



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS  
NÍVEL MESTRADO

**ENSINANDO FÍSICA A PARTIR DE TEMÁTICA CTSA NA  
CONSTRUÇÃO DE UM PENSAR COMPLEXO SOBRE O FENÔMENO  
DO AQUECIMENTO GLOBAL**

THIAGO VINICIUS SOUSA SOUTO

RECIFE  
2010

Thiago Vinicius Sousa Souto

**ENSINANDO FÍSICA A PARTIR DE TEMÁTICA CTSA NA  
CONSTRUÇÃO DE UM PENSAR COMPLEXO SOBRE O FENÔMENO  
DO AQUECIMENTO GLOBAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, nível Mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Mestrando: Thiago Vinicius Sousa Souto

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Helaine Sivini Ferreira

Co-orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Romildo Albuquerque Nogueira

Recife  
2010

Ficha catalográfica

S726e Souto, Thiago Vinicius Sousa  
Ensinando física a partir de temática CTSA na construção  
de um pensar complexo sobre o fenômeno do aquecimento  
global / Thiago Vinicius Sousa Souto. -- 2010.  
133 f.: il.

Orientadora: Helaine Sivini Ferreira.  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Educação, Recife, 2010.  
Inclui referências e apêndice.

1. Teoria da complexidade 2. CTSA 3. Física – Estudo e  
ensino 4. Aquecimento global I. Ferreira, Helaine Sivini,  
orientadora II. Título

CDD 530.7

THIAGO VINICIUS SOUSA SOUTO

**O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DE TEMÁTICA CTSA NA  
CONSTRUÇÃO DE UMA PENSAR COMPLEXO**

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Helaine Sivini Ferreira – UFRPE  
Presidente

---

Prof. Dr. Alberto Einstein de Araújo – UAG

---

Prof. Dr. Antonio Carlos Miranda - UNICAP

---

Prof. Dr. Romildo Albuquerque Nogueira – UFRPE

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha esposa Cíntia por seu amor persistente e ajuda sem par.

À minha mãe Sandra, meu pai Sylvio, meu irmão Gustavo, minha avó Eudília e meu avô Orlando pela força e amor que sempre me deram incondicionalmente.

## **AGRADECIMENTOS**

Existem situações na vida em que é fundamental poder contar com o apoio e a ajuda de algumas pessoas. Para a realização deste trabalho, pude contar com várias. E a essas pessoas prestarei, através de poucas palavras, os mais sinceros agradecimentos:

À Prof<sup>a</sup> Helaine Sivini pela seriedade com que sempre me orientou sem deixar de valorizar o ser humano. Obrigado por ter tentado me ensinar os valores de um pesquisador em Educação.

Ao Prof<sup>o</sup> Romildo Nogueira por me mostrar as “avenidas” que conduzem ao pensamento complexo e por todas as vezes que exigiu maior aprofundamento nas teorias que embasaram a pesquisa.

Ao Prof<sup>o</sup> Alexandro Tenório pela amizade sincera e ajuda em tudo que eu lhe pedisse. Obrigado também a todos os amigos do programa Conexões de Saberes (Jací, João, Josy, Deny, Claudio, Jeanine, Brito e Analécia) que contribuíram para despertar meu interesse pelas causas sociais.

A Prof<sup>a</sup> Edênia por todo suporte e preocupação para que desenvolvêssemos as atividades acadêmicas de forma excelente.

A todos os professores, funcionários e estudantes que fazem o Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da UFRPE um lugar que deixa marcas indeléveis nos corações de centenas de profissionais da Educação.

Aos amigos Adalberto, Nileide, Mariel e Turuda pelos momentos de crescimento intelectual e pessoal que me proporcionaram.

Ao Prof<sup>o</sup> Décio pela presteza em ajudar-me no que precisei para realização da intervenção didática no espaço da sua disciplina.

Às amigas Mayane e Indianara por ser fonte constante de incentivo.

À minha avó Zuleika pelo exemplo de caráter, meus tios e tias e primos e primas pela alegria e companherismo.

A minha esposa Cíntia por ser compreensiva e acreditar que tudo daria certo no final, você é minha luz e meu exemplo.

## ΕΠÍΓΡΑΦΕ

*Nenhum sucesso na vida  
compensa o fracasso no lar.*

*David O. McKay*

## RESUMO

As questões ambientais se colocam como algumas das demandas mais importantes no século XXI. As evidentes mudanças climáticas são objeto de grande discussão na comunidade científica e na mídia de forma geral. O objetivo desse trabalho é analisar como licenciandos de Física compreendem, discutem e posicionam-se ante questões relativas ao Aquecimento Global (AG). Tendo como suporte para tais discussões os conhecimentos científicos que contribuem para a compreensão do AG, suas controvérsias e incompletudes que dão uma visão mais clara da ciência como construção humana histórica e socialmente construída que interage com a tecnologia e o ambiente. A metodologia utilizada para verificar os conhecimentos dos licenciandos sobre o tema proposto foi a utilização de situação-problema, discussão a partir de analogias com experimentos interativos com material de baixo custo e debates em sala de aula sobre questões referentes ao Aquecimento Global. Para analisar as produções dos licenciandos utilizamos elementos da análise de conteúdo a partir do estabelecimento de categorias a priori que analisaram i) os conceitos científicos utilizados nas produções sobre (AG), ii) quais e como os operadores da complexidade foram utilizados nas produções dos licenciandos e iii) como as discussões utilizaram temas relacionados a CTSA. Os resultados apontam que os licenciandos tinham uma compreensão superficial e fragmentada do AG, visão esta que não dava margem para a correlação entre as variáveis sócio-ambientais importantes para compreensão do fenômeno. Concluímos que a abordagem a partir de situação-problema sobre uma temática de relevância clara para o bem estar do estudante contribuiu para a evocação de conteúdos de ciências da natureza, aprimoramento de habilidades procedimentais e construção de uma atitude cidadã comprometida com a construção de soluções.

**Palavras-chave:** teoria da complexidade, CTSA, Ensino de Física, Aquecimento Global.

## **ABSTRACT**

Environmental issues arise as some of the most important demands in the twenty-first century. The apparent climate changes are widely debated in the scientific community and the media in general. The aim of this study is to examine how student teachers understand physics, discuss and take stance on Global Warming (GW) issues. Backed by such discussions for scientific knowledge that contributes to the understanding GW, its controversies and the imperfections that give a clearer view of science as a human construct historically and socially constructed that interacts with technology and the environment. The methodology used to check knowledge of the undergraduates on the theme was the use of problem situation, discussion based on analogies with interactive experiments with low cost material and classroom discussions on issues relating to global warming. To analyze the production of undergraduates use elements of content analysis from the establishment of a priori categories that analyzed i) the concepts used in scientific papers on GW, ii) what and how the operators of the complex were used in the productions of undergraduates and iii) how the discussions have used the themes of STSE. The results shows that students had a superficial understanding of the GW and fragmented, a vision which gave no room for the correlation between socio-environmental variables important for understanding the phenomenon. We conclude that the approach from the problem situation on a clear theme of relevance to the welfare of the student contributed to the recall of content from the natural sciences, the improvement of procedural skills and attitude building a citizen committed to building solutions.

**Key words:** theory of complexity, STSE, physics teaching, Global Warming.

## LISTA DE ABREVIações, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
AG	Aquecimento Global
ATP	Adenosina tri-fosfato
CC	Conceitos Científicos
CFC	Cloro Flúor Carbono
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
CTSA	Ciência. Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DVD	Video Disc Digital (Disco de Vídeo Digital)
EE	Efeito Estufa
g	Grama
GEE	Gases do Efeito Estufa
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Painel of Climate Changes (Painel Intergovernmental de Mudanças Climáticas)
IV	Radiação Infra-vermelha
J	Joule
ONG	Organização Não Governamental
OR	Operadores de Religação
PC	Pensamento Complexo
ROC	Radiação de Ondas Curtas
ROL	Radiação de Ondas Longas
s	Segundos
SP	Situação-problema
TE	Temperatura do Termômetro Externo
TI	Temperatura do Termômetro Interno
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UV	Radiação Ultra-Violeta

## DE GRÁFICOS E QUADROS

- Gráfico 1      Temperatura dos termômetros (TE que estava fora da caixa e TI que estava dentro da caixa) versus o tempo.
- Gráfico 2      Evolução temporal da temperaturas dos termômetros interno (TI) e externo (TE) com a caixa recoberta com cartolina preta.
- Quadro 1      Correntes pedagógicas contemporâneas.
- Quadro 2      Os campos da análise de conteúdo.
- Quadro 3      Principais elementos para o delineamento de um plano de pesquisa.
- Quadro 4      Material utilizado para a montagem do experimento sobre o efeito estufa.
- Quadro 5      Tempo necessário para que TI e TE atingissem determinada temperatura.
- Quadro 6      Correlação entre alguns componentes da experimentação e do planeta.
- Quadro 7      Perguntas do questionário sobre a atividade experimental e seus respectivos objetivos.
- Quadro 8      Perguntas norteadoras do debate e seus respectivos objetivos.
- Quadro 9      Síntese da transcrição das respostas dos licenciandos A1, A2, B1, B2, C1 e C2 à primeira questão norteadora da situação-problema.
- Quadro 10      Síntese da transcrição das respostas dos licenciandos A1, A2, B1, B2, C1 e C2 à segunda questão norteadora da situação-problema.
- Quadro 11      Respostas dos licenciados à questão 01: como a temperatura no interior da caixa se comporta no decorrer do tempo que é exposta a luz da lâmpada?
- Quadro 12      Respostas dos licenciados à questão 02: correlacione o funcionamento do efeito estufa com o experimento realizado, faça

analogias entre o material utilizado e as partes mais relevantes que compõem o efeito estufa.

- Quadro 13 Relação entre os componentes da atividade experimental e variáveis do efeito estufa.
- Quadro 14 Respostas dos licenciados à questão 03: o que aconteceria se invés de cartolina fosca tivéssemos papel alumínio revestindo as paredes internas da caixa?
- Quadro 15 Respostas dos licenciados à questão 04 - o que aconteceria se tivéssemos uma camada de vidro mais grossa ou diversas camadas de vidro tampando a caixa?
- Quadro 16 Respostas dos licenciados à questão 05 - que outros fatores poderiam influenciar no comportamento da temperatura dentro da caixa?
- Quadro 17 Respostas dos licenciandos à questão “a”: a física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas.
- Quadro 18 Respostas dos licenciandos à questão “b”: se a pessoa da situação anterior questionasse se o aquecimento global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta.
- Quadro 19 Síntese dos comentários dos licenciandos durante a realização da atividade experimental.
- Quadro 20 Respostas dos licenciandos à questão “c”: por último, a pessoa lhe pergunta o que fazer para combater o avanço do nível do mar e/ou aquecimento global qual seria sua resposta.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Estratégias de ensino de temas CTS com uso de SP.
- Figura 2 Características definidoras da análise de conteúdo.
- Figura 3 Projeções nível do mar na região da praia de boa viagem em Recife/pe nos anos de 1950 e 2100.
- Figura 4 Disposição dos materiais da atividade experimental.
- Figura 5 Posicionamento dos termômetros (te que estava fora da caixa e ti que estava dentro da caixa) em relação à lâmpada
- Figura 6 Simulação computacional para o fenômeno do efeito estufa
- Figura 7 Interface da simulação computacional Glaciers.
- Figura 8 Esquema representando as etapas da análise do conteúdo da situação-problema inicial. Nas categorias de análise as siglas significam: CC – conceitos científicos; CTSA – ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; PC – pensamento complexo e OR – operadores de religação.
- Figura 9 Figura feita pelo licenciando B2 para explicar como aconteceu a variação da temperatura em função do tempo dentro e fora da caixa.
- Figura 10 Relações de causa e efeito escritas pelo licenciado a2 para questão “a” na redação final.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>VI</b>
<b>EPIGRAFE</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.2 HIPÓTESE DE TRABALHO	19
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
3.1 O PENSAMENTO LINEAR E A FRAGMENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	23
<b>3.2 COMPLEXIDADE E EDUCAÇÃO</b>	<b>25</b>
3.2.1 PRINCÍPIO HOLOGRAMÁTICO	26
3.2.2 IDÉIA DE CIRCULARIDADE	26
3.2.3 PRINCÍPIO DA AUTOPOIESE	27
3.2.4 PRINCÍPIO DA TRANSDISCIPLINARIDADE	27
3.2.5 PRINCÍPIO DA COMPLEMENTARIDADE DOS OPOSTOS	29
<b>3.2 A PERSPECTIVA CTS E O ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	<b>31</b>
3.2.1 BREVE RETROSPECTIVA SOBRE O MOVIMENTO CTS	31
3.2.2 O ENSINO COM ÊNFASE CTS	33
3.2.3 OBJETIVO DA ABORDAGEM CTS	34
3.2.4 A ESTRUTURA CONCEITUAL CTS	35
3.2.5 SITUAÇÃO-PROBLEMA COMO FERRAMENTA DA ABORDAGEM CTS	37
3.2.5.1 CAMINHOS PARA ELABORAR UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA	38
3.2.6 ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE FÍSICA.	39

