácil. Fora isso, nada mais a declarar!”*

Em relação à utilização de simulações computacionais durante a aula, a maioria atribuiu o conceito “Bom” e o restante ficou dividido entre “Muito Bom” e “Regular”. Considera-se que o uso desse recurso agradou os alunos, uma vez que não obteve-se nenhuma marcação entre “Ruim” ou “Muito Ruim”.

No quesito “Exercícios Resolvidos”, a turma dividiu-se basicamente entre os conceitos “Regular”, “Bom” e “Muito Bom” e apenas um aluno atribuiu que os exercícios resolvidos estavam “Ruins”. A observação do aluno 9, a seguir, caracteriza essa discrepância nos resultados conforme informado na Tabela 4.23. Ele acredita que o material poderia *“ter exercícios resolvidos mais complexos”*.

Metade da turma informou que as listas de exercícios estavam “boas” a outra metade dividiu-se entre “Muito Boas” e “Regulares”. Essa dispersão entre as opiniões pode ser resumida através da indagação do aluno 9: *“Exercícios repetidos.”*

Por fim, a formatação do material também foi avaliada pelos estudantes. O resultado pode ser considerado positivo, ou seja, a grande maioria da turma aprovou o formato do material instrucional, pois 9 deles informaram o que estava “Muito Bom”, para 11, “Bom” e apenas para três deles ela ficou “Regular”. Como exemplo, pode-se destacar a fala do aluno 14: *“As imagens coloridas da apostila estavam muito boas, conseguindo demonstrar claramente os exemplos.”*

Sendo assim, do ponto de vista dos alunos, a utilização desses recursos foi positiva, contribuindo em menor ou maior grau, para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Vale realçar que de acordo com a Tabela 4.24 os recursos que mais parecem ter contribuído foi a Utilização de exemplos e situações do cotidiano e a Utilização de experimentos.

A quantidade de recursos e a estratégia adotada no MI mostra o seu diferencial em relação aos livros e outros materiais já existentes, uma vez que possui a elaboração dos Mapas Conceituais, além de uma explicação profunda do conteúdo em questão.

#### **4.5.4 - Questões Abertas - A Opinião dos Estudantes**

Ao final do questionário os alunos foram indagados a escreverem sobre duas vertentes relacionadas às aulas, que foram, respectivamente:

**Questão 6:** *Comentar e/ou avaliar outro aspecto que considere importante;*

**Questão 7:** *Comente, dê sugestões, faça críticas, enfim, opine sobre o material utilizado de forma a melhorá-lo.*

Aqui cabe reproduzir e salientar algumas falas dos alunos que se repetiram e devem ser consideradas para uma nova edição do material. Devido a isso foram identificados alguns problemas em relação ao MI que estão listados no Quadro 4.11.

<b>Problema Identificado</b>	<b>Opinião dos Estudantes</b>
<b>Perguntas Repetitivas</b> Três alunos escreverem sobre perguntas repetitivas. Isso pode ter deixado os estudantes cansados ao responderem todas elas.	<b>Aluno 8:</b> “O uso da apostila facilitou muito o aprendizado, portanto poderia ter sido mais objetiva quanto as perguntas, que ficaram algumas vezes muito repetitivas, o que gerou uma certa preguiça em responde-las devido ser o mesmo assunto.”
	<b>Aluno 11:</b> “O material utilizado foi muito produtivo pela organização e esclarecimento do assunto, porém, algumas questões tornaram-se um pouco repetitivas ao longo da matéria.”
	<b>Aluno 12:</b> “As perguntas feitas no material eram, às vezes, muito repetitivas.”
	<b>Aluno 19:</b> “Perguntas Repetitivas.”
<b>Exercícios Fáceis</b> Alguns alunos citaram que o material poderia ter exercícios mais difíceis.	<b>Aluno 24:</b> “Falta exercícios mais elaborados, como desafios lógicos.”
	<b>Aluno 9:</b> “Ter exercícios resolvidos mais complexos.”
	<b>Aluno 13:</b> “O material foi muito bom, porém poderiam ter exercícios com grau de dificuldade mais elevado.”

**Quadro 4.11:** Problemas identificados após as respostas dadas pelo aluno e suas respectivas opiniões.

Uma possível solução para o possível problema das perguntas repetitivas seria fazer uma revisão no MI de modo a identificá-las e alterá-las. Um segundo passo consiste em buscar formas de condensá-las ou reelaborá-las com significados equivalentes e não repetitivos. Já em relação aos exercícios seria conveniente aumentar o número deles e também inserir exercícios mais difíceis.

A Tabela 4.25 foi produzida com o resumo das respostas das questões abertas do questionário classificadas em elogios e críticas.

**Tabela 4.25:** Resumo dos Elogios e das Críticas registrados nas questões 06 e 07 do questionário de opinião.

<b>Opiniões</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Motivos</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Críticas Positivas</b>	30	Sair da rotina/dinamicidade	4
		Exemplos do Cotidiano	5
		Experimentos	9
		Material Instrucional	11
		Motivação	1
<b>Críticas Negativas</b>	14	Exercícios	9
		Pouco tempo para os experimentos	2
		Perguntas repetitivas	2
		Exemplos	1



A análise da Tabela 4.25 nos mostra que catorze críticas e trinta elogios foram realizados utilizando-se o espaço das questões 06 e 07. Ela também descreve os aspectos que foram elogiados e criticados, bem como a quantidade de vezes que cada elogio/crítica aconteceu. Vale a pena realçar que, na maioria das vezes, o mesmo aluno criticou/elogiou mais de um aspecto.

O Material Instrucional e a utilização de experimentos receberam muitas críticas positivas durante as aulas. A resposta do aluno 16 é um exemplo disso:

*“Achei muito interessante a apostila e as aulas, e o que mais gostei foi os experimentos realizados na sala de aula.”*

O aluno 07 também destaca o MI e as experimentações realizadas em sala de aula.

*“Minha sugestão é que deve ser repetido mais vezes tais atividades experimentais, pois o aluno por vontade própria procura entre essas e outras maneiras de reforçar o aprendizado”.*

Em relação às críticas negativas, elas já foram identificadas e citadas no Quadro 4.11 junto da opinião dos estudantes que as fizeram.

#### **4.6 – Análise do Diário de Bordo**

Após visualizar e (re)pensar o diário de bordo, vários aspectos podem ser destacados em relação à aplicação do material instrucional neste trabalho. A opinião dos estudantes verificada nos questionários condiz com as anotações do professor/mestrando acerca dos comportamentos dos alunos.

A análise do diário de bordo revelou que os estudantes ficaram entusiasmados com a utilização de exemplos e situações do cotidiano, com a utilização de experimentos e com a utilização de simulações computacionais em sala. Isso fez com que eles pudessem “sair da rotina”, que geralmente na prática, o Professor apodera-se do método tradicional com os conteúdos sendo “jogados” para eles sem qualquer demonstração prática ou qualquer outro tipo de visualização de forma que pudesse fazer com eles aprendam significativamente o que se pretende na aula.

Foi possível constatar também uma participação efetiva na maioria das aulas, fazendo perguntas e respondendo ou emitindo sua opinião sobre os assuntos em

discussão. A interação professor-aluno aumentou de forma considerável e nas palavras do próprio professor/mestrando “as aulas ficaram mais leves e prazerosas”.

Foi notado também que uma pequena parte dos alunos fica dispersa no momento de fazer os exercícios em sala. Constatou-se que os estudantes acharam algumas perguntas repetitivas ao longo do material, desestimulando sua participação. Uma revisão crítica do MI poderá resultar na fusão de perguntas que descrevam a mesma ideia, reduzindo a carga sobre o estudante.

Ao explicar que iríamos utilizar um material diferente e após distribuí-lo para cada aluno foi esclarecido sobre o que realizaríamos em algumas aulas. De imediato um aluno indagou em tom de entusiasmo: “*Experimentos!*” Pode ser que esta fala esteja mostrando o interesse, a participação e a compreensão que alguns alunos tiveram e que foi retratada nos questionários de opinião que eles preencheram após o término da aplicação do material.

Na primeira pergunta descrita na apostila (pág. 09) alguns perguntaram se havia algo “escondido” por trás dela, ou seja, se ela era uma “pegadinha”, porém após as devidas explicações notaram que a resposta era realmente óbvia para a maioria deles. A retratação deste comportamento indica o motivo pelo qual praticamente todos responderam esta pergunta de forma igualitária.

De acordo com a tabulação das respostas do questionário de opinião, observa-se que os experimentos contribuíram de forma eficaz para fazer com que eles ficassem com a atenção “conectada” às discussões. De acordo com o diário de bordo, alguns experimentos tiveram a ampla participação dos discentes. Maioria deles queria “colocar a mão” ou “futucar” tais aparatos.

Ao observar o quantitativo final dos questionários, percebe-se nitidamente que isso demonstra o alto índice de participação em relação à realização de perguntas de forma espontânea pelos alunos ao Professor e também caracteriza o grande número de respostas que eram ouvidas pelo professor ao realizar uma pergunta referente ao assunto.

Durante algumas aulas, nas quais o objetivo principal era a resolução das atividades, a participação dos alunos era efetiva, eles sanavam dúvidas em relação ao assunto e perguntavam sobre o comportamento da matéria em alguma outra situação descrita por eles. As tabelas relacionadas ao questionário de opinião

mostram, inclusive, que a nova proposta contribuiu para que eles pudessem exercitar o conteúdo visto nas aulas. Isso não acontecia antes da aplicação do material, poucos participavam da resolução de exercícios e boa parte ficava dispersa.

Por fim, foram registrados também a satisfação do docente em ministrar as aulas, através de elogios feitos aos alunos e também recebidos pelo Professor. Após a continuidade do ano letivo e o retorno ao padrão tradicional de aulas, os alunos solicitaram a continuidade da abordagem aqui apresentada com a apresentação de situações-problema seguidas de utilização de experimentos e simulações computacionais.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÃO**

O presente trabalho teve, como objetivo principal, a descrição e análise do impacto da utilização de um Material Instrucional a alunos do Ensino Médio, abordando o estudo dos conceitos relacionados à Temperatura, com base nos princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel et al (1980) e Ausubel (2002) e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostas por Moreira (2011b).

A partir da análise dos dados coletados, buscamos evidências da evolução conceitual e de conseqüente ocorrência de Aprendizagem Significativa nos alunos, com relação aos tópicos estudados.

Dessa forma, este capítulo apresentará as conclusões de tal estudo, levando-se em consideração os objetivos do trabalho descritos na seção 3.1. Além disso, são feitas sugestões para a realização de pesquisas futuras, visando a implementação de melhorias e correções em algumas lacunas observadas.

#### **5.1 – Mapas Conceituais**

Analisando os Mapas Conceituais desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da aplicação do Material Instrucional, observou-se melhorias em todos os critérios analisados, de acordo com a proposição de Mendonça (2012).

Sobre os conceitos, os resultados mostraram aumento no número de Grandezas Físicas e o surgimento de Relações Matemáticas, que são conceitos relevantes no contexto do assunto em estudo, e que foram utilizados pelos estudantes depois da

instrução. Além disso, mostrou-se que o número de proposições válidas mais que dobrou no Mapa depois em relação ao de antes. Segundo Mendonça (2012), a construção de um Mapa Conceitual requer compreensão acerca das ideias transmitidas pelos conceitos; isso significa que caso não haja clareza, a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes no MC será baixa. Nesse caso, como há uma elevação da quantidade de conceitos centrais do conteúdo e do número de proposições válidas do primeiro para o segundo Mapa Conceitual, isso pode indicar um aumento na compreensão das ideias transmitidas pelos conceitos e, portanto, a ocorrência de Aprendizagem Significativa.

A melhora na Hierarquia Conceitual dos Mapas evidencia a ocorrência do processo de diferenciação progressiva por parte dos estudantes, sendo também um indicativo de que a estrutura cognitiva dos mesmos tenha ficado mais organizada, uma vez que através do mapa o aluno explicita parte dessa estrutura. A existência de relações cruzadas também pode reforçar essa ideia, na medida em que indica ocorrência de reconciliação integrativa.

Em resumo, todos esses resultados demonstram alguns dos indicadores de êxito do Material Instrucional, sugerindo que o mesmo contribuiu para a ocorrência de Aprendizagem Significativa, ou seja, de acordo com Moreira (2011b) é um Material Instrucional Potencialmente Significativo.

## **5.2 – Avaliação**

O resultado da Avaliação (que abrangia todo o conteúdo e foi realizada somente após a aplicação do MI) demonstrou que os alunos, com 80,4% de aproveitamento, apresentaram capacidade de resolver os problemas existentes na atividade, indicando assim a compreensão do contexto das questões e capacidade de aplicar seus conhecimentos adquiridos para resolver as questões propostas. A análise de algumas dessas questões reforça tal hipótese, na medida em que foi possível observar indícios de captação de significados, compreensão, capacidade de explicação e aplicação do conhecimento para a resolução de problemas. Esse resultado está de acordo com o indicado por Moreira (2011b) como evidências de êxito de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Sendo assim, a

análise da Avaliação também fornece indícios da ocorrência de Aprendizagem Significativa.

### **5.3 – Questões**

A análise das Questões contidas no Material Instrucional foi realizada através da categorização das respostas dos alunos de acordo com as características que possuíam. A atividade de responder e discutir as mesmas evidenciou a existência de muitos subsunçores sobre o conteúdo em estudo, proporcionando momentos de interação social e negociação de significados. Ressalta-se também que os estudantes puderam utilizar da recursividade, corrigindo as respostas que haviam expressado no material. Assim, a estratégia de utilizar as Questões constitui-se de uma característica que se adequa ao estabelecido por Moreira (2011) no Segundo Passo da UEPS, onde afirma que deve haver condições que propiciem o aluno de externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não no contexto da matéria de ensino, que seja supostamente relevante para a aprendizagem significativa do objetivo em pauta.

### **5.4 – Questionário de Opinião**

A análise do Questionário de Opinião evidenciou que a Utilização de Experimentos foi o Recurso Instrucional que mais contribuiu nas atividades realizadas em sala de aula, seguido da utilização de exemplos e situações do cotidiano. Também foi possível observar boa aceitação para o outro Recurso utilizado, as simulações. Do ponto de vista dos alunos, a utilização desses Recursos foi positiva, o que pode ter contribuído em menor ou maior grau, para a facilitação do processo de ensino/aprendizagem.

Adicionalmente, este resultado é mais uma evidência da contribuição do Material Instrucional para aumentar a “predisposição do aluno para aprender significativamente”. De acordo com Ausubel (2002), esse é um dos requisitos para que ocorra Aprendizagem Significativa.

## 5.5 – Diário de Bordo

A observação do Diário de Bordo do professor/mestrando apontou, como principais aspectos da aplicação do Material Instrucional, a utilização de exemplos e situações do cotidiano, o uso de experimentos e as discussões que permearam as atividades; todos esses aspectos contribuíram, aparentemente, de forma positiva para o desenvolvimento do conteúdo.

O que dificultou a aplicação do Material Instrucional foi a dupla redistribuição da carga horária referente à disciplina de Física. Devido a isso, tomou-se um tempo considerável das aulas para resolução dos exercícios e revisões. Todavia, as reflexões do professor/mestrando fornecem evidências de que a aplicação do Material Instrucional, de forma geral, tenha alcançado êxito, na medida em que proporcionou várias atividades colaborativas privilegiando o questionamento, ao invés de respostas prontas, buscando centralizar o aluno no processo de ensino/aprendizagem.

## 5.6 – Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento das atividades, foram observadas algumas características do Material Instrucional que, se alteradas, poderiam ter proporcionado melhores resultados. Para isso, sugere-se que, em trabalhos futuros, tais mudanças sejam realizadas. A seguir, serão explicitados tais pontos que devem ser modificados.

### REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE QUESTÕES CONTIDAS NO MI

Para essa alteração ocorrer é necessário que haja um espaço maior de conteúdo entre os grupos de perguntas. O objetivo é que os alunos não se sintam pressionados em responder as questões, para que o processo se torne mais natural no contexto de sala de aula e, conseqüentemente, menos cansativo.

### AUMENTO DA QUANTIDADE DE EXERCÍCIOS COMPLEXOS

Tal modificação deve ser feita, principalmente, aos exercícios que serão aplicados durante a explicação do conteúdo, e não somente ao final de cada parte. Dessa forma, os alunos poderão, mesmo em sala de aula, ter contato com mais situações

problemas que os permitam testar, em determinados níveis, o quanto estão aprendendo da temática ensinada.

#### APLICAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL DURANTE O MI

Como os dois Mapas Conceituais foram feitos antes e após a aplicação do MI, não foi possível analisar, através dessa ferramenta, a compreensão e evolução conceitual dos alunos durante a realização do estudo. É possível que esse “Mapa Central” indique mais evidências de Aprendizagem Significativa que não puderam ser observadas com os demais Recursos Instrucionais.

### **5.7 – Opinião Final do Professor/Mestrando**

Para o encerramento deste Trabalho, gostaria de realçar a importância de ter realizado essa pesquisa e participado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional – PPGE n Fis/UFES. Como aluno, tive a oportunidade de refletir sob diferentes maneiras minha prática em sala de aula e, acredito que o “maior produto” educacional elaborado foi o próprio professor/mestrando.

O conhecimento sobre Teorias de Aprendizagem, sobretudo a Teoria da Aprendizagem Significativa, forneceu-me uma série de recursos que, atualmente, são inseridos em minha vida profissional. Destaca-se a mudança na forma de pensar sobre o ensino e também sobre cada aula planejada; não busco mais simplesmente ensinar os conteúdos para os alunos, mas sim instruí-los de maneira significativa.

Passar pelo processo de preparar um Material Instrucional, aplicá-lo, coletar dados e analisá-lo foi uma boa experiência, porém trabalhosa. Horas de dedicação, tabelas criadas, gráficos preparados (mesmo que sem utilização) e textos escritos e refeitos inúmeras vezes puderam mostrar a dedicação e seriedade que exige algo tão importante como é a Pesquisa em Ensino. Se almejamos uma mudança na forma em que o ensino é organizado atualmente, serão necessárias inúmeras pessoas passando por uma experiência similar e incorporando esses resultados em sua prática de ensinar.



## CAPÍTULO 6

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÃO, I. **Escola reflexiva e nova racionalidade**. São Paulo: Arantes, 2001.

ALVES, F. C. Diário – um contributo para o desenvolvimento profissional dos professores e estudo dos seus dilemas. Instituto politécnico de Viseu. Disponível em <<http://www.ipv.pt/millennium/millennium29/>> acesso em: 16/03/2014

ALMEIDA, L. M. W., FONTANINI, M. L. C. Aprendizagem Significativa em atividades de Modelagem Matemática: Uma investigação usando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 15, n. 2, p 403 - 425, 2010.

ALVARENGA, Beatriz & Máximo, Antônio. **FÍSICA**, volume 3. São Paulo. Ed. Scipione, 2008.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., & HANESIAN, H. (1980). **Psicologia educacional** (2a ed., E. NICK, H. B. C. RODRIGUES, L. PEOTTA, M.A. FONTES, & M. G. R. MARON, Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana. (Obra original publicada em 1978).

AUSUBEL, D. P. (2002). **Adquisición y retención del conocimiento**: Uma perspectiva cognitiva (G. S. Barberán, Trad.). Barcelona: Paidós. (Obra original publicada em 2000)

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 1996. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm)>. Acesso em: 09 jul. 2014.

CAÑETE, L. S. C. **O diário de bordo como instrumento de reflexão crítica da prática do professor**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FERRACIOLI, L. Mapas conceituais como instrumento de eliciação do conhecimento. **Revista Didática Sistemica**. Rio Grande/RS, v. 5, trimestral, janeiro a junho de 2007, p. 65-77, ISSN: 1809-3108.

MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. 2012. 349 f. Tese (Programa internacional de doctorado Enseñanza de las ciencias)- Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, Burgos, 2012.

MOREIRA, M.A.; ROSA, P. Mapas Conceituais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 17-25, abr. 1986.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Autor. 2006.

MOREIRA, M.A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008.

Moreira, M.A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.) (1997). Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España. pp. 19-44

MOREIRA, M.A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1. ed. Porto Alegre: Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1(n. 2), p. 43-63. 2011b.

MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em Abr de 2014.

MOREIRA, M. A.; MASINI, Elcie F. Salzano. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Moraes, 1985.

NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1999). **Aprender a aprender** (2a. ed., C. Valadares, Trad.). Lisboa: Plátamo Editora. (Obra original publicada em 1984)

NOVAK, J. D. (2000). **Aprender a criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceituais como ferramenta de facilitação nas escolas e empresas (A. Rabaça & J. Valadares, Trad.). Lisboa: Paralelo Editora. (Obra original publicada em 1998).

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, jan./jun. 2010.

Disponível em

<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TeoriaSubjacenteAosMapasConceituais.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

PORLÁN, R. e MARTÍN, J. **El diario del professor**. Sevilla: Díada Editora, 2004.

SILVA, C. V. **Uma investigação sobre a elaboração e a utilização de um material instrucional baseado na teoria da aprendizagem significativa para o estudo de um tópico de mecânica no contexto rural**. 2014. 155 f. Dissertação (Programa de pós Graduação em Ensino de Física – PPGenFis – Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

TROWBRIDGE, J. E., & WANDERSEE, J. H. (2000). **Observation rubrics for science assessment**. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching Assessment for understanding*. New York: Academic Press.

Steffens, C. A., Veit, E. A., Silveira, F. L. **Uma introdução ao processo da medição no ensino médio**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2008. 86 p. : il.

(Moreira, M. A., Veit, E. A. **Textos de apoio ao professor de física**. ISSN 1807-2763; v. 19 , n. 2).

ZABALZA, M. A. **Diários de aula. Contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores**. Porto: Porto Editora, 1994.

## **APÊNDICE**

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

**MATERIAL INSTRUCIONAL ABORDANDO  
O CONCEITO DE TEMPERATURA**



# TEMPERATURA

## Material do Aluno

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

### Autores

Diego Motta Libardi  
Giuseppi Camiletti



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Diego Motta Libardi**

**Prof. Dr. Giuseppe Camiletti**

# **TEMPERATURA**

Vitória – ES  
Novembro/2013

## APRESENTAÇÃO

Este é o Produto da Dissertação de Mestrado de Diego Motta Libardi, orientado pelo Prof. Dr. Giuseppe Camiletti, que foi apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Espírito Santo.

Este material foi preparado com foco no conteúdo relacionado aos conceitos de *Temperatura* e é destinado a alunos do Ensino Médio. A abordagem proposta utilizou elementos e situações contextualizadas ao dia a dia do estudante, de forma a aproximar os conceitos a serem estudados de situações familiares aos mesmos. O texto dialoga com o aprendiz, dando-lhe oportunidade de expor sua opinião sobre o conteúdo em estudo e permitindo-lhe a comparação com o conhecimento científico consolidado. Sendo assim, embasado nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e nas orientações para elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Moreira, onde a premissa básica é que ideias expressas simbolicamente devem interagir de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe.

Foram incluídos exercícios resolvidos para elucidar e expandir a aplicação da teoria relacionada ao conteúdo proposto e as listas de exercícios indicadas possibilitam ao aluno exercitar e assimilar o conteúdo em estudo. O item “TRABALHANDO COM O PROFESSOR” propõe a utilização em sala de aula de experimentos demonstrativos e procedimentos que permitem a coleta de dados, com a proposta de facilitar a visualização e entendimento da teoria abordada. O item “USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR” complementa esta proposta, através da execução, também em sala, de simulações computacionais com a utilização de *Applets* gratuitos e de fácil acesso.

O estudo foi realizado com uma turma de alunos do 2º ano do Ensino Médio, do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim. Os instrumentos de coleta e análise de dados se constituíram dos Mapas Conceituais progressivos, Avaliação de conteúdo, Questões presentes ao longo do Material Instrucional, Questionário de opinião dos alunos e o Diário de Bordo do professor/mestrando.

Toda a estruturação do material foi baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), proposta por Moreira (já publicadas), cujo objetivo principal é orientar o desenvolvimento de unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa e de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Outra premissa foi a utilização, em geral, de situações problemas do cotidiano dos alunos.

Vamos continuar trabalhando incansavelmente para facilitar o aprendizado de nossos alunos e para o aprimoramento de nossa obra, sempre serão bem vindas críticas, sugestões e comentários de colegas professores e dos estudantes, e poderão ser encaminhadas para o seguinte endereço eletrônico: [diegomottalibardi@gmail.com](mailto:diegomottalibardi@gmail.com)

Diego Motta Libardi  
Vitória, ES, Novembro de 2013

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>03</b>
<b>Sumário.....</b>	<b>04</b>
<b>1 – Temperatura.....</b>	<b>05</b>
1.1 – Pontes.....	05
1.2 – Trilhos de Trem.....	06
1.3 – Pisos das Residências e Calçadas.....	07
Construção de Mapa Conceitual.....	08
1.4 - Conceito de Temperatura.....	09
Lista de Exercícios.....	13
<b>2 – Dilatação dos Corpos.....</b>	<b>14</b>
2.1 - Conseqüências da Agitação das Moléculas.....	14
2.2 - Cálculo da Dilatação de um Corpo Sólido.....	17
2.2.1 - Dilatação Linear.....	24
2.2.1.1 – Lâmina Bimetálica.....	24
2.2.2 - Dilatação Superficial.....	25
2.2.3 - Dilatação Volumétrica.....	26
2.2.4 - Dilatação dos Líquidos.....	26
2.3 - Comportamento Anômalo da Água.....	28
Lista de Exercícios.....	30
<b>3 – Escalas Termométricas.....</b>	<b>33</b>
Lista de Exercícios.....	37
Construção de Mapa Conceitual.....	40
<b>4 – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>41</b>
<b>Anexo – Atividade Avaliativa.....</b>	<b>42</b>



## 1 - Temperatura

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Compreender o conceito de Temperatura;
- ✓ Compreender a relação entre nível de agitação das moléculas e conceito de Temperatura.

Além disso, ainda será realizada uma atividade com toda a turma para que possam fazer a “troca de significados” do conteúdo em questão. Uma sugestão é organizar a sala em um grande círculo e provocar os estudantes com o objetivo de colocarem em pauta seus conhecimentos, enriquecendo e valorizando os conceitos com a participação de todos. Os mapas conceituais construídos, individualmente, pelos estudantes poderão auxiliar nesse tipo de atividade.

O professor poderá, ainda, solicitar a participação dos estudantes após cada questionamento respondido no material de forma a externalizarem seus conhecimentos prévios para toda a turma.

Vamos iniciar este estudo observando algumas peculiaridades de montagens e construções do nosso dia a dia.

### 1.1 – Pontes

Você já percebeu que todas as pontes de porte médio e grande possuem uma junta de dilatação? Vejam as Figuras 1.1-a, 1.1-b e 1.1-c, abaixo.



**Figura 1.1-a:** Mostra um tipo de junta de dilatação existente entre a junção de duas vigas



**Figura 1.1-b:** Mostra outro tipo de junta de dilatação existente entre a junção de duas vigas



**Figura 1.1-c:** Mostra o que acontece quando uma ponte é construída sem as juntas de dilatação.



**A Figura 1.1-c mostra uma ponte sem junta de dilatação e com uma rachadura. Porque você acha que isso ocorreu?**

Escreva sua resposta aqui.

## 1.2 – Trilhos de trem

Cachoeiro de Itapemirim-ES era “cortada” por trilhos de trem onde as pessoas viajavam, literalmente, pelo meio da cidade e o trânsito tinha de ser interrompido ao tocar a sirene do trem. Os trilhos estavam estabelecidos onde, atualmente, passa a Linha Vermelha e a Estação Ferroviária ainda continua intacta desde a época em que foi construída, conforme Figura 1.2, abaixo.



**Figura 1.2:** Estação Ferroviária de Cachoeiro de Itapemirim. Atualmente, neste local, passa a linha vermelha, onde acontece o Carnaval.

Desde aquela época sabia-se que os trilhos dos trens deviam (e foram) ser instalados de modo que sempre houvesse um pequeno espaço entre eles, conforme a Figura 1.3, a seguir.



**Figura 1.3:** Espaço entre os trilhos do trem necessários para impedir a deformação no caso do aumento de temperatura.

Tais espaçamentos são necessários para evitar as deformações mostradas na Figura 1.4.



**Figura 1.4:** Trilhos deformados devido à falta das juntas de dilatação.



**A Figura 1.4 mostra uma linha férrea sem as juntas de dilatação. Porque você acha que isso ocorreu?**

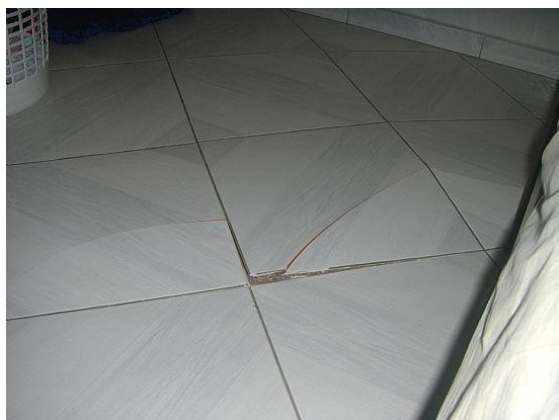
Escreva sua resposta aqui.



**Faça uma visita a algum local na sua cidade que possui trilhos de trem e verifique pessoalmente a existência das juntas de dilatação.**

### 1.3 – Pisos das Residências e Calçadas

Podemos também visualizar os efeitos da dilatação em nossas próprias casas. Note que existe um material entre os pisos colocados no chão da sua residência. No caso da ausência desse material, podem ocorrer trincas ou quebra dos pisos, conforme Figura 1.5.