<b>3.3 AQUECIMENTO GLOBAL E EDUCAÇÃO</b>	<b>42</b>
3.3.1 O AQUECIMENTO GLOBAL NOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO	42
3.3.2 CONCEPÇÕES SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL	43
3.3.3 AQUECIMENTO GLOBAL PARA ENSINAR CIÊNCIAS	44
3.3.4 O FENÔMENO DO AQUECIMENTO GLOBAL	46
3.3.4.1 O REGISTRO DA TEMPERATURA POR INSTRUMENTOS	47
3.3.4.2 VARIABILIDADE NATURAL DO CLIMA	47
3.3.4.3 VARIABILIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE CO <sub>2</sub>	48
3.3.4.4 LIMITAÇÕES DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO DO CLIMA	49
3.3.5 CONCEITOS FÍSICOS PARA COMPREENSÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL	50
<b>3.4 A ANÁLISE DE CONTEÚDO</b>	<b>53</b>
3.4.1 O CONCEITO DE INFERÊNCIA	55
3.4.2 CAMPOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO	56
3.4.3 O DELINEAMENTO DE UM PLANO DE PESQUISA	57
3.4.4 AS UNIDADES DE ANÁLISE	59
3.4.4.1 AS UNIDADES DE REGISTRO	59
3.4.4.2 AS UNIDADES DE CONTEXTO	60
3.4.5 ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE	61
3.4.5.1 PRÉ-ANÁLISE	61
3.4.6 CATEGORIAS DE ANÁLISE	63
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>64</b>
<b>4.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA</b>	<b>64</b>
<b>4.2 O LOCAL DA INTERVENÇÃO</b>	<b>64</b>
<b>4.3 OS PARTICIPANTES DA PESQUISA</b>	<b>64</b>
<b>4.5 INTERVENÇÃO DIDÁTICA</b>	<b>65</b>
4.5.1 APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	66
4.5.2 UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL SOBRE O EFEITO ESTUFA	67
4.5.3 APRESENTAÇÃO DE VÍDEO A	71
4.5.4 APRESENTAÇÃO DE VÍDEO B	72
4.5.5 O DEBATE	73
4.5.6 A REDAÇÃO FINAL	73
<b>4.6 OS INSTRUMENTOS DE REGISTRO</b>	<b>74</b>
<b>4.7 ANÁLISES DOS DADOS</b>	<b>76</b>
4.7.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA INICIAL	77
4.7.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL SOBRE O EFEITO ESTUFA	80
4.7.2.1 ANÁLISE DO VÍDEO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL	80
4.7.2.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL	81
4.7.3 ANÁLISE DO DEBATE	83
4.7.4 SITUAÇÃO-PROBLEMA FINAL	85
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>86</b>
<b>5.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À SITUAÇÃO-PROBLEMA INICIAL</b>	<b>87</b>
<b>5.2 ANÁLISES DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À ATIVIDADE EXPERIMENTAL</b>	<b>96</b>
5.2.1 RESPOSTAS ESCRITAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL	96

5.2.2 OS COMENTÁRIOS DOS LICENCIANDOS DURANTE A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL	106
<b>5.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS AO DEBATE</b>	<b>115</b>
<b>5.4 ANÁLISES DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À SITUAÇÃO-PROBLEMA FINAL</b>	<b>128</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>134</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>136</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>142</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A expressão **Aquecimento Global** (AG), que era praticamente desconhecida pela maioria da população há duas décadas, ganhou destaque não só como ponto de pauta em vários acordos ambientais internacionais e discussões na comunidade científica, como também nos meios de comunicação em massa que assinalam este fenômeno como o maior desafio ambiental do século XXI (VILCHES E GIL, 2003).

É sabido que a ação humana já modificou mais de um terço de toda a superfície terrestre e estas alterações são substanciais e crescentes. Tomemos como exemplo, o caso da emissão de gases que potencializam o Efeito Estufa, como o dióxido de carbono que teve um incremento de 30% desde o início da Revolução Industrial. Teorias apontam que o fato contribuiu para o aumento da temperatura do planeta em  $0,7^{\circ}\text{C}$  no último século e mesmo que parássemos totalmente de poluir a atmosfera as estimativas apontam para um crescimento entre  $0,4^{\circ}\text{C}$  e  $0,8^{\circ}\text{C}$  até o ano de 2200 (BELMONTE, 2005).

A escola não pode se furtar da discussão de temas tão pungentes para a sociedade, como a crise ambiental. No caso particular do ensino de Física no Ensino Médio (principalmente por ser considerada a etapa final da educação básica) deve ser voltado para a construção de um cidadão que seja capaz de compreender, intervir, e participar das demandas da sociedade contemporânea e não apenas adquirir conteúdos significativos. E mesmo que este não venha a ter contato escolar com a Física após a conclusão do ensino médio, deve ser capaz de utilizar certos conceitos-chave da ciência para melhor compreensão do mundo (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, a física toma corpo de um conjunto de competências específicas que devem possibilitar tanto o entendimento de fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano como de outros universos distantes. Simultaneamente, a física deve ser compreendida como uma obra coletiva construída ao longo da história, e por isso impregnada de contribuições sociais, econômicas e culturais, que deu origem a diversos avanços tecnológicos e, por sua vez, é por eles impulsionada (BRASIL, 1999).

De acordo com este contexto de crise ambiental, “faz-se necessário o aprofundamento desta questão em sala de aula”, já que os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001, p. 20) elegem como principal objetivo do Ensino de Ciências da Natureza o de criar condições para que o aluno identifique problemas, a partir de observações sobre um acontecimento, levante hipóteses e teste-as, trabalhando de forma a tirar suas próprias conclusões. Deste modo, não se deveria deixar de envolver os discentes na reflexão de conteúdos tão importantes para a formação de um cidadão crítico quanto os de *Aquecimento Global e o Efeito Estufa* (EE), que como já nos referimos, são assuntos dos quais depende a sustentabilidade da vida na Terra.

A utilização de temas que enfoquem as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como são os fenômenos do AG e EE podem contribuir para uma abordagem contextualizada dos conteúdos evitando assim a perda de sentido e a relação com a realidade, afim de que o estudante saiba o porquê de estar estudando determinado assunto de termodinâmica, por exemplo.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Diante de tal visão desejamos compreender como os docentes em formação se utilizam dos conhecimentos científicos para construir conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que propiciem uma tomada de decisão consciente e comprometida com o bem estar social da coletividade diante da questão do AG?

## **1.2 HIPÓTESE DE TRABALHO**

Trabalhamos com a hipótese que o uso de situação-problema com temática CTSA levará os licenciandos a utilizarem seus conhecimentos científicos não só para dar resposta à situação-problema, mas também, para religar conhecimentos aparentemente desconexos construindo assim um posicionamento ante a temática que guie a tomada de decisões conscientes com o bem estar da sociedade.

## **2. OBJETIVOS**

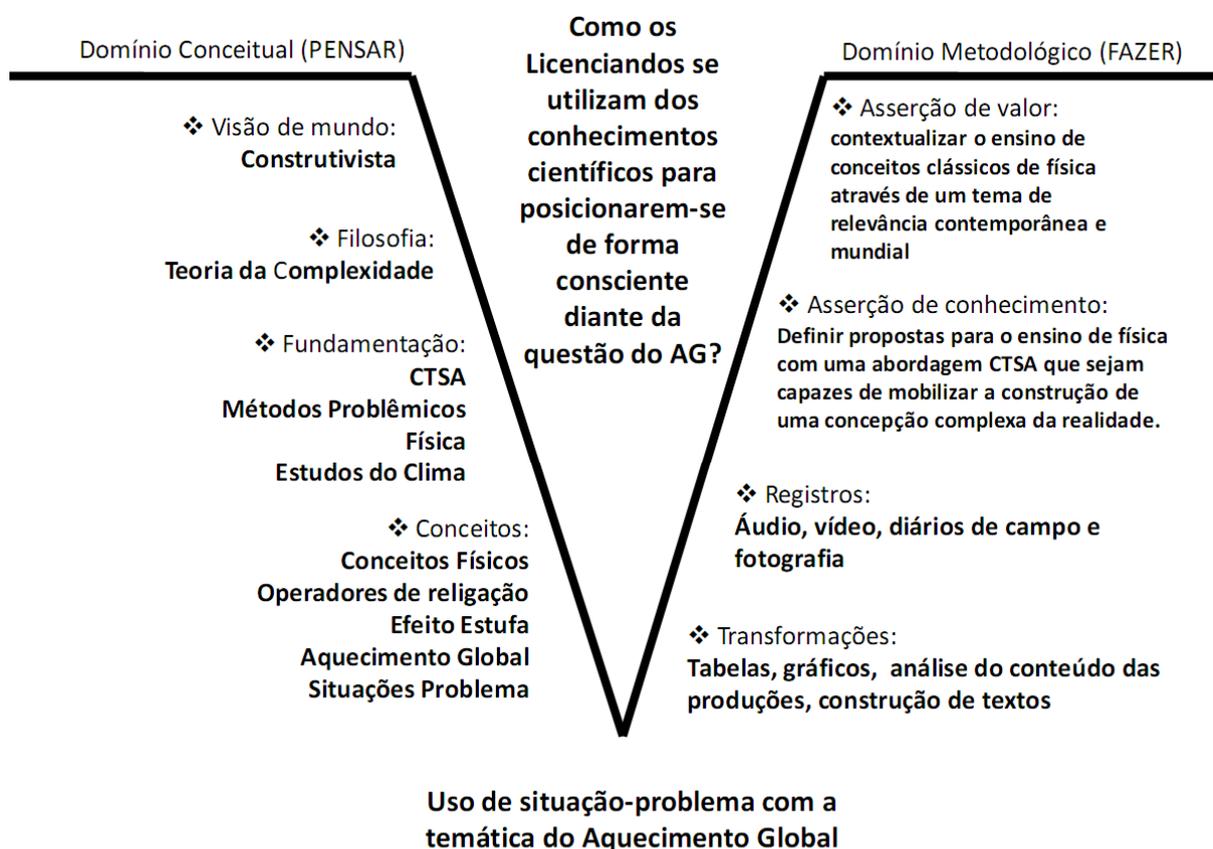
### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Investigar quais conhecimentos científicos, operadores de religação da teoria da Complexidade e relações CTS são mobilizadas para dar solução a uma situação-problema sobre o Aquecimento Global.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar quais as concepções dos licenciandos sobre as possíveis causas e soluções para o problema do avanço do nível do mar na costa do estado de Pernambuco.
- Identificar como os conceitos científicos são utilizados para explicar os fenômenos do AG e EE.
- Verificar como os licenciandos correlacionam às dimensões científica, social, tecnológica e ambiental dos fenômenos do AG e EE.
- Verificar os operadores de religação (por exemplo complexidade, hologramático, transdisciplinaridade, incerteza, autopoiese) da teoria da Complexidade são utilizados pelos licenciandos na busca de construir explicações e soluções para os fenômenos em questão.