**Figura 1.5:** Mostram, respectivamente, alguns pisos trincados e estufados.



**A Figura 1.5 mostra os pisos das residências sem o espaçamento adequado e com consequentes defeitos. Porque você acha que isso ocorreu?**

Escreva sua resposta aqui.

Nestes exemplos, a existência dos espaços entre as peças evitam danos que são capazes de inutilizar os equipamentos e objetos em questão. Assim, nosso objetivo inicial é entender porque, nos exemplos discutidos acima, as coisas precisam ser montadas com tais espaços.



### CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

Construa abaixo um mapa conceitual sobre seu entendimento da ocorrência dos problemas com pontes, trilhos e pisos, apresentados anteriormente.

## 1.4 – Conceito de Temperatura

Para aprofundar o entendimento destes problemas, precisamos entender o que ocorre com um corpo quando é aquecido ou resfriado.



**O que ocorre com os objetos colocados dentro da geladeira?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**Mas, afinal, o que significa ficar mais frio?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**Nas nossas casas temos também o fogão. Quando colocamos uma panela com alimentos ou líquidos em uma boca do fogão ou no forno, o que ocorre com esses alimentos?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**Mas, afinal, o que significa ficar mais quente?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Vamos então fazer um experimento para tentar entender melhor o que significa um objeto estar quente ou frio.



### TRABALHANDO COM O PROFESSOR

#### EXPERIMENTO 1: MÃO NAS BACIAS (SENSAÇÃO TÉRMICA)

Neste experimento vamos utilizar três recipientes. Um com água fria, um com água normal e outro com água quente. Nosso objetivo é dizer se a água do recipiente do meio está quente ou fria.

- ✓ Coloque água com gelo na bacia da esquerda, água da torneira na bacia do meio e água quente na bacia da direita.

- ✓ Mergulhe a mão esquerda na bacia com gelo e a direita na bacia com água quente. Espere uns trinta segundos e em seguida mergulhe, ao mesmo tempo, as duas mãos na bacia do meio.



Figura 1.6: Bacias contendo, respectivamente, água com gelo, água da torneira e água quente.



**Agora responda: a água da bacia do meio está quente ou fria?**

Escreva sua resposta aqui.



**Como podemos explicar este aparente paradoxo?**

Escreva sua resposta aqui.

Para nós, quando algum objeto está com o nível de agitação das moléculas acima do nível da agitação das moléculas do nosso corpo, dizemos que ele está quente. Por outro lado, quando este objeto está com o nível de agitação baixo, quando relacionado ao do nosso corpo, dizemos que ele está frio.

Então quando alguém põe a mão na água muito fria, o nível de agitação das moléculas do nosso corpo diminui e ao colocarmos a mão na água normal, achamos que ela está quente. O contrário ocorre quando colocamos a mão em um corpo com água quente e depois com água normal.

Por isso, em uma das mãos temos a sensação de que a água está quente e na outra de que ela está fria, ao mesmo tempo. Nosso corpo mede o nível de agitação das moléculas por comparação e pode nos enganar a respeito do nível de agitação que o corpo se encontra! Assim, nosso sentido não é um bom instrumento de medida absoluto para aferir a agitação das moléculas.

Em relação ao nível de agitação das moléculas podemos inferir que desde há muito que o homem se indaga sobre a constituição da matéria. Os gregos Demócrito de Abdera (470-380 a.C.) e Leucipo de Mileto (460-370 a.C.) postularam a existência de uma partícula indivisível, que foi por eles chamada de átomo, que constituiria todas as coisas, inaugurando a escola atomista de pensamento. Esta visão foi partilhada por outros, como Epicuro (340-270 a.C.) e Lucrecio (98-55 a.C.). Após foi posta de lado, e ficou esquecida até o século XVI, por ocasião do Renascimento, quando considerações religiosas na explicação dos fenômenos naturais perderam importância e a hipótese atomista voltou à tona. A aceitação ou rejeição da ideia atomista fundava-se em considerações filosóficas, por falta de evidências experimentais. Somente no século XIX é que a ideia atomista começou a apresentar vantagens na explicação dos fenômenos e no final do século XIX, finalmente, o átomo foi aceito. Atualmente sabe-se que o átomo é muito diferente, mais complexo do que o átomo proposto pelos antigos gregos.





**Mas então, como poderíamos medir o nível de agitação das moléculas que constituem um corpo?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Para entender melhor o que significa o nível de agitação das moléculas, devemos nos lembrar que:

#### DEFINIÇÃO CONCEITUAL DE MOLÉCULA

Todas as substâncias são constituídas de moléculas que representam a menor parte da matéria capaz de conservar as mesmas propriedades químicas.

De acordo com o *Oxford Dictionary*, a palavra *molecule* apareceu na língua inglesa em 1678, a partir da palavra francesa *molécule*. O termo pode ser encontrado no *Traité Elemetare de Chimie* (1789) de Lavoisier para designar **a menor unidade em que uma substância poder ser dividida sem que ocorra uma mudança na sua natureza química**. A ideia evolui, no contexto da química clássica do século XIX, para designar o **"menor grupo de átomos, iguais ou diferentes, unidos por forças químicas"** (*The American Heritage Dictionary, compact disc edition*). De acordo com esse conceito clássico, as propriedades de qualquer material dependem da quantidade e tipos de átomos presentes na molécula, a maneira como eles estão ordenados - sua topologia - e a maneira como estão organizados no espaço - seu arranjo geométrico.

Para entender melhor esta consideração de que os objetos são constituídos de moléculas, e a relação do seu nível de agitação com o fato de o objeto estar quente ou frio, vamos simular o que acontece com as moléculas constituintes de um corpo ao serem aquecidas ou resfriadas.



#### USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR

A animação computacional abaixo serve para ilustrar o que ocorre com as moléculas de uma substância gasosa quando a aquecemos ou resfriamos. Assim, ela pode funcionar como uma espécie de lente de aumento da matéria, nos permitindo "ver" as moléculas e "manipular" seu movimento através do aquecimento e resfriamento da substância. Esta animação pode ser feita a partir do *Applet*<sup>1</sup> abaixo, seguindo os passos sugeridos:

1 - Copie o link abaixo e cole no navegador de internet:

[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/states-of-matter-basics](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics);

2 - Você irá visualizar o simulador de acordo com a Figura 1.7, abaixo;

3 - Clique no retângulo cinza com a descrição 

<sup>1</sup> Um *Applet* consiste de um software de pequeno porte que pode ser executado através de navegadores de internet, tais como, Firefox, Internet Explorer ou Chrome, entre outros.

- 4 - Para executar o simulador, é necessário que você tenha em seu computador o programa "JAVA" instalado;
- 5 - Com o simulador aberto na sua tela, inicie clicando em "Estados" e selecione a substância **água** do lado direito da tela;
- 6 - Na parte inferior do vídeo você pode regular a temperatura.



**Figura 1.7:** Animação que ilustra o que acontece com as moléculas que constituem determinado material, quando submetido ao aquecimento ou resfriamento. Este Applet pode ser acessado a partir do Link:

[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/states-of-matter-basics](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics)



**O que ocorre com o nível de agitação das moléculas quando aquecemos a substância? E quando a resfriamos?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Portanto, perceba que uma forma de diferenciar essas duas situações é medindo o grau de agitação das moléculas. Cada partícula constituinte do gás é dotada de energia cinética própria. Quanto maior a agitação térmica, maior será a energia cinética de cada molécula e, conseqüentemente, maior a temperatura. Os estudiosos que inicialmente verificaram esses tipos de fenômenos definiram uma grandeza que está relacionada a esta medida:

#### DEFINIÇÃO CONCEITUAL DE TEMPERATURA

A **Temperatura** de um corpo pode ser definida como sendo a medida do grau de agitação térmica média de suas moléculas. Quanto mais agitadas, maior será sua medida de Temperatura e vice-versa.

Nos gases e nos líquidos as moléculas estão em constante movimento, com sua velocidade média de vibração relacionada à temperatura. Quanto maior a temperatura, maior será essa velocidade média de vibração e, portanto, maior será a energia cinética média das moléculas. Ou seja, podemos dizer que quanto maior o grau de agitação das moléculas de um corpo, maior será sua temperatura e vice-versa. No caso do nosso tato, quando dizemos que um objeto está frio é porque ele possui um nível de



agitação das moléculas menor que o do nosso corpo e dizemos que ele está quente quando possui um nível de agitação das moléculas maior que o do nosso corpo.

É importante salientar que as partículas que compõem os corpos, ao mesmo tempo em que estão vibrando (energia cinética de translação) também estão em constante movimento de rotação. Porém, a temperatura relaciona-se somente com a velocidade de translação das partículas.



### LISTA DE EXERCÍCIOS

1. Numere, do mais frio para o mais quente, as seguintes situações:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| ( ) Cera de vela derretida | ( ) Água da torneira                     |
| ( ) Cubo de gelo           | ( ) Vapor d'água que sai de uma chaleira |
| ( ) Chama de vela          | ( ) Refrigerante gelado                  |

2. Por que você não pode ter certeza se está com febre alta, tocando sua própria testa?

3. Dois corpos feitos de um mesmo material, mas de tamanhos diferentes, têm suas moléculas vibrando com a mesma intensidade. O que se pode dizer sobre suas temperaturas?

## 2 – Dilatação dos Corpos

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Compreender a importância do estudo de dilatação dos corpos;
- ✓ Identificar os diferentes tipos de dilatação;
- ✓ Relacionar os fenômenos de dilatação com os acontecimentos do cotidiano;
- ✓ Calcular a dilatação de sólidos e líquidos.

Além disso, ainda será realizada uma atividade com toda a turma para que possam fazer a “troca de significados” do conteúdo em questão. Uma sugestão é organizar a sala em um grande círculo e provocar os estudantes com o objetivo de colocarem em pauta seus conhecimentos, enriquecendo e valorizando os conceitos com a participação de todos. Os mapas conceituais construídos, individualmente, pelos estudantes poderão auxiliar nesse tipo de atividade.

O professor poderá, ainda, solicitar a participação dos estudantes após cada questionamento respondido no material de forma a externalizarem seus conhecimentos prévios para toda a turma.

### 2.1 – Consequências da Agitação das Moléculas

Uma consequência da mudança do grau de agitação das moléculas é a variação de volume sofrida pelo corpo. Podemos utilizar uma analogia para entender melhor como isso funciona. Em uma festa, quando começa a tocar uma música mais animada, as pessoas ficam mais agitadas balançando mais o corpo e os braços e conseqüentemente precisam de mais espaço. Gases, líquidos e sólidos quando aquecidos aumentam a agitação de suas moléculas e, em geral, também aumentam de tamanho. Este comportamento da matéria nos permite entender como funciona um termômetro com um líquido em um recipiente, tal como aqueles utilizados para verificar se estamos, ou não, com febre.



#### TRABALHANDO COM O PROFESSOR

##### EXPERIMENTO 2: TERMÔMETRO NAS BACIAS

Vamos aproveitar o experimento anterior das três bacias para mostrar o comportamento do líquido do termômetro ao ser colocado em cada uma delas.

- ✓ Coloque ao mesmo tempo um termômetro no interior de cada bacia;
- ✓ Observe o que acontece com o nível do líquido do termômetro em cada caso;
- ✓ Anote no quadro abaixo suas observações.

Escreva suas observações aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Este experimento nos permite verificar que existe uma relação entre o grau de agitação das moléculas e o volume. Para a maioria das substâncias, um aumento de temperatura causa um aumento de volume e vice versa. Assim, é possível compreender também que o termômetro não mede diretamente o nível de agitação das moléculas. Ele possibilita detectar uma variação de volume do líquido no seu interior, devido à mudança no grau de agitação das partículas. Os termômetros mais comuns medem temperatura na escala Celsius, que associa um valor de  $0^{\circ}\text{C}$  à água no ponto de congelamento e associa um valor de  $100^{\circ}\text{C}$  à água no ponto de ebulição. Mais detalhes sobre termômetros e escalas serão discutidos na seção 3 (pág. 33).

### EXPERIMENTO 3: ANEL DE GRAVEZANDE

Este experimento também nos permite verificar a relação entre a variação das dimensões de um corpo e a sua variação de temperatura. Para isso vamos precisar de uma esfera metálica, um anel metálico com um furo cujo diâmetro seja aproximadamente 0,1 mm menor que o diâmetro da esfera, e um Bico de *Bunsen* ou outro dispositivo de aquecimento. O esquema do experimento está mostrado na Figura 2.1 ao lado.



**Figura 2.1:** Equipamento utilizado para demonstrar a dilatação superficial.

- ✓ Primeiramente, tente passar a esfera metálica pelo furo do anel;



**O que você acha que vai acontecer com as dimensões do furo do anel ao ser aquecido? Vai permanecer o mesmo, aumentar ou diminuir?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

- ✓ Em seguida, aqueça o anel por uns 5 minutos e tente novamente fazer com que a esfera ultrapasse o furo. **Tome cuidado nesta etapa para não se queimar, pois o anel metálico estará em alta temperatura!**
- ✓ Anote no quadro abaixo suas observações.

Escreva suas observações aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
--------------------------------	---

Este experimento também nos permite verificar que existe uma relação entre a variação de temperatura e a variação das dimensões do corpo.

Em geral, é difícil perceber a dilatação térmica dos corpos sem o uso de instrumentos ou experimentos tais como estes dois que foram mostrados. No entanto, estes fenômenos estão presentes no nosso

cotidiano e isso explica, por exemplo, a necessidade de utilização das chamadas juntas de dilatação nos três exemplos discutidos inicialmente. No caso das **pontes**, dos **trilhos** das ferrovias e dos **pisos** utilizados em nossas casas, em geral, durante o dia a temperatura é mais alta, fazendo-os aumentar de tamanho e durante a noite a temperatura é mais baixa, fazendo-os diminuir de tamanho. As juntas são responsáveis pela compensação na variação das dimensões sofridas pelos equipamentos e objetos.

Outros exemplos em que a dilatação dos materiais deve ser levada em consideração são em construções que utilizam **vergalhão e concreto** e nas **obturações dentárias**. No caso das construções, na fundação de uma casa, na laje e também nas vigas e colunas, são utilizados vergalhões de ferro e concreto. Após a secagem, esses dois materiais ficam unidos em uma única estrutura conforme Figura 2.2.



Figura 2.2: Junção dos vergalhões de ferro com concreto.



**Devido às variações diárias de temperatura, como devem se comportar os vergalhões e o concreto utilizados nestas estruturas de modo que não sofram trincas e avarias?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Quando o dentista retira uma cárie, um material diferente do osso do dente é posto no lugar. Quando tomamos uma sopa bem quente ou um sorvete bem gelado, tanto o dente quanto o material da obturação sofrem dilatações e contrações, respectivamente.

Este material, conhecido como Amálgama, mostrado na Figura 2.3, é feito de uma liga de mercúrio, prata e estanho, que por ser resistente a oxidação, tem a finalidade de proporcionar a restauração dos dentes. Amálgama é o termo com que se designa todo tipo de liga metálica em que um dos componentes é o mercúrio.



Figura 2.3: A amalgama dentária é utilizada para obturação dos dentes.

Outros materiais também podem ser utilizados para a obturação de um dente como porcelana, liga de ouro e resinas compostas, e assim como a amálgama, devem possuir a mesma variação de dimensões que o osso de um dente, quando sujeitos a uma dada variação de temperatura.



O que você acha que aconteceria com o dente se a amálgama (ou outro material de obturação) sofresse uma dilatação diferente da dilatação do dente, quando sujeita a uma variação de temperatura?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

## 2.2 – Cálculo da Dilatação de um Corpo Sólido

A partir da constatação da variação nas dimensões de um corpo sólido devido a mudança de temperatura, vamos fazer medidas precisas destas variações e buscar uma relação matemática entre estas duas variáveis.



### TRABALHANDO COM O PROFESSOR

#### EXPERIMENTO 4: DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR

Neste procedimento experimental vamos utilizar um tubo metálico à temperatura ambiente e fazer o vapor de água passar por dentro dele. Com o uso de um relógio comparador, que é um instrumento de medida de comprimento de precisão, vamos medir a dilatação sofrida pelo tubo. A montagem experimental está mostrada na Figura 2.4, abaixo.



Figura 2.4: Montagem Experimental.

Poderemos medir a dilatação sofrida por barras metálicas de diferentes materiais e em seguida comparar os valores obtidos. O que você espera encontrar? Para responder a esta pergunta, vamos ao procedimento:

- 1 - Para medir a temperatura inicial  $T_0$  da barra, mergulhe-a em um recipiente com água à temperatura ambiente. Pode ser um tubo de PVC com um tampão em uma das extremidades. Mergulhe a barra metálica no tubo com água, espere 1 minuto para a barra atingir a mesma temperatura da água. Em seguida, meça esta e anote o valor na Tabela 2.1, abaixo.
- 2 - Meça o comprimento inicial  $L_0$  da barra com uma régua ou com uma trena e anote o valor na tabela 2.1;

- 3 - Fixe a barra metálica no suporte do experimento, encoste o relógio comparador na outra extremidade e faça o “zeramento” do mesmo;
- 4 - Engate a mangueira na extremidade do tubo;
- 5 - Utilize o bico de Bunsen (ou equipamento semelhante) para aquecer o balão de destilação e aguarde o vapor d'água sair pela outra extremidade do tubo;
- 6 - Utilizando o relógio comparador, meça a dilatação  $\Delta L$  da barra. Note que cada intervalo entre duas marcações consecutivas no relógio comparador representa um crescimento de 0,01mm;
- 7 - Você verificará, com o termômetro, que a barra vai ficar com a mesma temperatura do vapor d'água, a 100 °C. Neste momento conte quantos intervalos o relógio comparador deslocou e calcule quanto foi a variação do crescimento da barra;
- 8 - Repita os passos anteriores para as outras duas barras e anote todos os dados obtidos na Tabela 2.1.

Barras	Temp. Inicial - $T_i$	Temp. Final - $T_f$	Variação de temperatura - $\Delta T$	Comprimento Inicial - $L_0$	Variação do comprimento - $\Delta L$	Comprimento Final - $L$
1				569 mm		
2				569 mm		
3				569 mm		

**Tabela 2.1:** Dados experimentais utilizados para o cálculo do coeficiente de dilatação térmica linear dos materiais.

Fizemos algumas medidas para as três barras. Em um laboratório com mais recursos, poderíamos efetuar um conjunto de medidas intermediárias da dilatação da barra em função da variação da temperatura. Tais medidas poderiam gerar a seguinte tabela de valores:

Medida	Temperatura (°C)	Dilatação da Barra1: $L_0 = 569 (mm)$	Dilatação da Barra2: $L_0 = 569 (mm)$	Dilatação da Barra3: $L_0 = 569 (mm)$
1	$T_1 = 25$	0,000000	0,000000	0,000000
2	$T_2 = 30$	0,031295	0,048365	0,051210
3	$T_3 = 40$	0,093885	0,145095	0,153630
4	$T_4 = 50$	0,156475	0,241825	0,256050
5	$T_5 = 60$	0,219065	0,338555	0,358470
6	$T_6 = 70$	0,281655	0,435285	0,460890
7	$T_7 = 80$	0,344245	0,532015	0,563310
8	$T_8 = 90$	0,406835	0,628745	0,665730
9	$T_9 = 100$	0,469425	0,725475	0,768150

**Tabela 2.2:** Variação do comprimento da barra de acordo com a variação da temperatura.



**Pelas Tabelas 2.1 e 2.2 podemos perceber que os valores da dilatação são diferentes para cada barra. Porque você acha que isso acontece?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Para auxiliar a resposta a esta pergunta, vamos plotar o gráfico de cada um dos conjuntos de valores da Tabela 2.2, acima. Usando o programa Excel, por exemplo, obtemos:

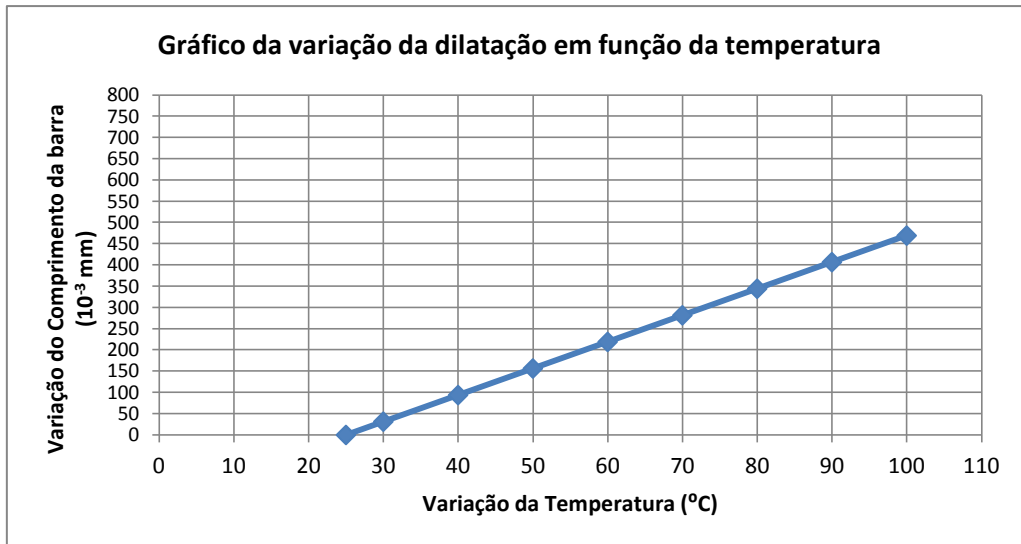


Gráfico 2.1: *Reta característica relacionada ao material da Barra 1.*

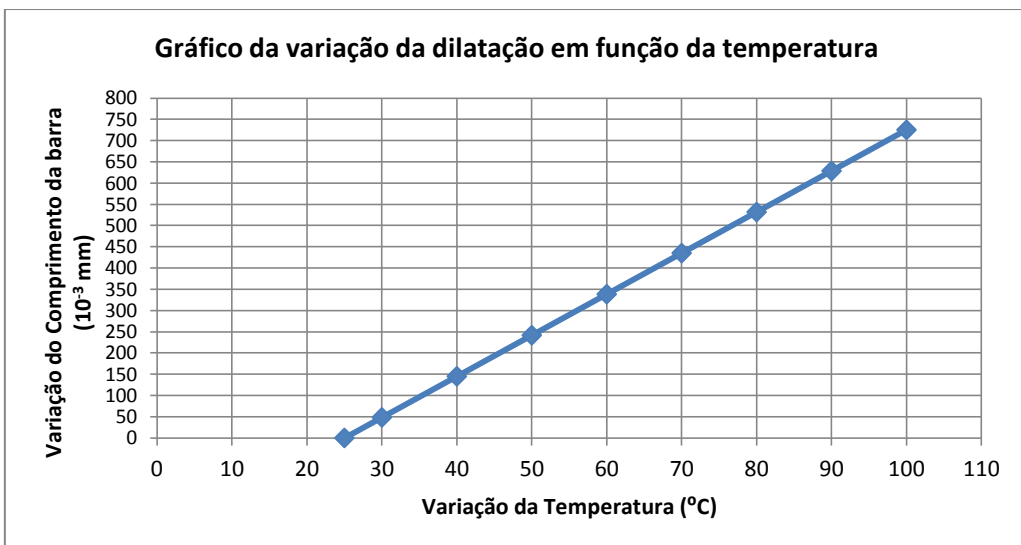


Gráfico 2.2: *reta característica relacionada ao material da Barra 2.*

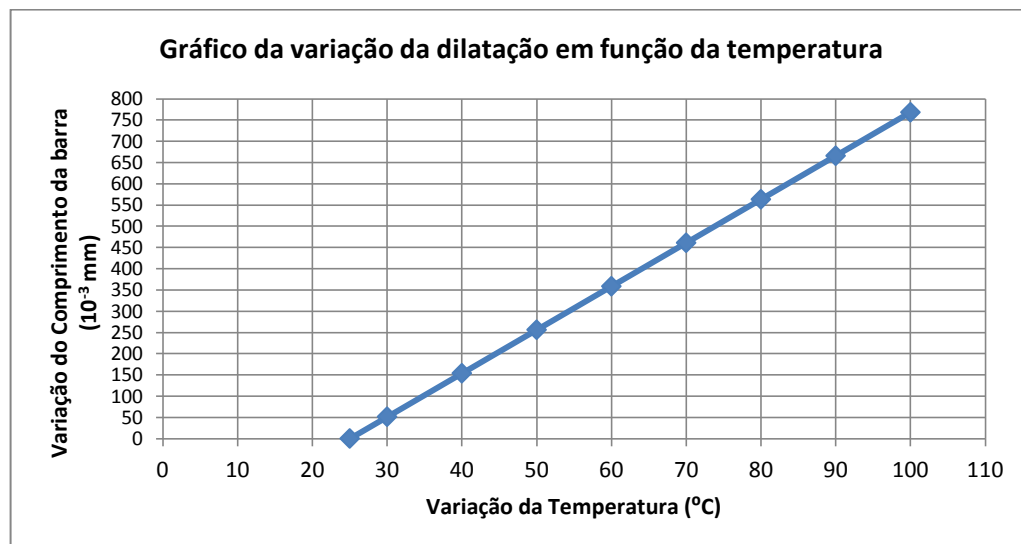


Gráfico 2.3: *reta característica relacionada ao material da Barra 3.*



**Quais as principais diferenças entre eles? Como podemos explicar, matematicamente, estas diferenças?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

O cálculo do coeficiente angular de uma reta é dado pela expressão:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = m$$

No nosso caso, no eixo y estão representados os valores da dilatação  $\Delta L$  da barra e no eixo x estão representados os valores da variação da temperatura  $\Delta T$ . Ou seja:

$$\frac{\Delta L}{\Delta T} = m$$

Vamos agora fazer o cálculo do coeficiente angular de cada um dos gráficos:

**Vamos fazer os cálculos aqui:**

Vamos aplicar a expressão anterior para fazer o cálculo do coeficiente angular da reta de cada gráfico.

Podemos escolher dois intervalos quaisquer para realizar este cálculo. Utilizou-se, aleatoriamente, os intervalos das medidas 2 e 8, ou seja:

$$m = \frac{\Delta L_8 - \Delta L_2}{T_8 - T_2}$$

**Para a Barra 1**

$$m = \frac{0,406835 \cdot 10^{-3} - 0,031295 \cdot 10^{-3}}{90 - 30} = 6,259 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

**Para a Barra 2**

$$m = \frac{0,628745 \cdot 10^{-3} - 0,048365 \cdot 10^{-3}}{90 - 30} = 9,673 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

**Para a Barra 3**

$$m = \frac{0,66573 \cdot 10^{-3} - 0,05121 \cdot 10^{-3}}{90 - 30} = 10,242 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



Como todas as barras possuem o mesmo comprimento inicial, podemos dividir o coeficiente angular da reta por este valor. Dessa forma, o resultado encontrado em cada caso será um número que independe do comprimento inicial das barras.

Vamos fazer os cálculos aqui:

$$\alpha = \frac{m}{L_0}$$

Para a Barra 1

$$\alpha = \frac{6,259 \cdot 10^{-6}}{0,569} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{°C}^{-1}$$

Para a Barra 2

$$\alpha = \frac{9,673 \cdot 10^{-6}}{0,569} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{°C}^{-1}$$

Para a Barra 3

$$\alpha = \frac{10,242 \cdot 10^{-6}}{0,569} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{°C}^{-1}$$

Portanto, os valores encontrados devem estar relacionados somente às propriedades de dilatação de cada material o qual cada barra é constituída. Este número é chamado de **coeficiente de dilatação linear** do material.

#### DEFINIÇÃO DE COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR DE UM CORPO

O coeficiente de dilatação linear nos diz quanto varia o comprimento linear de um corpo de 1 metro, quando ele é submetido a uma variação de temperatura de 1 °C.

Usaremos a letra  $\alpha$  (*alfa*) para indicar este coeficiente.

Este resultado indica que a dilatação sofrida por um corpo, quando sua temperatura é aumentada, depende do seu coeficiente de dilatação. A tabela abaixo apresenta o coeficiente de dilatação linear de alguns materiais:

SUBSTÂNCIA	$\alpha$ ( $10^{-5} \text{°C}^{-1}$ )	SUBSTÂNCIA	$\alpha$ ( $10^{-5} \text{°C}^{-1}$ )
Aço	1,1	Ouro	1,5
Alumínio	2,3	Porcelana	0,3
Chumbo	2,8	Prata	1,9
Cobre	1,7	Vidro Comum	0,9
Latão	1,8	Vidro Pirex	0,32
Mercúrio	6,1	Zinco	2,6
Ferro	1,2	Platina	0,9
Concreto	1,2	Amalgama (platina)	2,7

Tabela 2.3: Coeficiente de dilatação linear de alguns materiais



Com base na definição de Coeficiente de Dilatação Linear, nos três valores calculados anteriormente e comparados com os valores da Tabela 2.3, diga de que material cada barra é constituída?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R 2.1** Um fio de cobre de 10 m dilata 0,2 mm quando sujeito a certa variação de temperatura. Se outro fio do mesmo material, mas de 30 m, sofrer a mesma variação de temperatura, qual será sua dilatação?

**RESPOSTA:**

Como a dilatação é diretamente proporcional ao comprimento inicial, um fio de comprimento inicial três vezes maior sofrerá uma dilatação três vezes maior, ou seja, 0,6 mm.

**R 2.2** Certa barra metálica dilata 0,5 mm quando sujeita a uma variação de 300 °C em sua temperatura. Quantos milímetros ela deverá dilatar se for exposta a uma variação de 600 °C?

**RESPOSTA:**

Como a dilatação é proporcional à variação de temperatura, ao ser dobrada na segunda situação, a dilatação da barra também será dobrada: 1,0 mm.

Qual é o significado prático do coeficiente de dilatação linear?