Apresentamos a seguir o “V” epistemológico de Gowin (MOREIRA, 2001) que resume as características e objetivos da pesquisa realizada.



### 3. MARCO TEÓRICO

Faremos agora uma breve apresentação dos principais pontos de sustentação teórica deste trabalho, mais detalhes sobre estes pontos serão dados em seções específicas a seguir.

Basearemos tanto as ações do trabalho como análise dos dados construídos do ponto de vista teórico da Complexidade, que tem como um dos pontos-chave a busca por *religar* partes da realidade para que não se tenha uma visão distorcida da mesma. Caso contrário, observar apenas parte da realidade pode não ser suficiente para compreender um fenômeno com tantas variáveis correlacionadas como o AG.

Ainda em busca de uma compreensão das causas e implicações do aquecimento do planeta, usaremos algumas das discussões produzidas pelo movimento CTSA que nasceu na metade do século XX com o objetivo de discutir as relações entre o desenvolvimento científico, a tecnologia que emerge desta ciência e como a sociedade é influenciada e/ou influencia este desenvolvimento. Este movimento, que também discute o preço pago pelo que consumimos como produto científico, é reconhecido como forma de discutir de maneira integrada as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). O movimento CTSA nos leva a refletir sobre questões pungentes a fim de garantir uma ciência em prol do bem estar da humanidade. A abordagem CTS requer a utilização de situações-problemas e de contextualização.

A parte final do marco teórico conta com a apresentação da ciência básica que rege a interpretação dos fenômenos do AG e EE. Apresentamos ainda uma análise crítica dos argumentos das duas principais vertentes teóricas para explicar as causas do AG que ainda gera muita controvérsia.

### 3.1 O PENSAMENTO LINEAR E A FRAGMENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Em seu *Discurso do Métodos* Renè Descartes explicou que quando estamos diante de um fenômeno complexo devemos “dividir cada uma das dificuldades [...] em tantas partes quantas possíveis e quantas necessárias para melhor resolvê-la” (1973, p. 46).

Esse é o princípio da fragmentação que caracteriza o pensamento cartesiano ou linear que na busca da compreensão dos fenômenos o simplifica, retira de seus contexto fazendo com que muitas inter-relações se percam.

O pensamento linear mutilante (MORIN, 1998, 2002; MARIOTTI, 2000) pode comprometer a o entendimento dos fenômenos que nos propomos a estudar.

A palavra “linear” é derivada da geometria e que significa inter-relação de variáveis para gerar uma linha reta. Mariotti (2000) destaca que a função linear não apresenta relação colateral qualquer e sempre segue adiante em sua trajetória retilínea.

“As expressões “pensamento linear”; “pensamento cartesiano”; “lógica do terceiro excluído”; “modelo mental linear”; ou ainda “pensamento linear-cartesiano” são sinônimos usados para designar o sistema de pensamento que tem o filósofo grego Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) um de seus expoentes.

Um exemplo de três axiomas desse sistema de pensamento citados por Mariotti (2000) são os seguintes:

1. Identidade:  $A \text{ é } A$ ;
2. Não contradição:  $A \text{ não é não-}A$ ;
3. Terceiro excluído: não existe um terceiro termo  $T$  (terceiro incluído) que seja ao mesmo tempo  $A$  e não- $A$ .

Uma das regras básicas que nos faz seguir o pensamento linear é denominada navalha de Ockham ou regra da parcimônia que homenageia o filósofo inglês Willian Ockham (1285-1349). Esta regra contém os elementos que caracterizam o pensar

linear já mencionado, como a tendência de simplificação, imediatismo e a busca de causalidade simples. Esta causalidade simples é configurada quando duas circunstâncias acontecem juntas com frequência, a primeira a acontecer será dada sempre como a causa da seguinte (MARIOTTI, 2000).

Uma forma de pensamento que encare o mundo natural como uma esfera na qual os fenômenos não têm uma causa única, é uma das principais propostas da visão sistêmica. Mas esta não é, de nenhuma forma, fácil de ser posta em prática, pois o pensamento linear está arraigado nas bases de nossa sociedade há séculos.

Santos (2006, p. 72) coloca que a “fragmentação implica numa prática pedagógica de disjunção dos pares binários: simples-complexo, parte-todo, local-global, unidade-diversidade, particular-universal”. E a consequência dessas separações foi a gradual subdivisão do conhecimento em disciplinas, áreas, departamentos e institutos; cada um delimitado por fronteiras epistemológicas.

Essa divisão epistemológica somada ao acúmulo do conhecimento científico gerou o surgimento de cada vez mais disciplinas “super especializadas” (MARIOTTI, 2000). A física por exemplo se dividiu em outras disciplinas como a mecânica, eletromagnetismo. Tamanha foi a super especialização que torna quase inviável o diálogo entre as disciplinas, agora o cientistas sabe quase tudo sobre quase nada (MORIN, 1998).

As organizações educacionais refletem essa característica fragmentadora das ciências quando em sua grade curricular tem as disciplinas como os tijolos para compor a parede do ensino, sem estabelecer ligações entre estas disciplinas

Não há dúvida que o princípio da fragmentação acumulou conhecimentos tornando a ciência moderna hegemônica ao longo de 400 anos, ocasionando um verdadeiro boom tecnológico quase onipresente em nossas vidas. No entanto Morin (1998) nos alerta a consequência da fragmentação do conhecimento que “torna-nos talvez mais lúcidos sobre uma pequena parte separada do seu contexto, mas nos torna cegos ou míopes sobre a relação entre as partes e o seu contexto” (MORIN, 1998, p. 234).

Com o intuito de re-estabelecer o “elo perdido” entre os conhecimentos o discutimos adiante as alguns pontos que embasam o Pensamento Complexo que se coloca

como alternativa para uma melhor compreensão dos fenômenos que nos cercam e sua relação com a educação.

### **3.2 COMPLEXIDADE E EDUCAÇÃO**

O termo complexidade deriva do latim *complexus* que significa “o que é tecido junto” (MORIN, 1997). Portanto complexo segundo o filósofo Morin não é “aquilo que é complicado ou difícil de entender”, mas o que deve ser entendido sem perder de vista suas relações.

O pensamento complexo orienta o re-estabelecimento de conexões entre os saberes perdidos na fragmentação do pensamento linear. Pensar de forma complexa é olhar para o todo contemplado o significado das relações existentes num sistema (MORIN 2001).

O pensamento complexo não refuta a fragmentação, pelo contrário, recorre a ela para melhor compreender os fenômenos, mas fazendo sempre o caminho recursivo de olhar a parte e o todo (MORIN, 2006).

O pensamento complexo<sup>1</sup> tem na figura do filósofo Edgar Morin (2001) um dos maiores responsáveis por sua sistematização e a transdisciplinaridade conta com Basarab Nicolescu (1999) como um de seus mentores.

Morin (MARIOTTI, 2000) esquematizou alguns operadores cognitivos do pensamento complexo, também chamados de operadores de religação. Estes operadores servem para reconectar saberes que foram mutilados por ocasião da super especialização e alinhar o pensamento com a complexidade.

Advertimos que estes operadores não devem ser pensados de forma isolada ou que qualquer um deles mais ou menos importante que os demais. Pelo contrário, todos são “interligados e atuam em sinergia” (MARIOTTI, 2000, p. 87).

---

<sup>1</sup> O termo complexidade deriva do latim *complexus* que significa “o que é tecido junto” (MORIN, 1997). Portanto complexo segundo o filósofo Morin não é “aquilo que é complicado ou difícil de entender”, mas o que deve ser entendido sem perder de vista suas relações.

Os operadores de religação são os seguintes:

- a) Princípio hologramático;
- b) Idéia de circularidade;
- c) Princípio da autopoiese.
- d) Princípio da transdisciplinaridade;
- e) Princípio da complementaridade dos opostos;

Discutiremos brevemente esses operadores e sua relação com a educação.

### **3.2.1 PRINCÍPIO HOLOGRAMÁTICO**

Um holograma é uma representação em que as partes que o constitui são na verdade representações menores do todo. Como diz Morin (2000) uma parte não está apenas dentro do todo; esta também está dentro de cada uma das partes. Um exemplo disso é a célula que traz consigo todas as informações genéticas (em potencial) necessárias para o organismo.

Segundo o físico David Bohm (*apud* SANTOS, 2006) vários dos problemas se devem a tendência de desconsiderar o fato que o universo é constituído como um holograma de fragmentar o mundo e ignorar as relações dinâmicas entre todas as coisas. O que se faz então é desconsiderar as relações dinâmicas entre a parte/todo fragmentando mais o mundo que conhecemos.

A orientação do pensamento linear é a de que o professor deve ensinar uma serie de disciplinas e que ao somar estas partes do conhecimento o estudante terá um todo bem acabado (SANTOS, 2006, 2008).

E como consequência dessa estrutura curricular, os alunos saem da escola com a “cabeça bem cheia” (MORIN, 2000) de conhecimentos justapostos invés de uma “cabeça bem feita” com articulação entre os saberes.

A complexidade aponta o caminho inverso: restabelecer relações entre a parte e o todo. A contextualização é uma saída para o conferir sentido a fenômenos que muitas vezes são vistos de forma isolada (SANTOS, 2008).

### **3.2.2 IDÉIA DE CIRCULARIDADE**

Na ótica do pensamento linear há uma única causa para cada efeito, retirando a causa cessa o efeito. Mas não há fenômeno natural de causa única. Na circularidade “os efeitos retroagem sobre a causa e a realimenta, corrigindo os desvios e fazendo com que o círculo continue em equilíbrio e em relativa autonomia, sem perder a dinâmica” (MARIOTTI, 2000, P. 156).

Um exemplo é a geladeira que desliga motor quando atinge a temperatura desejada e o liga novamente quando por meio de um termostato em um mecanismo de feedback (retro alimentação).

Segundo Machado (*apud* SANTOS, 2006) a construção do conhecimento tem os alicerces da retroatividade e recursividade não havendo uma única forma de se trilhar o complexo caminho do aprendizado, já que a idéia de aprender aproxima-se da idéia de “enredar”.

O professor deve ter no estudante o termostato para o ensino de qualidade, o estudante regula o ritmo do professor e é regulado por este.

### **3.2.3 PRINCÍPIO DA AUTOPOIESE**

Os sistemas autopoieticos (auto produtores) são sistemas que se auto regulam e mantêm a sua homeostase. Não significa que estes sistemas são auto-suficientes, situação teórica em que o sistema não necessitaria de fontes externas de energia. Essa idéia de autopoiese é paradoxal a pois para se auto-regular os sistemas vivos precisam da matéria e da energia que está no meio externo.

Para Santos (2006) a idéia de autopoiese na educação se aplica quando o estudante percebe que necessita de algum conhecimento ou situação didática e busca esta informação. O professor torna-se um facilitador nesse processo em que o estudante é o próprio senhor do seu conhecimento.

### **3.2.4 PRINCÍPIO DA TRANSDISCIPLINARIDADE**

O conhecimento transdisciplinar é definido por Nicolescu (2000) como aquele que está entre e através das disciplinas como forma de buscar a unidade do conhecimento.

A transdisciplinaridade de Nicolescu (1999) está alicerçada sobre três pilares: os níveis de realidade, a lógica do terceiro incluso e a complexidade.

Para que possamos compreender a noção de níveis de realidade tomemos o caso da mecânica quântica. Heisenberg (1901-1976) mostrou que não se pode localizar precisamente um quantum no espaço ou ainda traçar uma trajetória bem determinada para uma partícula quântica como o elétron. Esta incerteza, no entanto, não deve ser confundida com acaso ou imprecisão, pois as previsões da mecânica quântica são exatas e responsáveis por importantes avanços tecnológicos da sociedade moderna. A revolução das idéias da mecânica quântica fizeram surgir a noção de níveis de realidade (NICOLESCU, 1999).

O nível de realidade é um conjunto de sistemas invariantes sobre a ação de um número de leis gerais. As leis da mecânica clássica de Issac Newton (1643-1727) funcionam bem para o nível de realidade macroscópico, mas estas mesmas leis não se adequam quanto aplicadas as partículas subatômicas, para este nível de realidade a mecânica quântica é adequada (NICOLESCU, 1999).

O dilema para caracterizar a luz como onda ou partícula tem uma resposta quando se aplica a lógica do terceiro incluso. Diferente da lógica clássica que tem o teorema do terceiro excluído em que:

Não existe um terceiro termo T que possa ser A e não-A.

No caso da luz ela tem um comportamento dual em que ora pode ser considerada como partícula, ora como onda dependendo da natureza do experimento que objetiva essa comprovação. E esse comportamento dual obedece a lógica do terceiro incluso.

Outro exemplo está em descobrir as causas do Aquecimento Global, seria a ação humana ou processos naturais que estão causando a elevação da temperatura da atmosfera? Pela lógica do terceiro incluso não estes fatores não são autoexcludentes.

Por fim a complexidade propõe a articulação entre o pensamento linear (que focaliza sua atenção nas partes de um dado fenômeno) e o pensamento sistêmico (que volta

sua atenção para o sistema como um todo sem considerar uma parte em especial) como forma de chegar ao conhecimento do mundo que nos cerca.

Um exemplo da busca da aplicação do princípio da transdisciplinaridade na educação está presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) (BRASIL, 1999 e 2001) com a recomendação que os professores utilizem *temas transversais* que recorre a essa lógica de religação e articulação dos conhecimentos. Os temas transversais, tendo em vista um tema social, transgridem as fronteiras epistemológicas de cada disciplina, possibilitando uma visão mais significativa do conhecimento e da vida nas ciências exatas.

### **3.2.5 PRINCÍPIO DA COMPLEMENTARIDADE DOS OPOSTOS**

Para o pensamento complexo luz e escuridão, razão e emoção, saúde e doença são faces da mesma moeda devendo ser tratadas sem exclusão, mas como elementos constitutivos de uma mesma realidade.

No processo de ensino-aprendizagem não se pode valorizar apenas a competência de pensar racionalmente em detrimento das suas emoções. A educação deve ter uma visão mais holística para dar conta de um processo tão complexo como é o ensino-aprendizagem.

Ainda no processo da história da produção do saber, permanece na atualidade o desafio de tornar as práticas educativas mais condizentes com a realidade, mais humanas e, com teorias capazes de abranger o indivíduo como um todo, promovendo o conhecimento e a educação para uma vida plena a complexidade se coloca como uma grande avenida a ser percorrida com possibilidades promissoras na busca de construir uma sociedade com melhor capacidade de responder às demandas da contemporaneidade (MORIN, 2001).

Pensar no educador como um ser humano é levar à sua formação o desafio de resgatar as dimensões cultural, política, social e pedagógica, isto é, resgatar os elementos cruciais para que se possa redimensionar suas ações no/para o mundo. A abordagem que discuta as relações CTSA traz consigo elementos que contribuem para a religação dos saberes e ao mesmo tempo torna o conhecimento mais

*atraente* para o estudante uma vez que lhe confere elementos que permitem uma intenção consciente com a ciência e a tecnologia .

Destacaremos alguns preceitos da abordagem pautada nas relações entre CTSA e quais as implicações pedagógicas de tal abordagem.

## **3.2 A PERSPECTIVA CTS E O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Em seu artigo sobre o estado da arte da pesquisa em Educação em Ciências Cachapuz (et al., 2008) ressalta a o fortalecimento de linhas de pesquisa centradas em abordagens multidisciplinares e o movimento pautado nas inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) tem destaque especial.

Fazemos uma breve introdução histórica do movimento CTS assim como analisaremos mais pormenorizadamente seus pressupostos teóricos e suas principais implicações para o ensino de ciências.

### **3.2.1 BREVE RETROSPECTIVA SOBRE O MOVIMENTO CTS**

Com o fim da Segunda Guerra Mundial recursos que eram considerados inesgotáveis tiveram que ser vistos de maneira mais consciente, a ciência e a tecnologia, seus avanços e descobertas despertaram uma visão crítica, um novo olhar em torno dos acontecimentos (MORTIMER, 2000-a).

Em meados dos anos de 1960 e início da década de 1970, um cenário de Guerra Fria, crises politco-socio-ambientais, gerou-se uma discussão por parte de grupo de cientistas, políticos e líderes de movimentos sociais (muitos destes do recém criado movimento ambientalista) em torno da relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Questionava-se a postura vigente em que a população utilizava a tecnologia sem refletir nas conseqüências que essa traria consigo e a visão de ciência como uma atividade livre de interesses políticos e ideológicos que proporcionava a noção que *se é científico é bom para todos* sem refletir sua natureza controversa (SILVA, 2007).

O cenário que definiu o surgimento deste movimento é descrito por Waks (1996) da seguinte maneira:

O agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência de muitos intelectuais com relação às questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a necessidade da participação popular nas decisões públicas, estas cada vez mais sob o controle de uma elite que detém o conhecimento científico e, sobretudo, o medo e a frustração decorrentes dos excessos tecnológicos

propiciaram as condições para o surgimento de propostas de ensino CTS (WAKS, 1996, p. 74).

Dois trabalhos da década de 1960 foram importantes para o questionamento quanto a existência de um método científico, de uma ciência neutra e objetiva e uma sociedade científica não-consevadora aspectos presnetes na ideologia da época. Ideologia essa cristalizada na equação: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem estar social

Segundo Mortimer (2000-b) na década de 1970 a temática foi inserida nas discussões das organizações políticas e científicas devido à crise petrolífera, aos acidentes nucleares, etc. Chegando ao Brasil como proposta de encarar a ciência como fruto do cenário sócio-econômico e político de uma época que configura a tradição europeia para o movimento CTS. Na década seguinte, a orientação passou a ser a de analisar as implicações do desenvolvimento científico e tecnológico para a sociedade, consequência da tradição norte-americana para o movimento CTS.

No Brasil foram produzidos textos, artigos de forma propedêutica na abordagem CTS. Publicações pontuais que contemplaram reflexões no meio universitário, desenvolvendo visão crítica acerca da ciência e da tecnologia na formação de profissionais, políticas públicas, reflexão sociológica entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (BAZZO, 2003).

O raio de influência foi ampliado para o Ensino de Ciências no Ensino Médio e Fundamental a partir dos anos 80, objetivando a formação de cidadãos capazes de exercer um controle social do desenvolvimento Científico e Tecnológico, pois os currículos convencionais não davam conta de formar o cidadão em ciência e tecnologia, e os países desenvolvidos industrialmente tinham essa demanda.

Diversos materiais didáticos foram desenvolvidos considerando as orientações da proposta CTS. Como por exemplo, o projeto de Unidades Modulares de Química , as coleções de livros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química da Universidade de São Paulo (USP) – GEPEQ, (1993, 1995, 1998), e do Grupo de Reestruturação do Ensino de Física (GREF) também da USP apenas para citar alguns exemplos (MORTIMER, 2000-a).

É importante destacar que em maio de 1990 foi realizada em Brasília a Conferência Internacional de Ensino de Ciências para o Século XXI – Alfabetização em Ciências e Tecnologia cujo eixo temático central era a Alfabetização Científica dos cidadãos.

Descrevemos adiante algumas das características marcantes do Ensino de Ciências (Física em especial) baseado na abordagem CTS.

Na década de 1990 o aspecto **ambiental** toma parte na tríade CTS dando origem a discussões sobre questões ambientais surgindo o movimento CTSA (BASTOS, 2009).

### **3.2.2 O ENSINO COM ÊNFASE CTS**

O ensino com abordagem CTS é aquele que trata da estreita relação existente entre o desenvolvimento dos conceitos científicos, aparatos tecnológicos e que devem levar tomada de decisão frente a problemas de relevância social (MORTIMER, 2000-b).

Morin e Le Moigne (1999, p. 33) justificam que a ciência ocupa o centro da sociedade, e que os conhecimentos científico e técnico se estimulam mutuamente, sendo necessário distingui-los não dissociá-los e que o verdadeiro problema de relevância não só social mas também moral reside do enorme poder vindo da ciência. Para utilizar essa poder de forma produtiva Cachapuz et al. (2008) afirma que a abordagem pode auxiliar a “(...) rever e aprofundar o diálogo entre as várias ciências que o cartesianismo separou”. Tal diálogo pode levar as ciências da natureza e as ciências sociais manterem uma relação simbiótica de desenvolvimento mútuo.

Este ensino CTS apresenta as seguintes concepções (MORTIMER, 2000-a):

- 1) A Ciência como atividade desenvolvida por homens que procura controlar o ambiente e a nós mesmos, e que tem inter-relação com a tecnologia e as questões sociais, como já foi citado;
- 2) A Sociedade que busca passar uma visão operacional e sofisticada de como se tomam as decisões sobre problemas relacionados à tecnologia, sendo o alvo tanto o cidadão “comum” quanto o cientista;

- 3) O estudante como alguém que possa tomar um posicionamento consciente ante os problemas sociais por compreender as bases científicas da tecnologia e as bases práticas de suas decisões;
- 4) Professor como alguém que auxilia o desenvolvimento do conhecimento do aluno e que tem comprometimento com a complexa inter-relação entre ciência, sociedade e tecnologia.

A abordagem CTS é relevante para o ensino de Ciências Naturais ao passo que oportuniza a discussão de temas relevantes para a sociedade contemporânea e de problemas não simulados, que exigem uma abordagem transdisciplinar, envolvendo questões sociais, políticas, éticas e científicas. Faz-se necessário numa abordagem CTS em que os conteúdos científicos e tecnológicos sejam discutidos conjuntamente com os conteúdos históricos, éticos e ambientais, político e sócio-econômicos inerentes. Bazzo esclarece qual o enfoque da proposta com sendo a de contemplar interações entre CTS promovendo o interesse dos estudantes nos fenômenos da vida cotidiana, dos fatos, das aplicações científicas e suas implicações éticas, sociais inseridos no Ensino de Ciências numa tentativa de formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver ações responsáveis (BAZZO, 2000).

Os educadores do sistema educacional brasileiro não se furtaram desta discussão na elaboração das Orientações Curriculares para o Ensino Médio Nacionais -OCEM. (BRASIL, 2006).

### **3.2.3 OBJETIVO DA ABORDAGEM CTS**

Como já nos referimos antes o objetivo da abordagem CTS é o de proporcionar a alfabetização<sup>2</sup> científica dos alunos, mas não mera informação sobre os avanços da ciência e tecnologia, mas causar uma reflexão sobre as questões éticas, sociais, ambientais que estes avanços proporcionam, adquirindo estes conhecimentos tornem-se cidadãos conscientes, nas suas decisões.

---

<sup>2</sup> O termo alfabetização científica tem origem norte americana e é atribuído a Paul Hurd em suas pesquisas em educação em ciências em 1958. Refere-se a idéia de dar aos estudantes os conhecimentos de ciência básica necessário para que esses possam interagir com no mundo de forma consciente autônoma (CACHAPUZ, 2008).