Por exemplo, para o ferro, ocorre uma dilatação de 0,000012 m para cada m de comprimento da barra a cada 1°C de variação de temperatura.

Ou seja, quanto maior o comprimento do material, maior será sua dilatação. Ao investigar a variação da dilatação em função da variação da temperatura, encontramos a relação:

$$\frac{\Delta L}{\Delta T} = m$$

Em seguida, o resultado foi dividido pelo comprimento inicial de cada barra de modo que o número resultante depende somente do material da barra. Matematicamente, temos:

$$\left( \frac{\Delta L}{\Delta T} \right) \frac{1}{L_0} = \frac{m}{L_0} = \alpha$$

Ou ainda,

$$\frac{\Delta L}{\Delta T} = L_0 \alpha$$

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \rightarrow \Delta L = L_0 \alpha (T - T_0)$$

Onde

$\Delta L$  é a variação do comprimento;

$L_0$  é o comprimento inicial;

$T_0$  é a temperatura inicial;

$T$  é a temperatura final;

$\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear do material que forma o sólido.

Portanto, esta expressão serve para calcular a variação no comprimento da barra  $\Delta L$  em função do comprimento inicial da barra  $L_0$ , da diferença de temperatura  $\Delta T$  a que o material foi submetido e do coeficiente de dilatação linear  $\alpha$ .



### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R 2.3** Considerando que a distância entre os dois pilares do vão central da Terceira Ponte que liga as cidades de Vitória e Vila Velha é de 260 metros e que ele foi construído com uma peça metálica inteira, qual é a variação do comprimento desta peça em um dia em que a temperatura pela manhã é de 20°C e ao meio dia é de 35°C? Considere  $\alpha_{Ferro} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

**RESOLUÇÃO:**

$$\Delta L = L_0 \alpha (T - T_0)$$

$$\Delta L = 260 \cdot 0,000012 \cdot (35 - 20)$$

$$\Delta L = 0,0468$$

$$\Delta L = 4,68 \text{ cm}$$

Com o resultado do cálculo observa-se que é indispensável a presença das juntas de dilatação em estruturas como a 3ª Ponte. Neste caso, ela possui um pequeno vão livre entre as junções das peças, onde pode deslizar livremente no caso de uma variação de temperatura, evitando trincas e danos à sua estrutura.

**R 2.4** Para ter uma ideia de quanto se dilata um fio metálico, observe o gráfico abaixo, que ilustra a dilatação após uma variação de 80 °C em sua temperatura. Qual o coeficiente de dilatação linear? De que material é feito o fio?

**RESOLUÇÃO:**

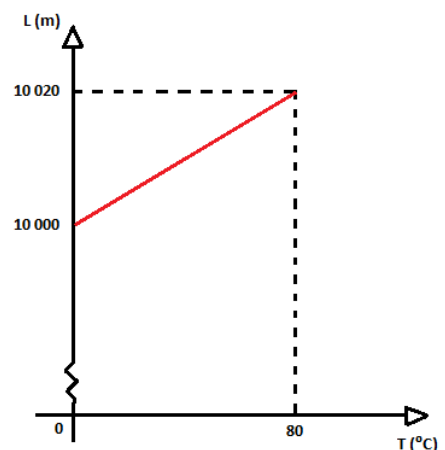
Do gráfico temos:

$$L_0 = 10000 \text{ m}; \Delta L = 20 \text{ m e } \Delta T = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Pela expressão da dilatação linear, obtemos:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

$$\alpha = \frac{20}{10000 \cdot 80} \rightarrow \frac{20}{8 \cdot 10^5} \rightarrow 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$



Consultando a tabela 2.3, o valor obtido nos leva à conclusão de que o fio pode ser feito de zinco.

**R 2.5** Uma barra de ferro ( $\alpha_{Fe} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) mede 4,0 m a 0  $^\circ\text{C}$ . Nessa mesma temperatura outra barra metálica mede 4,4 m. Sabe-se que, ao serem igualmente aquecidas, essas barras mantêm constante 0,05 m a diferença entre seus comprimentos. Qual será o valor do coeficiente de dilatação linear da segunda barra?

**RESOLUÇÃO:**

Vamos nos lembrar de que, se as barras mantêm constante a diferença entre seus comprimentos, é porque suas dilatações são iguais:  $\Delta L_{Fe} = \Delta L_x$ , em que x é a barra cujo coeficiente de dilatação linear queremos determinar. Usando a expressão da dilatação linear, temos:

$$\Delta L_{Fe} = \Delta L_x \rightarrow L_{0Fe} \alpha_{Fe} \Delta T = L_{0x} \alpha_x \Delta T$$

Cancelando os termos comuns, obtemos:

$$4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 4,4 \alpha_x$$

$$\alpha_x = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Analisando a tabela 2.3, o resultado nos leva à conclusão de que o material da barra X é o aço.

---

Salvo algumas exceções, os corpos, quer sejam sólidos, líquidos ou gasosos, dilatam-se quando sua temperatura aumenta. De acordo com as dimensões do corpo e também com sua forma geométrica, esta dilatação pode ser classificada de três maneiras: **Dilatação Linear**, **Dilatação Superficial** e **Dilatação Volumétrica**. Vamos discutir cada uma delas com mais detalhes.

### 2.2.1 Dilatação Linear

Tomando-se uma barra a uma determinada temperatura e aquecendo-a, haverá um aumento em todas as suas dimensões lineares, isto é, aumentarão o seu comprimento, a sua altura e sua largura. Porém, o estudo da dilatação linear leva em consideração somente uma destas três dimensões e seu cálculo é realizado através da expressão já vista anteriormente, como segue:

$$\Delta L = L_0 \alpha (T - T_0)$$

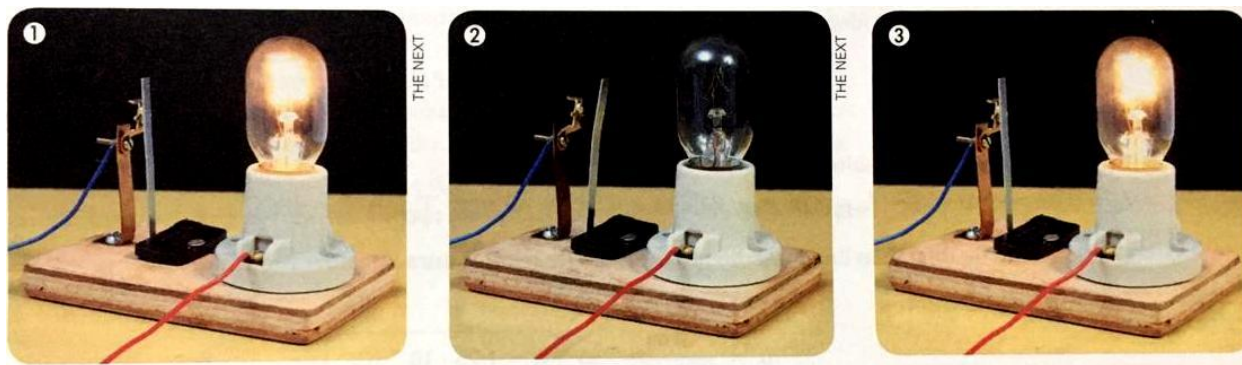
Geralmente estes cálculos são realizados quando pudermos desprezar algumas dimensões do objeto, como por exemplo, uma haste metálica fina e o trilho do trem.

#### 2.2.1.1 Lâmina Bimetálica

A lâmina bimetálica é um dispositivo constituído por duas tiras justapostas e bem aderidas, produzidas com diferentes coeficientes de dilatação. Ao serem submetidas ao aquecimento, elas se dilatam encurvando para o lado da tira de menor coeficiente de dilatação. Aplicações práticas comuns deste tipo de dispositivo podem ser encontradas, por exemplo, no ferro elétrico, disjuntores, tostadores e outros eletrodomésticos. Através da Figura 2.5, abaixo, vamos verificar como acontece o fenômeno descrito acima.

A lâmina bimetálica funciona como um interruptor. Do lado esquerdo, a figura mostra que o circuito encontra-se fechado, com a lâmpada acesa. Nesse caso, com a passagem de corrente elétrica pela lâmina, ela aquece e dilata, encurvando lateralmente e abrindo o circuito, conforme é mostrado na

parte central da figura. Com o circuito aberto e a lâmpada desligada, a lâmina volta a se resfriar e reestabelecer a sua posição anterior, contraindo-se até encostar novamente no contato e fechar o circuito novamente, conforme lado direito da figura.



**Figura 2.5:** Demonstração do funcionamento de uma lâmina bimetálica.

### 2.2.2 Dilatação Superficial

Neste caso podemos analisar objetos que se expandem em duas dimensões, como uma placa ou o piso da sua casa, onde serão consideradas sua altura e seu comprimento. Observe a Figura 2.6, ao lado, e verifique que ela possui uma área  $S_0$  inicial e após sofrer um aumento de temperatura ela expande.



**Figura 2.6:** Dilatação Superficial.

Matematicamente podemos calcular o aumento da área de um objeto de acordo com a expressão abaixo:

$$\Delta S = S_0 \beta (T - T_0)$$

Onde  $S_0$  é a área inicial do objeto,  $\Delta S$  é a variação da área,  $\beta$  é o coeficiente de dilatação superficial do material,  $T_0$  é a temperatura inicial e  $T$  é a temperatura final. Neste caso o objeto dilata-se em duas dimensões e pode ser mostrado que o coeficiente de dilatação superficial  $\beta = 2\alpha$ , ou seja, ele pode ser obtido multiplicando-se o coeficiente de dilatação linear do material da placa por 2.



### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R 2.6** Em uma residência pretende-se colocar pisos de porcelana com medidas 50 x 50 cm (valores medidos em um dia de temperatura igual a 20 °C). Em um cômodo com um pouco mais de 7 x 6 m pretende-se instalar esse material. Qual seria o espaçamento mínimo que deve ser deixado entre duas placas para impedir que eles se quebrem ou estufem, considerando que a temperatura pode chegar a 45 °C em um dia de Sol a pino? Se os pisos fossem colocados justapostos, qual seria a variação final da área do cômodo? Considere  $\alpha_{\text{porc}} = 0,3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

#### RESOLUÇÃO:

Para o espaçamento mínimo entre duas peças utiliza-se a equação da dilatação linear

$$\Delta L = L_0 \alpha (T - T_0) \rightarrow \Delta L = 0,5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-5} \cdot (45 - 20) \rightarrow \Delta L = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

A variação total da área do cômodo, no caso dos pisos serem colocados justapostos, será:

$$\Delta S = S_0 \beta (T - T_0) \rightarrow \Delta S = (7 \cdot 6) \cdot (2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-5}) \cdot (45 - 20) \rightarrow \Delta S = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

### 2.2.3 Dilatação Volumétrica

Praticamente todas as substâncias, sejam elas sólidas, líquidas ou gasosas, dilatam-se quando aumentamos sua temperatura, embora a dilatação não seja notada a olho nu. A dilatação volumétrica, por sua vez, é aquela em que predomina a variação em três dimensões, ou seja, a variação do volume do corpo.



Figura 2.7: Dilatação Volumétrica.

Nesse tipo de dilatação podemos dizer que o corpo sofre variação de tamanho em todas as dimensões (comprimento, largura e altura), como mostra a Figura 2.7, acima.

A medida de volume de líquidos e gases só pode ser feita quando estes se encontram acondicionados em um recipiente. Assim, o cálculo da dilatação destas substâncias sempre é o volumétrico, uma vez que elas se expandem sempre em todas as direções. Ou seja, não podemos desprezar os aumentos em qualquer dimensão. Para o cálculo da dilatação volumétrica, temos a seguinte expressão:

$$\Delta V = V_0 \gamma (T - T_0)$$

Onde  $V_0$  é o volume inicial da substância/objeto,  $\Delta V$  é a variação do volume,  $\gamma$  é o coeficiente de dilatação volumétrico da substância/objeto,  $T_0$  é a temperatura inicial e  $T$  é a temperatura final. No caso da dilatação em três dimensões, pode ser mostrado que o coeficiente de dilatação volumétrica  $\gamma = 3\alpha$ , ou seja, ele pode ser obtido multiplicando-se o coeficiente de dilatação linear do material da substância por 3.

### 2.2.4 Dilatação dos Líquidos

Os líquidos, assim como os sólidos, também se dilatam. Porém, não tem sentido o estudo da dilatação linear ou superficial de um líquido, mas somente de sua dilatação volumétrica. Isso ocorre, pois os fluidos sempre assumem o formato do recipiente em que se encontram. Assim, em um fluido só faz sentido o cálculo de sua dilatação volumétrica.

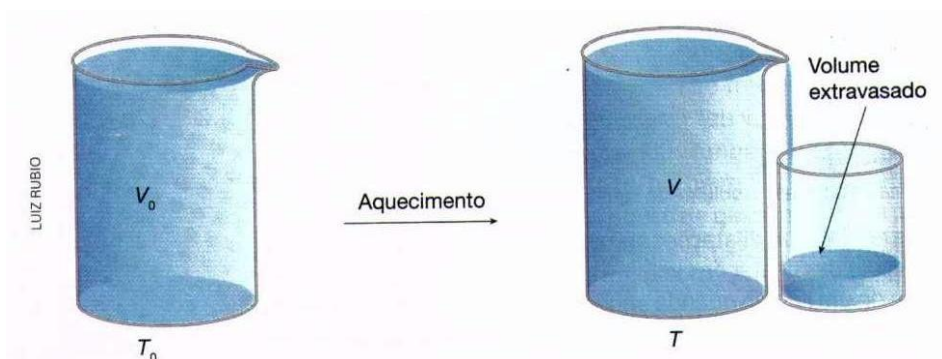
No entanto, o cálculo da dilatação de líquidos e gases demanda um cuidado adicional, uma vez que o recipiente onde eles se encontram também se dilata. Ao aquecermos um líquido, ilustrado na Figura 2.8 abaixo, todo o conjunto recipiente-líquido se dilata. Ou seja, a capacidade do recipiente aumenta, uma parte dilatada do líquido permanece no interior do recipiente para preencher o espaço adicional devido à expansão do recipiente e outra parte extravasa. O volume extravasado é a dilatação aparente do líquido, ou seja, como dificilmente se enxerga a dilatação de pequenas quantidades de uma substância, o observador poderá acreditar que o volume extravasado é a dilatação real do líquido. Com isso, conclui-se que a dilatação real é maior que a dilatação aparente do líquido e podemos relacioná-las, conforme abaixo.

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{ap}} + \Delta V_{\text{rec}}$$

Onde:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \gamma_{\text{ap}} (T - T_0)$$

$$\Delta V_{\text{rec}} = V_0 \gamma_{\text{rec}} (T - T_0)$$



**Figura 2.8:** O líquido contido em um recipiente inteiramente preenchido extravasa ao sofrer aquecimento. O líquido recolhido no frasco menor **aparenta** corresponder a toda a dilatação do líquido.