Segundo as OCEM:

O enfoque CTS pode contribuir para a construção de competências, tais como: atitudes críticas diante de acontecimentos sociais que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos, e tomada de decisões sobre temas relativos à ciência e à tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica (BRASIL, 2008, p.63).

Os estudantes compram aparelhos eletroeletrônicos e será que eles ponderam sobre outros fatores que não sejam apenas a imediata eficiência do mecanismo ante a tarefa que se propõe a fazer? Será que a relação custo-benefício é tão clara para os estudantes? Os custos ambientais são considerados na hora da aquisição do produto? Será que o produto não foi confeccionado por meio de mão-de-obra escrava, ou por meio de contrabando? (MORTIMER, 2000-a).

Por meio da reflexão da relação CTS abre-se uma oportunidade para reduzirmos, em longo prazo, o consumo desenfreado de material não-reciclável. Assim os conteúdos atitudinais podem ser postos em prática, mas via de regra estes estudantes precisam ter consciência das questões relevantes que desencadeiam as ações de cidadania, fraternidade e ética.

Tal abordagem CTS contribui para a alfabetização científica descrita por Cachapuz (2005) como um enriquecimento dos termos utilizados com conteúdos, uma vez que estes se tornam compreensíveis para a população. Pode-se dizer que há um processo de retroalimentação uma vez que a alfabetização científica contribui para a tomada de decisão do cidadão e este uma vez que toma ciência do seu papel ante as demandas sociais procura mais informação.

A alfabetização científica a partir de temática CTS contribuirá para a construção de um conhecimento de Física menos livresco, desfazendo a idéia de uma ciência “intocável” (CACHAPUZ, 2005).

### **3.2.4 A ESTRUTURA CONCEITUAL CTS**

A estrutura dos conceitos em CTS está centrada em três temas geradores:

- i) **Conceitos científicos e tecnológicos:** dão ênfase a aspectos relacionados com os interesses pessoais, a procura cívica de cidadania e perspectivas culturais.

ii) **Processos de investigação:** visam à participação ativa dos estudantes na busca de informação, obtenção de soluções e tomada de decisão.

iii) **Interações entre ciência, tecnologia e sociedade:** propicia o desenvolvimento de valores e idéias ante situações problemáticas de alcance local ou mundial.

Segundo Bazzo 2003 “Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas conseqüências sociais e ambientais”.

No ensino de Ciências Naturais, a tendência conhecida desde os anos 80 como “Ciência, Tecnologia e Sociedade” (CTS), que já se esboçara anteriormente e que é importante até os dias de hoje, é uma resposta àquela problemática ambiental e social destacada nos anos de 1950.

No âmbito da pedagogia geral, as discussões sobre as relações entre educação e sociedade se associaram as tendências progressistas, que no Brasil se organizaram em correntes importantes que influenciaram o ensino de Ciências Naturais. Em paralelo à CTS, enfatizando conteúdos socialmente relevantes e processos de discussão coletiva de temas e problemas de significado e importância reais.

Com relação às questões metodológicas, segundo Bazzo (2003) a abordagem CTS sugere a utilização de várias estratégias de ensino, tais como: palestra com especialistas, visitação às fábricas, resolução de **situação-problema**, sessões de questionamentos, **debates**, e **experimentos em laboratório**. Tais estratégias exigem a associação dos campos de conhecimentos tecnológico, social, científico e ético.

Sobre esse arquétipo metodológico oferecido na abordagem CTS daremos maior ênfase a utilização de situação-problema no contexto do ensino de ciências.

### 3.2.5 SITUAÇÃO-PROBLEMA COMO FERRAMENTA DA ABORDAGEM CTS

A abordagem de ensino com orientação CTS e CTSA é naturalmente problêmica e o modelo de ensino requer uma situação em que o estudante seja motivado a envolver-se na busca de soluções para problemas que sejam relevantes diante do contexto do aluno dada suas implicações com a ciência-tecnologia-sociedade-ambiente.

Merieu (1998) enfatiza que nenhum modelo pedagógico é realmente dedutível de uma teorização psicológica, todos são fruto de uma inventividade didática do homem. Com isso afirmamos que o uso de situação-problema (SP) na abordagem CTSA é fruto da adequação da metodologia ao projeto “ético” que inspirara tal abordagem, sua confiabilidade e a fecundidade que a SP tem de mobilizar o estudante a construir seu conhecimento. Isso não invalida o uso de outros modelos, já que aprendizagem não tem receita e maneira única de ser feita, mas acreditamos que a SP faz o aluno aprender e que aprendendo este por ir além compreender o mundo construindo o próprio saber.

Explicando do modelo baseado em SP descrito por J. Rancière em seu livro “Pedagogia da emancipação” (*apud* Merieu, 1998) esclarece que:

O educador, consciente do fato de que explicar uma coisa a outrem é o melhor meio de impedi-lo de encontrar por si só, assume a tarefa de inventar situações que impõem que ele se aproprie das soluções necessárias; o sujeito se vê aí, de certa forma, **obrigado a utilizar** sua própria inteligência (Rancière *apud* Merieu, 1998, p. 170) (grifo nosso).

Essa premissa coloca o educador não como um oráculo de conhecimento de quem o estudante absorve, como uma tábua rasa, tudo que o primeiro lhe queira transmitir, isso gerou a aprendizagem mecânica de memorização “para prova” que não é suficiente para auxiliar na construção de um cidadão crítico e autônomo. A premissa por outro lado sugere que o papel do educador é o de problematizador, seu papel é o gerar o cenário propício através de problemas que “forcem” o estudante a ir em busca de respostas e ao encontrá-las possa estar apto a

confrontar-se com problemas cada vez mais elaborados que exigirão também respostas mais aprofundadas gerando o movimento recursivo de aprendizagem motivada pela busca de soluções.

### **3.2.5.1 CAMINHOS PARA ELABORAR UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA**

Para Nuñez e Franco (2002) ao organiza uma situação problêmica o professor deve levar em consideração os seguintes critérios:

- Não pode ser tão fácil que não provoque dificuldades, nem tal difícil que fique fora do alcance cognitivo dos estudantes;
- Deve projetar-se com caráter perspectivo para dirigir a atividade cognitiva em busca da solução do problema;
- Deve ser dinâmica refletindo a relação de causas múltiplas entre os processos objetos de estudo.

Ao ver-se diante de uma SP o estudante pode não reconhecer a situação como uma perturbação cognitiva e sim como uma exceção ao sistema explicativo (sistema epistêmico).

Tal situação assemelha-se a atitude dos cientistas, assinalada por Kuhn (2006), em face a novos fatos que contradizem as suas teorias não renunciam as suas teorias mas constroem respostas *ad hoc*.

Os alunos devem estar conscientes de que não se abandonam suas hipóteses como conseqüência de uns poucos resultados negativos e que, embora, o papel do experimento seja essencial na ciência, as teorias só se abandonam quando existe clara evidencia contra a mesma e uma outra concepção alternativa (GIL *apud* NUÑUZ E RAMALHO, 2004).

Essa SP deve ter validade e importância para o aluno e para isso é importante que essa tenha um contexto que possa ser reconhecido pelo estudante e que uma vez motivado pela SP esse possa ir buscar as ferramentas que o ajudarão a dar uma resposta condizente.

O professor tem o papel de fornecer fontes que auxiliem os estudantes na construção da solução da SP. Isso pode ser feito ao fornecer referências

bibliográficas, indicando fontes na internet, promovendo debates entre os estudantes, através de atividades experimentais, atividades em campo, entrevistas com especialistas, etc (NUÑES E FRANCO, 2002).

Uma vez que o estudante investiu na busca pelo conhecimento esse dever dar uma solução a SP proposta, a figura 1 dá um exemplo desse processo:

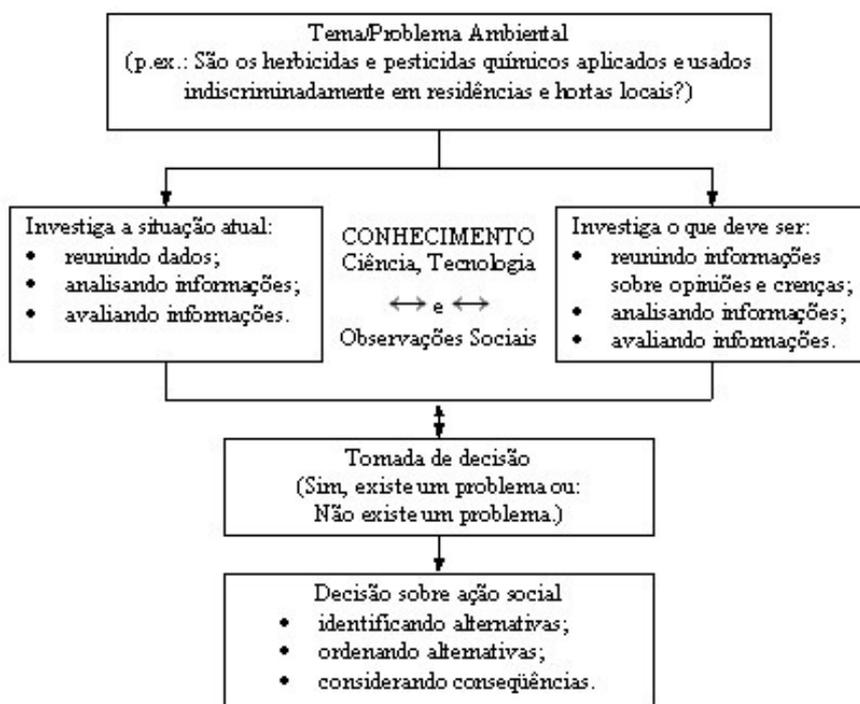


Figura 1 – estratégias de ensino de temas CTS com uso de SP.

### 3.2.6 ABORDAGEM CTSA NO ENSINO DE FÍSICA.

A problematização das implicações da relação CTSA inaugura uma nova dimensão, em que as discussões da abordagem CTS não ofereciam as ferramentas necessárias ao debate mais amplo referentes a aspectos sócio-ambientais, a relação da educação científica e os problemas atuais da humanidade relativos a danos ambientais com seus efeitos de ordem tanto local como global (CARVALHO, 2005).

Educadores e pesquisadores como Glen Aikenhead, Joan Salomon, John Ziman entre outros influenciaram as pesquisas em educação e as políticas públicas educacionais em Ciências em seus países, produzindo trabalhos sobre a abordagem

CTS nas décadas de 1970 e 1980 (ALVES, 2007). Mas nessas produções não trazia ou não era evidente a dimensão ambiental como pressuposto importante, pois aspectos dessa natureza apareciam de modo bastante periférico nos diferentes contextos educacionais em ciências. As questões sócio-ambientais apareciam em determinadas discussões em assuntos presentes em Biologia (GIL-PEREZ, 2003).

O contexto histórico dessas duas décadas não evidenciou as discussões sobre os desastres ambientais que mesmo tendo motivações locais, em razão da negligência de determinadas pessoas ou grupos econômicos ou políticos, faziam seus efeitos muitas vezes com ecos globais.

Diante dessas agressões ao meio ambiente começou a surgir as discussões e as primeiras organizações para tentar propor ações que levassem a um modelo de desenvolvimento mais sustentável. Isso ficou evidente com a realização da Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Humano (Estocolmo/Suécia – 1972), o Encontro de Belgrado (Iugoslávia – 1975), a Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental (Tbilisi, Geórgia/ex-URSS – 1977), a Conferência Internacional (Moscou/1987) e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio de Janeiro – 1992) (GIL-PEREZ, 2003).

Diante de tais iniciativas o campo educacional brasileiro começa a mobilizar-se para introduzir as questões CTS no contexto escolar. Em especial no ensino de física, materiais como o Blomfield (1997) e GREF (2002) subsidiaram orientações importantes para a prática docente (ALVES, 2007).

Entretanto, tais obras orientam pouco quanto à discussão sócio-ambiental já que estas apresentam discussões mais voltadas para produtos tecnológicos sem contextualização com o aspecto mencionado.

Nosso trabalho contribui para o Ensino de Ciências/Física ao apontar caminhos para que os docentes possam discutir a questão pungente do fenômeno do Aquecimento Global a partir das evidências que a ciência subsidia para gerar uma compreensão de um fenômeno com enorme quantidade de variáveis entrelaçadas, porque não dizer complexa.

Não nos fixamos, no entanto apenas na esfera conceitual do AG, mas fazemos isso mostrando as duas principais teorias que a ciência, como construção humana controversa e transitória, dá para o fenômeno.

Discutindo as causas naturais e antrópicas do fenômeno do AG enfatizando as implicações sociais, econômicas, políticas e éticas para que se possa chegar a uma resposta adequada a uma questão que sem uma abordagem CTSA poderia nos levar à respostas ingênuas e sem consciência crítica embasada.

### 3.3 AQUECIMENTO GLOBAL E EDUCAÇÃO

O fenômeno do Aquecimento Global começou a ser monitorado na primeira metade do século XX (WEART, 2003). Levar para sala de aula temas sócio-ambientais é uma importante ferramenta na construção de cidadãos comprometidos com o bem estar social (BRASIL, 1999).

Um número cada vez maior de trabalhos tem sido desenvolvidos visando compreender como envolver esta problemática relevante nas discussões de Ciências Naturais em sala de aula.

Discutiremos trabalhos que envolvem a temática Aquecimento Global e o Ensino de Ciências. Dividimos estes trabalhos de forma *didática* em três eixos:

- a) **O Aquecimento Global nos meios de comunicação:** os trabalhos neste eixo procuraram identificar como o fenômeno do Aquecimento Global era divulgado em diversos meios de comunicação como a televisão, internet, revistas e livros didáticos.
- b) **Concepções sobre Aquecimento Global:** estes trabalhos buscaram compreender qual era o entendimento dos pesquisados a respeito do tema.
- c) **Aquecimento Global para Ensinar Ciências:** nesse eixo temos os trabalhos que pesquisam formas de utilizar o Aquecimento Global como tema para discutir ciências. Trabalhos com argumentação de temas controversos (como é o caso do AG) se destacam como ferramenta para trabalhar temas que tem uma relação entre CTSA (BOCANEGRA e SILVA, 2008; SILVA e CARVALHO, 2006).

#### 3.3.1 O AQUECIMENTO GLOBAL NOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Os pesquisadores Barreto e Steinke da Universidade de Brasília realizaram em 2008 um levantamento das principais produções bibliográficas sobre o AG e constataram que a visão do AG devido às emissões de CO<sub>2</sub> como resultado da queima de combustíveis fósseis é ratificada pelos relatórios do IPCC e tidos como a palavra final sobre a questão. Na verdade há um considerável número de pesquisadores que acreditam que a ação humana não é decisiva para a criação de um AG.

Os pesquisadores ainda criticaram os meios de comunicação em massa que não divulgam informações sobre as mudanças climáticas devido a fatores naturais e

cíclicos, explorando apenas uma visão catastrófica sobre o fenômeno que “tornou-se o vilão de qualquer alteração no clima” (BARRETO e STEINKE, 2008; RODRIGUES, 2009)

Os pesquisadores também fizeram entrevistas de forma semi-estruturada com 20% dos professores de geografia de 79 escolas públicas do Distrito Federal e constataram que um número baixo de profissionais faz uso da temática AG em sala de aula.

O AG é abordado nos livros didáticos do Ensino Médio de forma acessória, discute de forma superficial os conceitos físicos, relevantes para a compreensão do fenômeno, não tratam as previsões apontadas por especialistas em climatologia e não propõem soluções para as comunidades que vivem em zonas de risco no Brasil (SANTOS E BARROS, 2010).

O tema também é tratado de forma inadequada em livros paradidáticos e jornais não científicos de grande circulação. Estes meios divulgam uma visão catastrófica do fenômeno do Efeito Estufa e mudanças climáticas sem preocuparem-se com a fundamentação científica de seus argumentos. Isso é preocupante já que o tema tem grande importância para a vida das pessoas deveria ser tratado de forma mais rigorosa em seus argumentos científicos (XAVIER e KERR, 2004; LOBATO *et al*, 2009).

### **3.3.2 CONCEPÇÕES SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL**

No trabalho de Libanore e Obara apresentado no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) em 2009 foram pesquisadas as concepções de 40 estudantes do 9<sup>a</sup> ano do Ensino Fundamental e 02 professoras das disciplinas de Ciências e de Geografia do Ensino Fundamental de uma escola particular de um município da região Noroeste do Estado do Paraná - Brasil. As pesquisadoras constataram que tanto discentes quanto docentes confundiram conceitualmente o Efeito Estufa, o Aquecimento Global e camada de ozônio.

Os pesquisados declaravam que a destruição pela ação humana da camada de ozônio é responsável pelo Efeito Estufa, o que não é verdade uma vez que este é um fenômeno natural (LIBANORE e OBARA, 2009; MANZOCHI, 2009).

Outra constatação do trabalho de Libanore e Obara (2009) foi que o Efeito estufa e o Aquecimento Global são tomados como sinônimos, o que é um erro conceitual.

A fonte principal de informação apontada pelos pesquisados foi os noticiários de televisão, o que reforça a constatação do trabalho de Barreto e Steinke (2009) que os meios de comunicação não contribuem para a formação de uma opinião qualificada e sendo urgente uma ação da escola para propiciar um debate coerente das questões relativas às mudanças climáticas.

Os pesquisadores Sérgio Camargo e Roberto Nardi (2000) em seu trabalho para o IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física verificou que os licenciandos em geral não utilizam a temática ambiental (no caso o Efeito Estufa) no planejamento de suas aulas e quando o fazem utilizam um discurso autoritário ao ministrar tais aulas, deixando pouco espaço para a argumentação sobre fenômenos como Aquecimento Global.

### **3.3.3 AQUECIMENTO GLOBAL PARA ENSINAR CIÊNCIAS**

Em artigo publicado na revista Investigações em Ensino de Ciências em 2009 os pesquisadores Luciano Silva e Luiz Carvalho constataram que professores de Física durante a formação inicial tem receio de trabalhar temáticas sócio-ambientais, tal como o Aquecimento Global porque acreditam que isso implicará em um número menor de conceitos científicos abordados. O que nos leva a inferir que os licenciandos têm uma forma linear de pensar sua prática, acreditando que quanto maior o número de conceitos físicos ensinados melhor será o aproveitamento dos estudantes. Lembrando que para Morin (2002) cabeça cheia não é cabeça bem feita.

Esse receio é justificado por Silva e Carvalho (2009) uma vez que a fonte de inspiração destes profissionais em formação é o próprio ensino que vivenciaram na escola básica e durante a graduação. Uma vez tendo recebido um ensino tradicional a tendência é reproduzir tal prática.

Essa postura defensiva por parte dos licenciandos pode torna-se um obstáculo a incorporação de temas controversos no ensino de Física, prejudicando a necessária contextualização do conhecimento físico em sala de aula (SILVA E CARVALHO, 2009).

Mas apesar disso licenciandos mostraram-se capazes de reconhecer as controvérsias do tema AG e propor ações para o ensino do tema (NICOLAI-HERNÁNDEZ e CARVALHO, 2006)

A tese de doutorado da estudante da Universidade Federal de Minas Gerais Amanda Ribeiro (2009) expõe que os temores dos licenciandos da pesquisa de Silva e Carvalho (2009) são legítimos, mas o uso de temática CTSA no ensino de Física proporciona abordagem de uma quantidade razoável de conceitos científicos e o que é mais significativo é que estes conceitos são ancorados em uma situação contextualizada o que propicia a religação de conhecimentos, evitando que o estudante fique sem a resposta para pergunta: em que isso vai servir em minha vida?

Em sua experiência inserindo o AG no Ensino de Ciências Bocanegra e Silva (2009) relataram como um professor de Física e um de Química de uma escola pública de Ensino Médio do interior de São Paulo em 2006 realizaram uma intervenção junto a quatro classes do 3º ano do Ensino Médio. Os professores utilizaram o Efeito Estufa para contextualizar o ensino de Ondas eletromagnéticas, o balanço energético da atmosfera e ligações químicas. Utilizaram vídeos como Uma Verdade Inconveniente e o Dia depois de Amanhã.

A utilização de vídeos como recurso para o ensino de ciências com base no AG é uma ferramenta motivadora da aprendizagem promissora segundo Amaral (2007)

Uma dos desafios elencadas para discutir temas CTSA a partir de temas de controvérsia Sócio-científica, como AG, é o curto tempo dos professores para planejarem juntos suas aulas, o planejamento dos recursos didáticos utilizados demandaram muito estudo e reflexão (BOCANEGRA E SILVA 2009).

As potencialidades dessa abordagem são: um maior interesse dos estudantes pela disciplina, uma correlação maior entre conceitos de disciplinas distintas de forma transdisciplinar, uma compreensão melhor de conceitos científicos (RAMSEY, 1993; BOCANEGRA E SILVA 2009).

Segundo trabalhos como o de Cintra e Cavalcante (2008) o currículo do estado de Pernambuco para Ciências Naturais é antigo e não contempla as demandas atuais

da sociedade, necessitando de urgente renovação. Dificuldade apontada também em São Paulo por Nicolai-Hernández e Carvalho (2006).

Todos os textos pesquisador apontam a discussão das mudanças climáticas como um caminho promissor e necessário para a renovação do ensino de ciências.

Discutiremos o fenômeno adiante o Aquecimento Global.

### **3.3.4 O FENÔMENO DO AQUECIMENTO GLOBAL**

Nesta seção faremos uma explanação, de forma sucinta, de fatores importantes para compreender a elevação da temperatura média da atmosfera do planeta, mais comumente conhecido como Aquecimento Global (WERT, 2003).

O fenômeno do Aquecimento Global é um fenômeno de caráter complexo com múltiplas variáveis. Há diversas teorias para explicar as causas de tal fenômeno (BLÜCHEL, 2008; LYNAS, 2008), destacamos duas:

- Uma corrente de pesquisadores acredita que o AG é fruto de uma intensificação do Efeito Estufa pela maior concentração de gases que potencializam tal efeito devido a **causas antrópicas** como a queima de combustíveis fósseis e alteração na cobertura vegetal da superfície terrestre;
- Outra corrente de pesquisadores acredita que o AG é fruto de interações climáticas naturais e cíclicas **não sendo a ação humana a responsável** por pela elevação da temperatura média da Terra.

O climatologista Luiz Molion (2005) faz uma análise crítica dos principais parâmetros que devem ser analisados para compreender o AG e este posiciona-se, diante das evidências, favorável à teoria do AG não-antrópico. Nós compartilhamos da mesma convicção do climatologista, ressaltando que não há consenso em relação ao assunto no meio científico e que o fenômeno ainda carece de mais estudos para ser plenamente compreendido.

Segundo Molion (2005) a hipótese do AG está alicerçada sobre quatro pilares básicos: i) a série de temperatura média global do ar observada nos últimos 150 anos; ii) os eventos naturais que controlam o clima iii) a variabilidade na

concentração de gás carbônico; os iv) resultados obtidos com modelos numéricos de simulação de clima. Discutimos a seguir cada um dos três pontos.

#### **3.3.4.1 O REGISTRO DA TEMPERATURA POR INSTRUMENTOS**

Os registros da temperatura da atmosfera tem sido feitas em estações climatométricas que estão localizadas em pontos do globo e que registram as variações apenas em torno desse micro-campo. Outro desafio é variabilidade de métodos e instrumentos de medição da temperatura ao longo de 150 anos o que torna menos confiável longas séries históricas (MOLION, 1995).