Podemos relacionar os coeficientes de dilatação real e aparente do líquido com o coeficiente de dilatação do recipiente:

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{rec}}$$

Conclui-se que o coeficiente de dilatação aparente depende da natureza do líquido e do material que constitui o recipiente que o contém.



### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R 2.7** (Ramalho, et al - 2007) Um recipiente de vidro de coeficiente de dilatação linear médio  $9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  tem volume de  $100 \text{ cm}^3$  a  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , estando completamente cheio com um líquido. Ao ser aquecido até  $200 \text{ } ^\circ\text{C}$ , extravasam  $5 \text{ cm}^3$  de líquido. Determine:

- o coeficiente de dilatação aparente do líquido;
- o coeficiente de dilatação real do líquido.

#### RESOLUÇÃO:

a) o extravasamento mede a dilatação aparente do líquido:  $\Delta V_{\text{ap.}} = 5 \text{ cm}^3$

Temos ainda:  $V_0 = 100 \text{ cm}^3$ ;  $\Delta T = 200 \text{ } ^\circ\text{C} - 0 \text{ } ^\circ\text{C} = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$

Da fórmula  $\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \gamma_{\text{ap}} \Delta T$ , obtemos:

$$\gamma_{\text{ap}} = \frac{\Delta V_{\text{ap}}}{V_0 \Delta T} = \frac{5}{100 \cdot 200} = \frac{2,5}{10000} = 2,5 \cdot 10^{-4} \rightarrow \gamma_{\text{ap}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

b) O coeficiente de dilatação real  $\gamma$  é dado pela soma:  $\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{rec}}$

O coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente é o triplo do coeficiente de dilatação linear:

$$\gamma_{\text{rec}} = 3\alpha_{\text{rec}} = 3 \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 27 \cdot 10^{-6} \rightarrow \gamma_{\text{rec}} = 0,27 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{Somando: } \gamma = (2,5 \cdot 10^{-4}) + (0,27 \cdot 10^{-4}) \rightarrow \gamma = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

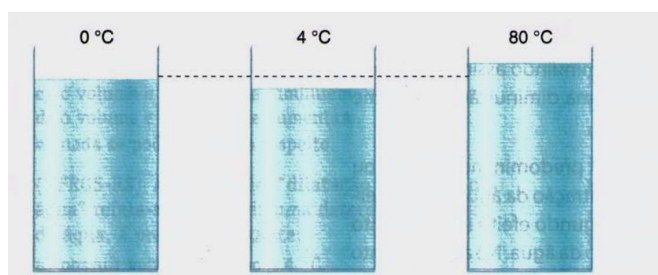
## 2.3 – Comportamento Anômalo da Água



Você saberia responder o motivo pelo qual um lago congela apenas na superfície?

Escreva sua resposta aqui.

Estudos sobre a dilatação da água constataram que ela apresenta um comportamento anômalo quando aquecida de 0 a 4°C. Em outras palavras, neste intervalo de temperatura a água se contrai e depois volta a se dilatar, com consequências muito importantes na natureza tendo em vista sua abundância em nosso planeta. O que acontece está esquematicamente ilustrado na Figura 2.9 abaixo:



**Figura 2.9:** Representação do comportamento anômalo da água no aquecimento de 0 a 4 °C e depois até 80 °C, considerando que o recipiente que contém a água não se dilata neste intervalo de temperatura.

Vamos entender porque isso acontece. A explicação está na existência de um tipo especial de ligação entre as moléculas de água, que são as chamadas **pontes de hidrogênio**. A Figura 2.10, abaixo, ilustra estas ligações. As moléculas de água no estado sólido (gelo) encontram-se dispostas simetricamente em uma estrutura em que as pontes de hidrogênio formam uma malha. O átomo de oxigênio de cada molécula de água está rodeado de átomos de hidrogênio de outras moléculas numa disposição tetraédrica (ou seja, os hidrogênios estão localizados nos vértices de uma pirâmide triangular e o oxigênio está no centro desta pirâmide conforme está ilustrado na Figura 2.11), de tal modo que os átomos de oxigênio formam anéis de 6 membros. Esta estrutura é chamada **aberta**, pois o espaço dentro de cada anel é suficiente para acomodar outra molécula de água, conforme mostrado na Figura 2.10. No estado líquido as pontes de hidrogênio quebram-se e formam-se continuamente por rotação e vibração das moléculas de água, o que causa ruptura e reestruturação da malha com uma grande rapidez, talvez bilhões de vezes por segundo. A grande quantidade de pontes de hidrogênio presentes na água no estado líquido é responsável pelas características únicas e biologicamente importantes da água (Kramer & Boyer, 1995).



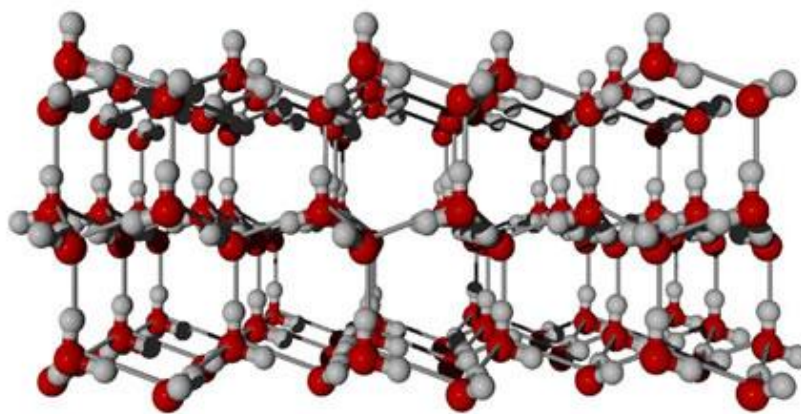


Figura 2.10: Formação das Pontes de Hidrogênio

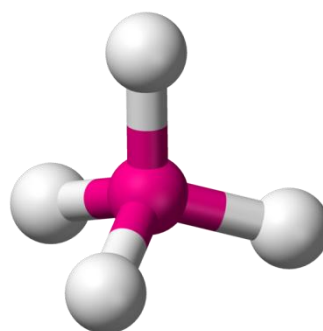


Figura 2.11: Geometria Tetraédrica

Essa ligação é de natureza elétrica e ocorre entre átomos de hidrogênio de moléculas diferentes. As pontes de hidrogênio estabelecem-se porque as moléculas de água são polares, isto é, cada uma delas possui uma parte com polaridade elétrica positiva e outra com polaridade negativa, portanto, atraem-se, uma vez que cargas de sinais opostos se atraem, enquanto cargas de sinais iguais se repelem. Portanto, quando a temperatura de certa quantidade de água aumenta a partir de 0 °C, ocorrem dois efeitos que se opõem quanto à sua manifestação macroscópica:

- ✓ a maior agitação térmica molecular produz um aumento na distância média entre as moléculas, o que se traduz por um aumento de volume.
- ✓ as pontes de hidrogênio se rompem, e em razão desse rompimento, na nova situação de equilíbrio, as moléculas se aproximam umas das outras, o que se traduz por uma diminuição do volume.

Ambos os efeitos estão sempre ocorrendo. A predominância de um ou outro efeito é que vai acarretar na dilatação ou contração da água. Daí podemos concluir que, de 0 °C a 4 °C, predomina o segundo efeito, que é o rompimento das pontes de hidrogênio, acarretando a contração da água. No aquecimento acima de 4 °C o efeito predominante passa a ser o primeiro, aumentando a distância entre as moléculas e provocando a dilatação.

Esse comportamento anômalo da água permite a existência de vida marinha nas regiões onde o inverno é extremamente rigoroso. Tal fenômeno permite que os lagos tenham suas superfícies congeladas, porém, a água no fundo permanece no estado líquido, com temperaturas entre 0 °C e 4 °C.



**Você saberia responder o motivo pelo qual um lago congela apenas na superfície?**

Escreva sua resposta aqui.

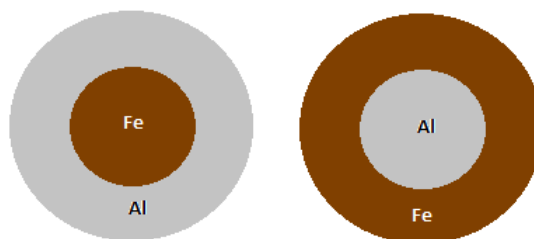
Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



### LISTA DE EXERCÍCIOS

1. O que dilata mais: 1m de fio de cobre ou 1 m de fio de alumínio? (Consulte a tabela 2.3 na pág. 21)
2. Um fio de cobre de 10m dilata 0,2mm quando sujeito a certa variação de temperatura. Se outro fio do mesmo cobre, mas de 30m, sofrer a mesma variação de temperatura, qual será sua dilatação?
3. Um encanamento de cobre, de 15m de comprimento, é utilizado para levar água quente do pavimento térreo para o quinto andar de um edifício. Se a temperatura da água variar de 20 °C para 80 °C, qual será a dilatação ocorrida nesse encanamento? Isso pode causar algum dano na construção local, onde o cano foi instalado?
4. No verão, o trilho de trem de certa estrada de ferro sofre uma dilatação de 5mm quando a temperatura varia de 15 °C para 25 °C, da noite para o dia. No outono, a temperatura varia de 5 °C para 30 °C.
  - a) Qual a dilatação desse mesmo trilho durante o outono?
  - b) No caso de Cachoeiro de Itapemirim, onde a temperatura já marcou cerca de 44 °C, qual seria a variação do comprimento do trilho se de noite os termômetros marcassem 23 °C e durante o dia marcassem 44 °C?
5. Uma esfera metálica pode atravessar um orifício circular em uma chapa metálica. Se aumentarmos a temperatura da esfera, todavia, ela não pode mais atravessar o orifício. Discuta o que acontece se aumentarmos a temperatura da chapa metálica e não a temperatura da esfera.
6. Um revestimento (piso) de calçada possui dimensões de 80x80 cm. O pedreiro deve assentar os pisos de forma que eles não se quebrem (ou estufem) devido a dilatação ocorrida por causa do aumento da temperatura. Sabe-se que o piso é feito de porcelana, e que ele deseja trabalhar de noite, onde a temperatura é cerca de 22 °C. Qual seria a distância mínima entre os pisos que ele deveria assentar de forma que eles não se encostem? A temperatura diurna máxima pode chegar a 45 °C. (Consulte a tabela 2.3)
7. O raio de uma esfera feita de liga de aço mede 4,0cm a 10 °C. Determine a dilatação térmica volumétrica sofrida por essa esfera se sua temperatura for elevada para 260 °C.

8. (UECE 2010) Um ferreiro deseja colocar um anel de aço ao redor de uma roda de madeira de 1,200 m de diâmetro. O diâmetro interno do anel de aço é 1,198 m. Ambos estão inicialmente à temperatura ambiente de 28 °C. A que temperatura é necessário aquecer o anel de aço para que ele encaixe exatamente na roda de madeira?  
(OBS.: Use  $\alpha = 1,1 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  para o aço).  
a) 180 °C.    b) 190 °C.    c) 290 °C.    d) 480 °C.
9. Podemos perceber que os cabos de alta tensão (aqueles que estão ligados entre os postes) não estão totalmente esticados. Se fossem esticados ao extremo teríamos uma grande economia de fio. Entretanto, eles são colocados, propositalmente, encurvados para baixo (fazendo uma “barriga”). Você sabe explicar o motivo pelo qual eles são instalados desta maneira?
10. Você já deve ter visto um copo se quebrar quando se coloca nele um líquido muito quente. Por que isso é mais difícil de acontecer em um vidro refratário, tipo pirex? Sugestão: Compare o coeficiente de dilatação linear dos dois tipos de vidros. (Consulte a Tabela 2.3)
11. É comum um copo ficar preso dentro de outro. Discuta o que você poderia fazer para soltá-los.
12. Um frasco de vidro ( $\alpha_{vi} = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ), com capacidade para 500 ml a 20 °C, é completamente preenchido com um líquido de coeficiente de dilatação volumétrica  $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Determine o volume de líquido que extravasa quando o conjunto é aquecido a 120 °C.
13. Um tubo de ensaio de vidro ( $\alpha_{vi} = 0,9 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ), com capacidade de 100 ml a certa temperatura inicial, é preenchido com mercúrio ( $\gamma_{Hg} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) nessa temperatura até determinado nível. Observa-se que o volume da parte vazia não se altera quando é alterada a temperatura do conjunto. Determine volume inicial do mercúrio nessas condições.
14. (UFMG) O coeficiente de dilatação térmica do alumínio (Al) é, aproximadamente, duas vezes o coeficiente de dilatação térmica do ferro (Fe). A figura mostra duas peças onde um anel feito de um desses metais envolve um disco feito do outro. À temperatura ambiente, os discos estão presos aos anéis.



Se as duas peças forem aquecidas uniformemente, é correto afirmar que:

- a) apenas o disco de Al se soltará do anel de Fe;  
b) apenas o disco de Fe se soltará do anel de Al;  
c) os dois discos se soltarão dos respectivos anéis;  
d) os discos não se soltarão dos anéis.
15. (UNIC –MT) Uma chapa de alumínio tem um furo central de 100cm de raio, estando numa temperatura de 12°C.



Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear do alumínio equivale a  $22 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , a nova área do furo, quando a chapa for aquecida até  $122^\circ\text{C}$ , será equivalente a qual valor, em metros?

16. (UFES) Uma placa metálica tem a sua temperatura elevada uniformemente de  $20^\circ\text{C}$  para  $30^\circ\text{C}$ . No final do processo, verifica-se que a razão entre as áreas final  $A_f$  e inicial  $A_i$  é  $A_f/A_i = 1,001$ ; Com esses dados podemos afirmar que o coeficiente de dilatação linear do material da placa, em  $^\circ\text{C}^{-1}$ , é:
- a)  $1 \cdot 10^{-5}$                       b)  $2 \cdot 10^{-5}$                       c)  $3 \cdot 10^{-5}$                       d)  $4 \cdot 10^{-5}$                       e)  $5 \cdot 10^{-5}$

17. (Mack – SP) Ao ser submetida a um aquecimento uniforme, uma haste metálica que se encontrava inicialmente a  $0^\circ\text{C}$  sofre uma dilatação linear de  $0,1\%$  em relação ao seu comprimento inicial. Se considerássemos o aquecimento de um bloco constituído do mesmo material da haste, ao sofrer a mesma variação de temperatura a partir de  $0^\circ\text{C}$ , a dilatação volumétrica do bloco em relação ao seu volume inicial seria de:
- a)  $0,33\%$                       b)  $0,3\%$                       c)  $0,1\%$                       d)  $0,033\%$                       e)  $0,01\%$

18. (UFBA 2010) Houve apenas um jogo do basquetebol de alta tecnologia. A ideia, que parecia promissora e que exigiu enormes investimentos, foi logo abandonada. Superatletas foram criados utilizando técnicas de melhoramentos genéticos em células embrionárias dos melhores jogadores e jogadoras de todos os tempos. A bola, confeccionada com um material isolante térmico de altíssima qualidade, era uma esfera perfeita. Os aros das cestas, círculos perfeitos, foram feitos de uma liga metálica, resultado de longa pesquisa de novos materiais.