A fim de sanar tais dificuldades sugere-se a utilização de satélites já que medem a temperatura global pois fazem médias sobre grandes áreas, incluindo oceanos, enquanto as estações climatométricas não.

Por haver problemas de representatividade, tanto de ordem temporal quanto de ordem espacial, das series de temperatura observadas o que torna extremamente difícil a sua globalização.

#### **3.3.4.2 VARIABILIDADE NATURAL DO CLIMA**

O Efeito Estufa tem a importante função controlar a saída de ondas longas da atmosfera. Outros fatores naturais além do Efeito Estufa controlam o clima da Terra, discutiremos alguns dos mais significativos.

Segundo Molion (2006) um dos fatores que determinam o clima da Terra se refere ao percentual de radiação solar refletida de volta para o espaço exterior, conhecido como albedo planetário. O albedo planetário varia de acordo com a variação da cobertura de nuvens, a quantidade de partículas em suspensão (aerossóis) na estratosfera e as características da cobertura da superfície (se esta é mais ou menos reflexiva a radiação).

Quando um vulcão entra em erupção este lança toneladas de aerossóis na estratosfera, isso acarreta um aumento do albedo planetário causando resfriamento importante durante décadas. Um exemplo foram as erupções dos vulcões El Chichón (1982) e Pinatubo (1991) que causaram um resfriamento de 0,5°C durante três anos (MOLION, 1995).

Blüchel (2008) adverte para o fato da potencialização do efeito de resfriamento dos oceanos dada a inércia térmica dos oceanos ao responderem a estas variações bruscas.

Fatores externos como a mudança de parâmetros orbitais da Terra e as flutuações na produção de energia no Sol são preponderantes na determinação do clima do planeta.

O Sol, principal fonte de energia para os processos físicos da atmosfera, produz em média  $1370 \text{ Wm}^{-2}$ . Observações feitas com sensores acoplados a satélites detectaram uma variação de até 0,2%, ou seja,  $2,7 \text{ Wm}^{-2}$  com ciclo de 11 anos das manchas solares.

Falta conhecimento científico para determinar a influência da variação da produção de energia do Sol sobre o clima da Terra, embora o IPCC afirme em seu 4º relatório que esse fator não é significativo.

É muito provável, portanto, que o aquecimento observado entre 1920-50, que corresponde a 70% do aquecimento verificado no últimos 150 anos, tenha resultado do aumento da atividade solar, que atingiu seu máximo em 1957/58 e da redução da atividade vulcânica, ou seja, reduções de albedo planetário, e não do Efeito Estufa intensificado pelas atividades humanas que, na época, emitiam menos de 10% das emissões atuais de carbono (BLÜCHEL, 2008).

### **3.3.4.3 VARIABILIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub>**

Um dos argumentos dos que defendem a teoria do AG com causas antrópicas é correlacionar a potencialização do Efeito Estufa<sup>3</sup> devido ao aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, este gás seria derivado da queima de combustíveis de origem fóssil para a realização de atividades humanas.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (sigla em inglês IPCC) (2007) em seu quarto relatório afirmou que o CO<sub>2</sub> é o principal gás antropogênico e que sua

---

<sup>3</sup> Parte da radiação ultravioleta que chega ao planeta é refletida de volta ao espaço e parte da radiação térmica emitida pela Terra e pelos oceanos é absorvida pela atmosfera, incluindo as nuvens, e volta a ser irradiada para a Terra. Este é o chamado **Efeito Estufa** que matem a temperatura do planeta 30°C mais elevada devida a camada de gases que reflete parte da radiação incidente (CHARLSON, 1990).

concentração de 379 ppmv em 2005 foi a maior ocorrida nos últimos 650 mil anos, período em que ficou limitada entre 180 e 300 ppmv.

Ressaltamos que mais de 97% das emissões de CO<sub>2</sub> são naturais, cabendo ao homem menos de 3%, total que seria responsável por uma minúscula fração do Efeito Estufa atual, algo em torno de 1,1% (MOLION, 2005).

Um dos métodos utilizados para verificar a concentração de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo são as bolhas de ar presas em barras de gelo extraídas dos polos. Dados comprovam que quando houve aumento na temperatura da Terra esta aconteceu antes do aumento da concentração de CO<sub>2</sub>. Por isso pode-se concluir que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> é efeito e não a causa do aumento da temperatura (CAILLON *apud* BLÜCHEL, 2008).

#### **3.3.4.4 LIMITAÇÕES DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO DO CLIMA**

Por fim os modelos criados para prever o comportamento da temperatura da atmosfera têm diferenças consideráveis entre si. Como dito antes, os sistemas climáticos são sistemas complexos que possuem um número alto de variáveis das mais diversas naturezas.

Fatores como a densidade das nuvens, salinidade dos oceanos, níveis de atividade solar entre outros devem ser considerados na construção de um modelo coerente de previsão (MOLION, 2006).

Modelos climáticos tem projetado até 60% de disparidade entre si. Molion (2005) nos diz que um bom método para testar o modelo climático é fazê-lo voltar no tempo com suas previsões e verificar se estas procedem de acordo com dados de medições.

Diante de tais evidencias podemos verificar o caráter controverso da construção do conhecimento científico que a partir de argumentos e contra-argumentos edifica ou refuta teorias. O AG ainda deverá passar por muitas discussões balizadas pelas evidencias experimentais e a razão.

### 3.3.5 CONCEITOS FÍSICOS PARA COMPREENSÃO DO AQUECIMENTO GLOBAL

As ciências que estudam o clima da Terra como a Climatologia utilizam-se de métodos e conceitos das mais variadas ciências. Sem os conceitos da Física não seria possível estudar os fenômenos atmosféricos. Como vimos na seção intitulada “O Fenômeno do Aquecimento Global” diversos conceitos físicos foram utilizados para expor as conclusões dos pesquisadores a respeito de como se processa o fenômeno em questão.

Não é nosso interesse fazer uma explicação detalhada de cada um dos conceitos físicos correlacionados no AG. Alguns destes conceitos-chave para a compreensão do fenômeno são:

- a) **Temperatura** – o conceito de temperatura é explicado com o auxílio da noção de equilíbrio térmico. Segundo Feynman *et al* (2008) temperatura é o valor médio da energia cinética das partículas que compõem um sistema em equilíbrio térmico.
- b) **Escala termométrica** – são escalas utilizadas para indicar valores de temperatura, algumas destas escalas são: Kelvin (K), Celsius (°C) e Fahrenheit. A conversão dos valores de temperatura (T) entre estas escalas é dada pelas seguintes equações  $T_{°C} = T_K - 273°$ ;  $T_{°F} = \frac{9}{5}T_{°C} + 32°$ ;  $T_K = \frac{5}{9}(T_{°F} + 459,67)$  (HALLIDAY *et al*, 1996).
- c) **Energia** – segundo Rodrigues (2005) um das mais difíceis definições da física é do conceito de energia. Energia pode ser definida como a capacidade de produzir mudanças em um sistema, como por exemplo realizar trabalho.
- d) **Trabalho** – o trabalho realizado por uma força é igual ao produto do deslocamento pela componente desta força ao longo do deslocamento, ou seja, o produto escalar entre a força e o deslocamento (ALONSO E FINN, 1972).
- e) **Potência** – a potência pode ser definida como a razão entre o trabalho e tempo gasto para executar tal trabalho (ALONSO E FINN, 1972).
- f) **Calor** – Alonso e Finn (1972) definem calor como o valor médio do trabalho externo ou energia trocada entre um sistema e sua vizinhança devido a trocas individuais de energia que ocorrem como um resultado das colisões entre as moléculas do sistema e as moléculas da vizinhança. Note que calor é tão

somente uma denominação especial dada ao trabalho realizado ou a transferência de energia em um grande número de partículas.

- g) **Calor específico** – é característica própria de cada substância que indica a variação térmica que esta sofre ao receber certa quantidade de calor (NUSSENZVEIG, 2002).
- h) **Estados de agregação da matéria** – estes estados denotam características da organização dos átomos de uma substância sendo o estados sólidos, líquido e gasoso os mais comuns na natureza (HALLIDAY *et al*, 1996).
- i) **Leis da termodinâmica** – a lei zero da termodinâmica indica que o fluxo de calor dá-se naturalmente de um corpo com temperatura mais elevada para um de menor temperatura. A 1ª lei da termodinâmica tem correlação com o princípio da conservação da energia e sendo esta: a variação de energia interna de um sistema é igual ao calor absorvido mais o trabalho realizado sobre o sistema. A segunda lei da termodinâmica estabelece a “flecha do tempo”, idéia de processos irreversíveis e a idéia de entropia (NUSSENZVEIG, 2002).
- j) **Ondas eletromagnéticas** – são perturbações compostas por dois campos (elétrico e magnético) perpendiculares entre si, estas não necessitam de um meio material para propagarem-se (HALLIDAY *et al*, 1996).
- k) **Densidade** – a densidade de um corpo é definida como a massa desse corpo por unidade de volume.
- l) **Condução, convecção e radiação** - A condução acontece quando o calor é transmitido molécula a molécula de uma substância. A convecção é possível quando há diferença de temperatura dentro de um fluido, transferindo calor. Uma vez que os objetos recebem energia estes podem irradiá-la em forma de ondas eletromagnéticas (na faixa do infravermelho), quanto maior a temperatura maior a irradiação (HALLIDAY *et al*, 1996).
- m) **Gravitação universal** – Feynman (2008) ensinou em suas lições de Física que o movimento planetário é governado por uma força que é proporcional a massa dos corpos celestes e inversamente proporcional ao quadro da distância entre estes.
- n) **Dilatação térmica** – todos os corpos alteram suas dimensões quando sua temperatura varia, há uma expansão proporcional ao aumento da temperatura de acordo com um coeficiente de dilatação próprio de cada material.

Estes são exemplos de alguns conceitos científicos primordiais para que possamos compreender a dinâmica dos processos climáticos que compõem o Aquecimento Global.

Na próxima seção explicamos as bases da análise de conteúdo, instrumento este usado para tratar os dados construídos na pesquisa.

### 3.4 A ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise de conteúdo era utilizada inicialmente, em grande parte, para análise de dados “naturais” ou “disponíveis”. Estes dados existiam sem qualquer participação do pesquisador, como por exemplo, jornais, livros, documentos.

Contudo, uma tendência emergente é a utilização da análise de conteúdo para produzir inferências acerca de dados, verbais e/ou simbólicos, mas obtidos a partir intervenção de determinado pesquisador através de perguntas e observações.

Essa tendência desencadeia outras implicações, tais como: a crescente utilização da análise de conteúdo; um interesse maior por questões teórico-metodológicas; a aplicação da técnica numa gama vasta de problemas; especialmente aos relacionados aos antecedentes e efeitos da comunicação; das mensagens e dos discursos; uso como instrumento para testar hipótese; maior diversidade de materiais a serem estudados, entre outros.

A mensagem (seja ela verbal, gestual, silenciosa, figurativa, documental ou diretamente provocada) é o ponto de partida da análise de conteúdo. Ela expressa um significado e um sentido. Sentido esse que não pode ser considerado de forma descontextualizada, pois:

Os diferentes modos pelos quais o sujeito se inscreve no texto corresponde a diferentes representações que tem de si mesmo como sujeito e do controle que tem dos processos discursivos textuais com que está lidando quando fala ou escreve (VARLOTTA apud FRANCO, 2002).

A análise de conteúdo requer que as descobertas feitas tenham validade teórica. Uma informação puramente descritiva não relacionada a outros atributos ou á características do emissor é de pequeno valor. Um dado sobre o conteúdo de uma mensagem deve, necessariamente, estar relacionado, no mínimo, a outro dado. A articulação proposta neste tipo de relação deve ser representada por alguma forma de teoria. Assim, toda a análise de conteúdo implica em comparações contextuais. Os tipos de comparações podem ser multivariados, mas, devem, obrigatoriamente, ser direcionados partir da sensibilidade, da intencionalidade e da competência teórica do pesquisador.