O ginásio de esportes foi reformulado para o evento, com um sistema de climatização ambiental para assegurar que a temperatura se mantivesse constante em  $20^\circ\text{C}$ . A plateia era majoritariamente composta por torcedores do time local, entre os quais foram reconhecidos cientistas premiados e representantes de empresas de alta tecnologia.

O jogo estava nos cinco minutos finais empatado. Aconteceu, então, um grande movimento na plateia. De um lado, os torcedores pedem alimentos e bebidas quentes e iluminam a cesta com lanternas infravermelhas. Do outro, da cesta do time local, todos querem sorvetes e bebidas geladas. Usou-se de todos os meios possíveis, inclusive alterando o sistema de climatização, para aquecer a região em torno da cesta do time visitante e esfriar a do time local. Dois torcedores, representantes da tecnociência, colocados atrás das cestas conversavam ao telefone: — Aqui está  $19^\circ\text{C}$  e aí? — Aqui está  $21^\circ\text{C}$ , vencemos! Terminado o jogo, o técnico do time visitante desabafou: — Sujaram um bom jogo e mataram uma boa ideia.

Explique, qualitativa e quantitativamente, por que os dois torcedores tinham certeza de ter vencido e comente as opiniões do técnico visitante, considerando que o diâmetro da bola e dos aros são iguais, respectivamente, a  $230,0 \text{ mm}$  e a  $230,1 \text{ mm}$  e que o coeficiente de dilatação linear dos aros é  $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

### 3 – Escalas Termométricas

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Compreender as equações de conversão das escalas termométricas;
- ✓ Aplicar as equações para a conversão de temperatura nas diferentes escalas.

Além disso, ainda será realizada uma atividade com toda a turma para que possam fazer a “troca de significados” do conteúdo em questão. Uma sugestão é organizar a sala em um grande círculo e provocar os estudantes com o objetivo de colocarem em pauta seus conhecimentos, enriquecendo e valorizando os conceitos com a participação de todos. Os mapas conceituais construídos, individualmente, pelos estudantes poderão auxiliar nesse tipo de atividade.

O professor poderá, ainda, solicitar a participação dos estudantes após cada questionamento respondido no material de forma a externalizarem seus conhecimentos prévios para toda a turma.

---

Inúmeras grandezas físicas variam com a temperatura e possibilitam a sua medida. Dentre elas, destacamos:

- As dimensões de um corpo, como o comprimento de uma barra ou o volume de um líquido;
- O volume de um gás, mantido a pressão constante;
- A pressão de um gás, mantido a volume constante;
- A resistência elétrica de condutores metálicos;
- O brilho e a cor de um filamento aquecido.

Uma forma de quantificar a temperatura de um corpo consiste em utilizar um instrumento chamado termômetro. As variações das grandezas citadas acima permitem a construção de diferentes tipos desse aparelho. O princípio de funcionamento destes baseia-se na associação da variação dessas grandezas em função da variação da temperatura ao qual ele foi submetido. O termômetro mais comum é como o da Figura 3.1, ao lado. Nele, utiliza-se um líquido, comumente mercúrio, que modifica seu volume quando ele é posto em contato com um corpo em uma temperatura diferente daquele em que ele se encontra. O mercúrio fica armazenado em um bulbo de vidro de paredes finas, conectado a um tubo capilar graduado de vidro. Se o bulbo do termômetro for colocado em contato com o corpo a uma temperatura mais alta, as moléculas de mercúrio aumentam sua agitação fazendo com que este se dilate, preenchendo o tubo capilar. Para cada altura atingida pelo mercúrio está associado um valor numérico de temperatura. A escala de cada termômetro corresponde a este valor da altura atingida pelo mercúrio dentro do tubo capilar.



**Figura 3.1:** Termômetro de Mercúrio

Existem também termômetros específicos, construídos para finalidades especiais, como os termômetros clínicos.

Para a construção de um termômetro, faz-se necessário um padrão de referência, de modo a estabelecer a temperatura em função da altura do nível do mercúrio. Um padrão muito utilizado é o da água no ponto de fervura e o da água no ponto de congelamento. O primeiro a construir um termômetro baseado neste padrão foi o astrônomo e físico sueco Anders Celsius (1701-1744). Em Condições Normais de Temperatura e Pressão<sup>2</sup> (CNTP), quando o bulbo do termômetro foi colocado na água no ponto de congelamento, ele atribuiu a temperatura de 0°C e quando o bulbo do termômetro foi colocado na água no ponto de fervura, ele atribuiu a temperatura 100°C. Assim, podemos fazer marcas no termômetro nessas duas temperaturas e depois dividir o resto da escala. É preciso se certificar de que o líquido utilizado varia linearmente seu volume com o aumento da temperatura entre 0 °C e 100 °C, como ocorre com o mercúrio.

Outros cientistas utilizaram outros padrões para a construção de termômetros, de modo que existem vários tipos de escalas utilizadas ao redor do mundo. As principais são a Celsius, Fahrenheit e Kelvin. A escala Fahrenheit é muito utilizada, principalmente nos países de língua inglesa e foi criada em 1708 pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), tendo como referência a temperatura de uma mistura de gelo e cloreto de amônia (0°F) e a temperatura média do corpo humano (100°F). Uma comparação de medida de temperaturas com termômetros graduados nas duas escalas apresenta a seguinte relação:

$$0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F}$$

$$100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$$

Diferente da maioria das escalas propostas, a escala Kelvin é resultado de experimentos realizados com gases. Esta escala também é conhecida como escala absoluta. O físico inglês William Thompson (1824-1907), também conhecido como Lorde Kelvin devido ao título de nobreza que recebeu em 1892 da Rainha Vitória, tomou como referência a temperatura do menor estado de agitação de qualquer molécula (0 K, lê-se “zero Kelvin”), ou seja, é quando a molécula constituinte do material/substância, **em tese**, não possui agitação alguma. A intenção de Kelvin com a proposta de sua escala foi buscar um sentido físico para o valor de referência para a temperatura e não fazer uma escolha arbitrária como era feito anteriormente. Experimentalmente, Kelvin verificou que a pressão de um gás rarefeito diminuía 1/273,15 do seu valor inicial, quando resfriado a volume constante, de 0°C para -1°C. Por extrapolação ele concluiu que, se o gás não mudasse de estado, sua pressão seria nula na temperatura de - 273,15 °C. A esse estado térmico, em que se anulava a pressão do gás, foi dado o nome de *zero absoluto*, que é o limite inferior de temperatura.

Porém, esta definição é puramente em termos de conceitos macroscópicos. Nenhuma referência é feita a moléculas ou energia molecular. Percebeu-se, através de experimentos poderosos, que à medida que se aproxima do zero absoluto, torna-se mais difícil prosseguir. É geralmente aceito como uma Lei da Natureza que, embora se possa alcançar temperaturas bem próximas ao zero absoluto, é impossível realmente atingi-lo. Isto é conhecido como o *Princípio da inatingibilidade do zero absoluto*.

---

<sup>2</sup>As Condições Normais de Temperatura e Pressão (cuja sigla é CNTP) referem-se à condição experimental com temperatura e pressão de 0 °C e 101.325 Pa (101,325 kPa = 1,01325 bar = 1 atm = 760 mmHg), respectivamente. Esta condição é geralmente empregada para medidas de gases em condições atmosféricas, ou seja, de atmosfera padrão.

Deve-se ter certo cuidado ao interpretar o zero absoluto ao nível molecular. Por causa de efeitos quânticos, não é correto dizer que em  $T = 0$  todo o movimento molecular é interrompido. No zero absoluto o sistema tem a **mínima** energia possível (cinética e potencial) que, em geral, não é zero.

Por convenção, não se usa "grau" para esta escala, ou seja, para 0 K lê-se zero kelvin e não zero grau kelvin. Com base em seus conceitos, Kelvin estabeleceu, em 1848, a escala absoluta que leva seu nome, cuja extensão é a mesma da escala Celsius, ou seja, uma variação de temperatura de  $1^\circ\text{C}$  corresponde a uma variação de temperatura de 1 K. Uma comparação de medida de temperaturas com termômetros graduados nas duas escalas apresenta a seguinte relação:

$$-273,15^\circ\text{C} = 0 \text{ K (zero Kelvin)}$$

$$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$$

Uma regra prática permite fazer a conversão da medida de temperatura entre as diferentes escalas. A Figura 3.2 abaixo apresenta três termômetros graduados nas três escalas discutidas acima. As linhas tracejadas mostram os valores de temperatura medidos em cada escala. Os valores de referência em cada termômetro correspondem às linhas inferior e superior. A correspondência de um valor qualquer de temperatura entre duas escalas pode ser obtida utilizando-se o Teorema de Tales, onde "Feixes de retas paralelas cortadas ou intersectadas por segmentos transversais formam segmentos de retas proporcionalmente correspondentes". Matematicamente, a relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit pode ser obtida como segue:

$$\frac{100 - 0}{T_C - 0} = \frac{212 - 32}{T_F - 32} \rightarrow \frac{100}{T_C} = \frac{180}{T_F - 32} \rightarrow \frac{5}{T_C} = \frac{9}{T_F - 32}$$

Ou seja,

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

Da mesma forma podemos estabelecer a relação entre as escalas Celsius e Kelvin, conforme cálculo abaixo.

$$\frac{100 - 0}{T_C - 0} = \frac{373,15 - 273,15}{T_K - 273,15} \rightarrow \frac{100}{T_C} = \frac{100}{T_K - 273,15}$$

Ou seja,

$$T_C = T_K - 273,15$$

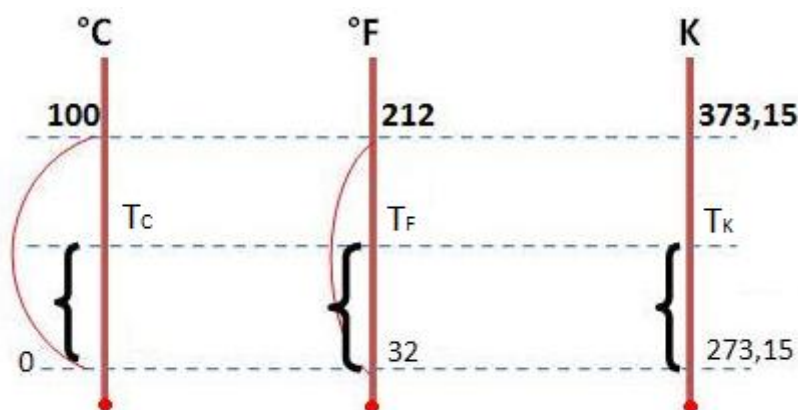


Figura 3.2: Relações de conversão entre as escalas termométricas

ALGUNS VALORES DE TEMPERATURAS	Kelvin
Interior do Sol	$\approx 10^7$
Superfície do Sol	6000
Ebulição da água a 1 atm	373,15
Temperatura ambiente mais alta registrada na superfície da Terra	331
Temperatura ambiente mais baixa registrada na superfície da Terra	185
Corpo Humano	310
Congelamento da água a 1 atm	273,15
Temperatura ambiente na superfície de Marte	220
Radiação de fundo do universo	3
Menor temperatura obtida em laboratório	$\approx 10^{-6}$



### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R 3.1** Certa escala termométrica adota os valores -20 e 580, respectivamente, para os pontos de gelo e do vapor da água. Determine:

- a fórmula de conversão entre essa escala e a escala Celsius;
- a indicação que nessa escala corresponde a 20 °C.

#### RESOLUÇÃO

**a)** Comparando a escala Celsius (C) e a escala (E) criada neste exercício, temos:

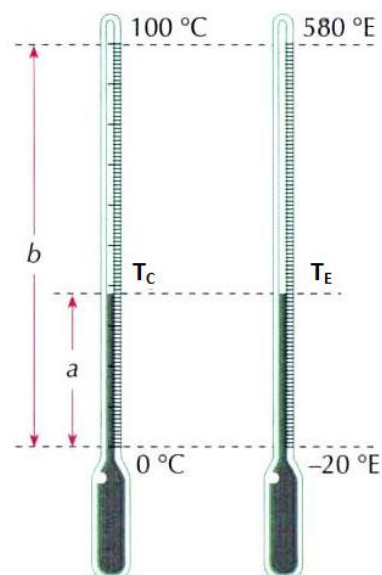
$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_E - (-20)}{580 - (-20)} \rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{T_E + 20}{600}$$

Simplificando:

$$T_C = \frac{T_E + 20}{6} \rightarrow 6T_C = T_E + 20 \rightarrow T_E = 6T_C - 20$$

**b)** Para determinar a indicação  $T_E$  que corresponde a  $T_C = 20$  °C, usamos a relação anterior:

$$T_E = 6T_C - 20 \rightarrow T_E = 6 \cdot 20 - 20 \rightarrow T_E = 100 \text{ } ^\circ E$$



**R 3.2** Um professor construiu um termômetro no laboratório da escola para que seus alunos estabelecessem equivalências e equações de conversão entre o comprimento de uma haste metálica e as escalas termométricas Celsius e Fahrenheit. Na construção do dispositivo, observaram que o comprimento da haste era 100 cm quando em equilíbrio com gelo em fusão e 100,2 cm quando em equilíbrio com água em ebulição.

- Estabeleça uma equação de conversão entre o comprimento da haste e a escala Celsius.
- Qual o valor do comprimento da haste equivalente à temperatura de 356 °F?



c) Construa o gráfico que representa a relação entre o comprimento da haste e a escala termométrica Celsius.

### RESOLUÇÃO

a) Para estabelecer a relação de conversão entre o comprimento da haste e a escala Celsius, verificamos a correspondência entre seus valores nos pontos fixos e os intervalos entre os valores das duas grandezas. Pela leitura dos dados, observamos que o intervalo de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  corresponde à variação de  $0,2\text{ cm}$ , ou seja, uma variação de  $1^{\circ}\text{C}$  corresponde à variação de  $0,02\text{ cm}$ .

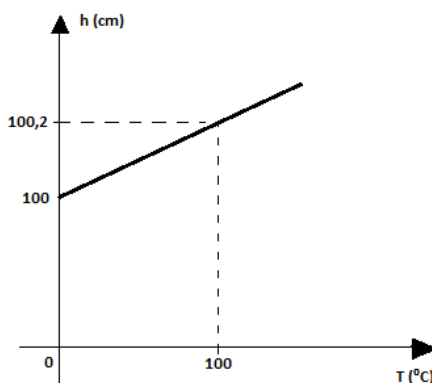
A relação de proporcionalidade entre as grandezas pode ser expressa por  $(h - 100) \propto T_C$ . Como a constante de proporcionalidade entre o comprimento da haste e a escala Celsius é  $0,02$ , temos as seguintes equações de conversão entre essas grandezas:

$$h - 100 = 0,02 \cdot T_C \quad \text{mas} \quad 0,02 = \frac{2}{100} = \frac{1}{50} \rightarrow h - 100 = \frac{1}{50} T_C \rightarrow h - 100 = \frac{T_C}{50}$$

b) Podemos encontrar a temperatura, em graus Celsius, equivalente à temperatura  $T_F = 356\text{ }^{\circ}\text{F}$ , utilizando a equação de conversão entre essas escalas. Assim:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{356 - 32}{9} \rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{324}{9} \rightarrow \frac{T_C}{5} = 36 \rightarrow T_C = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$$

c) O gráfico que representa a relação entre o comprimento da haste e a escala termométrica Celsius pode ser construído a partir dos valores dessas grandezas para os pontos fixos. Assim, temos:



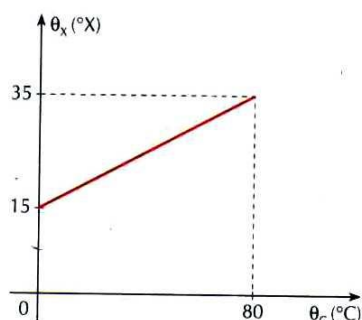
### LISTA DE EXERCÍCIOS

1. (Ramalho, et all - 2007) Complete a tabela:

1. CELSIUS	2. FAHRENHEIT
400 °C	
	99,5 °F
180 °C	
	-49 °F

2. (Ramalho, et all - 2007) Medindo a temperatura de um líquido com dois termômetros, um da escala Celsius e o outro da escala Fahrenheit, um estudante verificou que ambos davam a mesma indicação em módulo, porém os sinais eram diferentes. Determine a temperatura do líquido.

3. (Ramalho, et all - 2007) Uma escala arbitrária adota os valores 5 e 365 para os pontos fixos fundamentais (ponto do gelo e ponto do vapor, respectivamente). Determine que indicação nessa escala corresponde a  $0^{\circ}\text{F}$ .
4. (Ramalho, et all - 2007) O gráfico indica como se relacionam as leituras  $\theta_x$  e  $\theta_c$  para as temperaturas registradas por dois termômetros graduados respectivamente nas escalas  $^{\circ}\text{X}$  e  $^{\circ}\text{C}$ . Determine:

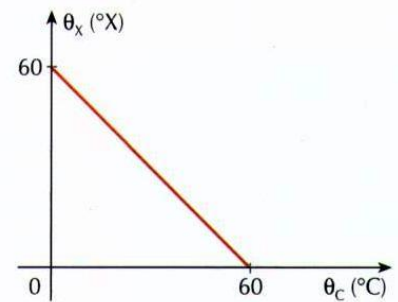


- a) a equação de conversão entre  $T_x$  e  $T_C$ ;
- b) a indicação do termômetro graduado na escala  $^{\circ}\text{X}$  quando o outro registra  $96^{\circ}\text{C}$ ;
- c) a indicação do termômetro graduado na escala  $^{\circ}\text{C}$  quando o outro registra  $0^{\circ}\text{X}$ ;
- d) a temperatura em que coincidem as leituras nos dois termômetros.
5. (Ramalho, et all - 2007) (UEPG-PR) Em um recipiente contendo água, dois termômetros medem, simultaneamente, a temperatura. Um dos termômetros está graduado na escala Fahrenheit e o outro na escala Celsius, e a diferença entre a medida obtida na escala Fahrenheit e a medida obtida na escala Celsius é igual a  $100^{\circ}$ . A partir desses dados, é correto afirmar que a água encontra-se a uma temperatura igual a:
- a)  $45^{\circ}\text{C}$                       b)  $185^{\circ}\text{C}$                       c)  $85^{\circ}\text{C}$                       d)  $95^{\circ}\text{C}$                       e)  $75^{\circ}\text{C}$
6. (Ramalho, et all - 2007) (ITA-SP) Para medir a febre de pacientes, um estudante de medicina criou sua própria escala linear de temperaturas. Nessa nova escala, os valores de 0 (zero) e 10 (dez) correspondem a  $37^{\circ}\text{C}$  e  $40^{\circ}\text{C}$ . A temperatura de mesmo valor numérico em ambas as escalas é aproximadamente:
- a)  $52,9^{\circ}\text{C}$                       b)  $28,5^{\circ}\text{C}$                       c)  $74,3^{\circ}\text{C}$                       d)  $-8,5^{\circ}\text{C}$                       e)  $-28,5^{\circ}\text{C}$
7. (Ramalho, et all - 2007) Um sistema inicialmente na temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  sofre uma variação de  $-35^{\circ}\text{C}$ . Determine:
- a) a temperatura final do sistema na escala Celsius;
- b) a variação da temperatura do sistema expressa na escala Fahrenheit;
- c) a temperatura final do sistema na escala Fahrenheit.
8. (Ramalho, et all - 2007) Em um termômetro de mercúrio, a coluna líquida apresenta  $0,4\text{ cm}$  quando em presença do gelo em fusão ( $0^{\circ}\text{C}$ ) e  $20,4\text{ cm}$  em presença de vapores de água em ebulição ( $100^{\circ}\text{C}$ ). Determine:
- a) a função termométrica desse termômetro na escala Celsius;
- b) a temperatura indicada por esse termômetro quando sua coluna líquida apresenta  $8,4\text{ cm}$  de altura.

9. (Ramalho, et all - 2007) Quando um termômetro graduado na escala Celsius sofrer uma variação de 32 graus em sua temperatura, qual será a correspondente variação de temperatura para um termômetro graduado na escala Kelvin?

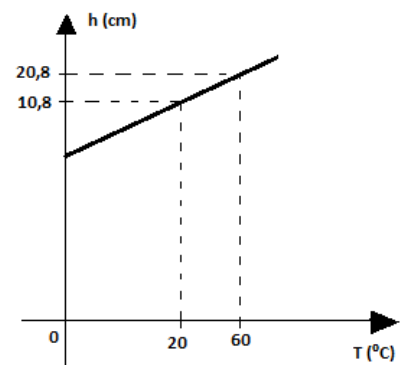
10. O gráfico representa a relação entre uma escala de temperatura arbitrária X e a escala Celsius. Na escala X, ao nível do mar, a temperatura de fusão do gelo e a de ebulção da água valem, respectivamente:

a) 100 e 0    b) 60 e 40    c) 60 e -40  
d) 0 e 100    e) -40 e 60



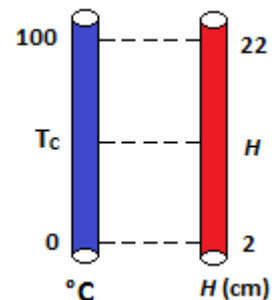
11. O gráfico seguinte representa a relação entre a escala Celsius e a altura da coluna de mercúrio, medida em centímetros.

- a) Estabeleça uma equação de conversão entre a altura do líquido e a escala Celsius.  
b) Qual a altura da coluna líquida equivalente à temperatura de 313 K?



12. Em um termômetro contendo um líquido, a grandeza termométrica é o comprimento  $H$  da coluna líquida. A seguir, representa-se esquematicamente a relação entre a temperatura  $T_C$  na escala Celsius e o valor da altura  $H$  em centímetros.

- a) Expresse matematicamente a relação que fornece a temperatura na escala Celsius em função da altura da coluna líquida.  
b) Qual o valor da temperatura na escala Celsius para a altura  $H = 15$  cm?





## CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

Construa abaixo um mapa conceitual sobre seu entendimento dos fenômenos relacionados à Temperatura e às variações de Temperatura.

Explique abaixo seu mapa.

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., & HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional* (2a ed., E. NICK, H. B. C. RODRIGUES, L. PEOTTA, M.A. FONTES, & M. G. R. MARON, Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana. (Obra original publicada em 1978).
- AUSUBEL, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Uma perspectiva cognitiva* (G. S. Barberán, Trad.). Barcelona: Paidós. (Obra original publicada em 2000)
- GASPAR, A. **Física**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2005.
- MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. **Física**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2008. v. 2.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1(n. 2), p. 43-63. 2011.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1999). *Aprender a aprender* (2a. ed., C. Valadares, Trad.). Lisboa: Plátamo Editora. (Obra original publicada em 1984)
- NOVAK, J. D. (2000). *Aprender a criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceptuais como ferramenta de facilitação nas escolas e empresas* (A. Rabaça & J. Valadares, Trad.). Lisboa: Paralelo Editora. (Obra original publicada em 1998).
- RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. v. 2.
- SANT'ANNA, B. et al. **Conexões com a física**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2010. v. 2.
- SEARS, F; ZEMANSKY, M. W; YOUNG, H. D. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984. v. 2.
- TORRES, C. M.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física: ciência e tecnologia**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2010. v. 2.

# **ANEXO**

## **ATIVIDADE AVALIATIVA**



## ATIVIDADE AVALIATIVA

	<b>Disciplina:</b> Física	<b>Turma:</b> 2º EMI
	<b>Professor:</b> Diego Motta Libardi	<b>Data:</b> / /
<b>ATIVIDADE AVALIATIVA</b>	<b>Aluno:</b>	<b>Valor:</b> 12 pontos
		<b>Nota:</b>

**ATENÇÃO: É OBRIGATÓRIA A INSERÇÃO DOS CÁLCULOS EM TODAS AS QUESTÕES, SE NECESSÁRIO.**

1. (U. Alfenas-MG) Para comemorar os 500 anos do Brasil, resolvi criar um termômetro, cuja escala batizei de “Brasil” (B). Na escala B, o ponto de fusão do gelo é  $1500^{\circ}\text{B}$ , e o ponto de ebulição da água é  $2000^{\circ}\text{B}$ . Se, no dia 22 de abril de 2000, a diferença entre a maior e a menor temperatura registrada no Brasil for de 15 graus Celsius, essa diferença registrada no meu termômetro será de:

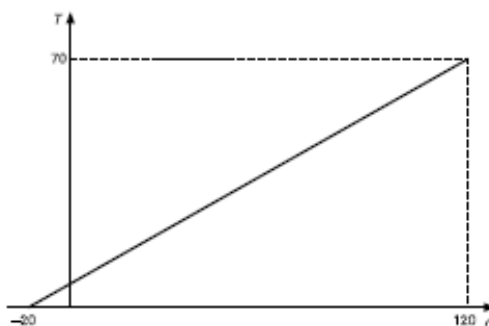
- a)  $1625^{\circ}\text{B}$                       b)  $1525^{\circ}\text{B}$                       c)  $75^{\circ}\text{B}$                       d)  $15^{\circ}\text{B}$                       e)  $3^{\circ}\text{B}$

2. (Fatec-SP) Em um laboratório um cientista determinou a temperatura de uma substância. Considerando-se as temperaturas:  $-100\text{ K}$ ;  $32^{\circ}\text{F}$ ;  $-290^{\circ}\text{C}$ ;  $-250^{\circ}\text{C}$ , os possíveis valores encontrados pelo cientista foram:

- a)  $32^{\circ}\text{F}$  e  $-250^{\circ}\text{C}$     b)  $32^{\circ}\text{F}$  e  $-290^{\circ}\text{C}$     c)  $-100\text{ F}$  e  $32^{\circ}\text{F}$     d)  $-100\text{ K}$  e  $-250^{\circ}\text{C}$     e)  $-290^{\circ}\text{C}$  e  $-250^{\circ}\text{C}$

3. (F.M. Itajubá-MG) Uma escala termométrica “T” relaciona-se com a escala Celsius (C) conforme o gráfico ao lado. À pressão normal quais são, respectivamente, os valores da temperatura de fusão do gelo e ebulição da água na escala T.

- a) 0 e 100                      b) 10 e 60                      c) 15,67 e 70,51                      d) 11,43 e 63,57                      e)  $-20$  e 100



4. Um fio de 5 m de comprimento, quando submetido a uma variação de temperatura igual a  $120^{\circ}\text{C}$ , apresenta uma dilatação de 10,2 mm. A partir dessas informações e da tabela acima, constata-se que o fio é de:

- a) cobre                      b) alumínio                      c) invar                      d) zinco                      e) chumbo

Substância	Coefficiente de dilatação linear $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Cobre	$17 \cdot 10^{-6}$
Alumínio	$23 \cdot 10^{-6}$
Invar	$0,7 \cdot 10^{-6}$
Zinco	$25 \cdot 10^{-6}$
Chumbo	$29 \cdot 10^{-6}$

5. (Unifor-CE) Uma chapa de ferro, com um furo central, é introduzida num forno. Com o aumento da temperatura, é correto afirmar que, quanto à área:

- tanto a chapa como o furo tendem a aumentar;
- tanto a chapa como o furo tendem a diminuir;
- a chapa tende a aumentar, enquanto o furo diminui;
- a chapa tende a aumentar, enquanto o furo se mantém;
- a chapa se mantém, enquanto o furo diminui.

6. Marque V para verdadeiro e F para Falso

(U. Uberaba-MG/Pias) Tendo enchido completamente o tanque de seu carro, com capacidade para 60 litros de gasolina, uma pessoa deixou o automóvel estacionado ao sol. Depois de um certo tempo, verificou que, temperatura ambiente, se elevou de  $10^{\circ}\text{C}$  e uma quantidade de gasolina havia entornado. Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica da gasolina é igual a  $0,0009^{\circ}\text{C}^{-1}$ , analise as afirmativas a seguir:

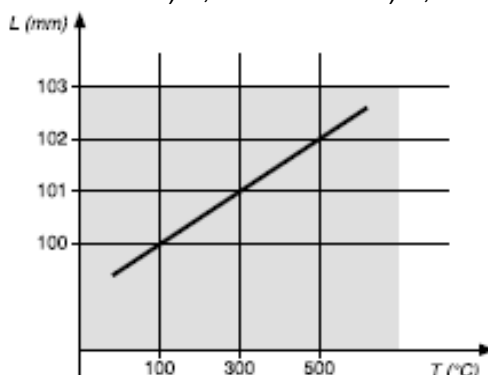
- A quantidade de combustível que extravasou do tanque representa a dilatação real que a gasolina sofreu.
- A dilatação real da gasolina foi menor que a dilatação do tanque.
- A variação no volume de gasolina foi de 0,54 litros.

Estão corretas:

- I e II, apenas;
- II e III, apenas;
- III, apenas;
- I, II e III

7. (UFPE) O gráfico abaixo apresenta a variação do comprimento  $L$  de uma barra metálica, em função da temperatura  $T$ . Qual o coeficiente de dilatação linear da barra, em  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ?

- $1,00 \times 10^{-5}$
- $2,00 \times 10^{-5}$
- $3,00 \times 10^{-5}$
- $4,00 \times 10^{-5}$
- $5,00 \times 10^{-5}$



8. Considerando que a distância entre os dois pilares do vão central da Terceira Ponte que liga as cidades de Vitória e Vila Velha é de 260 metros e que ele foi construído com uma peça metálica inteiriça, qual é a variação do comprimento desta peça em um dia em que a temperatura pela manhã é de  $20^{\circ}\text{C}$  e ao meio dia é de  $35^{\circ}\text{C}$ ? Considere  $\alpha_{\text{Ferro}} = 1,2 \cdot 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$