Além das características já arroladas e que podem contribuir para uma melhor compreensão do que é Análise de Conteúdo, outras devem ser acrescentadas e explicitadas para um entendimento mais efetivo de suas características definidoras.

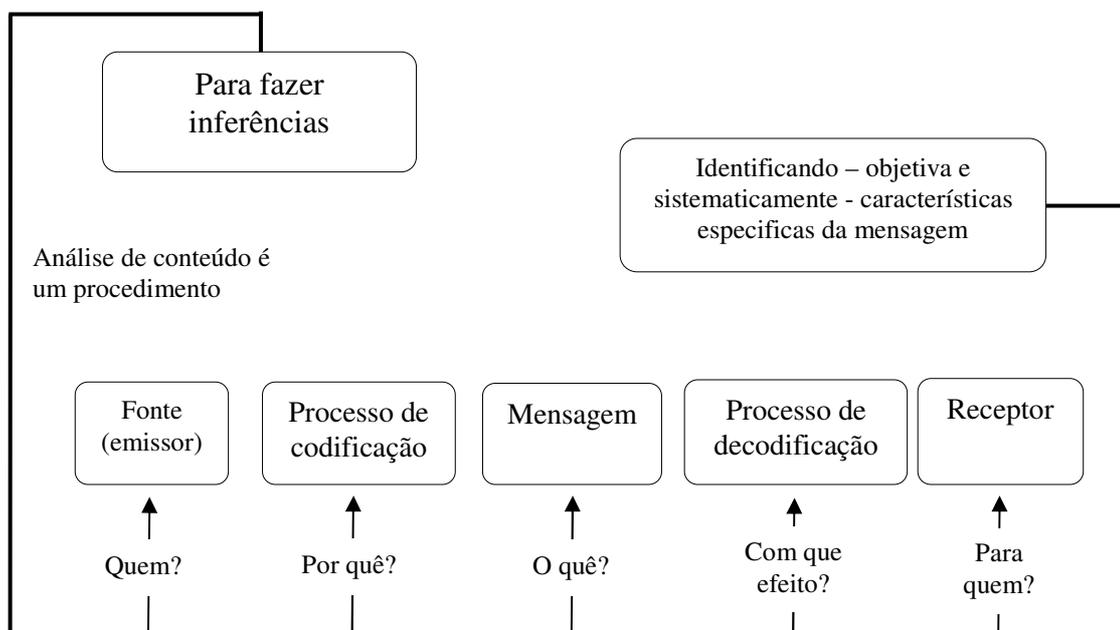


Figura 2 - Características definidoras da análise de conteúdo (FRANCO, 2008).

Como se observa na figura 1, a análise de conteúdo é um procedimento de pesquisa que se situa em um delineamento mais amplo da teoria da comunicação e tem como ponto de partida a mensagem.

Com base na mensagem, que responde às perguntas: O que se fala? O que se escreve? Com que intensidade? Com que frequência? Que tipo de símbolos figurativos são utilizados para expressar idéias? E os silêncios? E as entrelinhas? E assim por diante, a análise de conteúdo permite ao pesquisador fazer inferências sobre qualquer um dos elementos da comunicação.

Nesse sentido, concordamos com Bardin quando diz:

A análise de conteúdo pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (...). A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens,

inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não).  
(BARDIN apud FRANCO, 2008, p. 46)

Toda comunicação é composta por cinco elementos básicos: uma fonte ou emissão; um processo codificador que resulta em uma mensagem e se utiliza de um canal de transmissão; um receptor, ou detector da mensagem, e seu respectivo processo decodificador (ver figura 2).

À clássica formulação dessas questões “quem diz o que, a quem, como e com que efeito?” acrescentaríamos uma a mais: “Por que?” Cada uma dessas questões pode ser considerada, em termos de uma pesquisa planejada, para três diferentes propósitos. O investigador pode (e muitas vezes deve) analisar mensagens a fim de produzir inferências sobre:

- As características do texto;
- As causas e/ou antecedentes das mensagens;
- E os efeitos da comunicação.

Apesar de muito difundida, a análise de conteúdo, a mera descrição das características das mensagens contribui muito pouco para compreensão das características de seus produtores.

Por outro lado, quando direcionada à indagação sobre as causas ou efeitos da mensagem, a análise de conteúdo cresce em significado e exige maior bagagem teórica do analista.

### **3.4.1 O CONCEITO DE INFERÊNCIA**

Se a descrição (a enumeração das características do texto, resumida após um tratamento inicial) é a primeira etapa necessária e a interpretação (a significação concedida a essas características) é a última fase, a inferência é o procedimento intermediário que vai permitir a passagem explícita e controlada, da descrição à interpretação.

Produzir inferências é, pois, *a razão de ser* da análise de conteúdo. É ela que confere a esse procedimento relevância teórica, uma vez que implica pelo menos uma comparação, já que a informação puramente descritiva, sobre conteúdo, é de pequeno valor. Um dado sobre o conteúdo de uma mensagem (escrita, falada e/ou

figurada) é sem sentido até que seja relacionado a outros dados. O vínculo entre eles é representado por alguma forma de teoria. Assim, toda análise de conteúdo implica comparações; o tipo de comparação é ditado pela competência do investigador no que diz respeito ao seu maior ou menor conhecimento acerca de diferentes abordagens teóricas.

Exemplificando: o investigador ao ler ou ouvir um discurso sobre o papel do educador, deve ser capaz de poder compatibilizar o conteúdo do discurso (lido ou ouvido) com alguma ou algumas, teorias explicativas. Assim, poderá descobrir se está lidando com abordagens do tipo “construtivistas”, “neoliberalistas”, “behavioristas”; “positivistas”, “estruturalistas”, “dialéticas”, “críticas”, e outras (FRANCO, 2008).

O investigador pode também comparar mensagens de uma única fonte emitidas em diferentes situações, em diferentes momentos e para diferentes audiências.

Comparações de conteúdo das comunicações através do tempo, situação ou audiência podem ser concebidas como análises, interpretações e inferências produzidas inter-mensagens.

Hipóteses também podem ser testadas comparando as mensagens produzidas por mais de uma fonte referente. Neste caso, o objetivo será sempre relacionar os atributos teoricamente significativos dos emissores às distorções embutidas nas mensagens que produzem.

Além disso, os dados obtidos, mediante a análise de conteúdo, podem ser comparados a algum padrão de adequação ou desempenho. Muitas análises dos meios de comunicação de massa empregam padrões definidos *a priori*.

### **3.4.2 CAMPOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO**

Muchchielli (*apud* FRANCO, 2006) divide em três os campos dos métodos de análise de conteúdo que, embora representem entre si limites bastante variáveis, podem ser representados no quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – os campos da análise de conteúdo (FRANCO, 2008)

Domínio da Linguística	Métodos Lógico-Estéticos E Formais	Métodos Lógico-Semânticos	Métodos Semânticos e Semântico- Estruturais	Hermenêutica
---------------------------	--	------------------------------	---	--------------

Nas fronteiras com a linguística tradicional, o território dos métodos de análise de conteúdo incorpora os métodos lógicos estéticos que buscam os aspectos formais do autor ou do texto.

Nesse território, o estudo dos efeitos do sentido da retórica da língua e da palavra evolui, na linguística moderna, para a análise do discurso.

Do outro lado, na fronteira hermenêutica, os métodos são puramente semânticos, dividindo-se em métodos psicológico-semânticos, que investigam as conotações que formam o campo semântico de uma imagem ou de um enunciado, e em métodos lógico-semântico-estruturais, que se aplicam a universos psicossociosemânticos ou sócio semânticos mais amplos (BARDIN, 2009).

No centro do território, localiza-se o grupo lógico-semântico. Recebe essa classificação por se tratar do alcance da análise de conteúdo vinculada a função de classificador. Sua função é uma classificação lógica dos conteúdos manifestos, após a análise e interpretação. De uma ou de outra forma o analista se vale de definições, e definições são problemas da lógica.

### **3.4.3 O DELINEAMENTO DE UM PLANO DE PESQUISA**

O delineamento de pesquisa é um plano para coletar e analisar dados a fim de responder à pergunta do investigador.

Para que um plano de pesquisa seja satisfatório deve explicitar e integrar procedimentos para selecionar uma amostra de dados para a análise, categorias de conteúdo e unidades de registro a serem enquadradas nas categorias, comparações entre as categorias e as classes de inferência que podem ser extraídas dos dados. Isto quer dizer que o pesquisador deve ser capaz de especificar o tipo de evidência

necessário ao teste de suas idéias, bem como deve saber as análises que terá que fazer, uma vez que os dados tenham sido escolhidos e codificados, para além das inferências que lhe permitirão estabelecer (BARDIN *apud* FRANCO, 2008).

Em suma, um bom plano garante que a teoria, coleta, análise e interpretação de dados estejam integrados de forma harmônica e coerente.

O quadro 3 explicita os principais elementos para o delineamento do plano. A parte destacada no quadro representa os tipos de problema de pesquisa mais semelhantes ao abordado nesse trabalho, sendo explicada essa relação de forma mais detalhada na parte reservada à explicação de como os dados foram analisados.

Quadro 3 – principais elementos para o delineamento de um plano de pesquisa.

Finalidade	Ramo de Semântica	Tipos de Comparação	Questões	Problema de Pesquisa
Descrever características de comunicação	Semântica (sinal/referência)	Mensagens da fonte A: 1. Variável X tempo. 2. Variável X situação. 3. Variável X audiência. 4. Variável X e dentro do mesmo universo de documentos.	O quê?	- <b>Descrever tendências na comunicação do conteúdo.</b> - <b>Relacionar características conhecidas de emissões a mensagem que eles produzem.</b> - <b>Confrontar conteúdo de comunicação com padrões.</b>
	Sintática (sinal/sinal)	Mensagens fonte tipo A Mensagens fonte tipo B Mensagens padrão  1. "A priori" 2. Conteúdo 3. Não Conteúdo	Como? Para quem?	- Analisar técnicas de persuasão. - Analisar estilo. - Relacionar características conhecidas de audiência a mensagens produzidas para ela. - Descrever padrões de comunicação
Fazer inferências quanto aos antecedentes da comunicação	Pragmática (emissor/sinal)	Mensagens/dados comportamentais e simbólicos: 1. Direto 2. Indireto	Por quê?	- Possibilitar compreensão política, social, educacional e psico-social. - Analisar traços psicológicos de indivíduos. - Inferir aspectos de cultura e mudança cultural. - Fornecer evidências legais.
			Quem?	- Responder às questões sobre autoria controversa.
Fazer inferências sobre efeitos da comunicação	Pragmática (sinal/receptor)	Emissor de mensagens/receptor de mensagens.  Emissor de mensagens/receptor de dados comportamentais, lingüísticos e simbólicos.	Com que efeito?	- Analisar fluxos de informação - controlar respostas à comunicação.

### **3.4.4 AS UNIDADES DE ANÁLISE**

Ao deferirmos os objetivos da pesquisa, delinear o marco teórico e conhecermos o material a ser analisado, surge o primeiro desafio para que o pesquisador que se utiliza da análise de conteúdo: definir unidades de análise.

As unidades de análise dividem-se em: a) unidades de registro e b) unidades de contexto. Daremos adiante mais detalhes sobre cada uma delas.

#### **3.4.4.1 AS UNIDADES DE REGISTRO**

A unidade de registro é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas.

As unidades de registro podem ser de diferentes tipos, cada uma delas, embora inter-relacionadas e complementares, devem estar adaptadas a cada investigação especificamente por incluírem características definidoras e limitações específicas.

Segundo Bardin (2009) são quatro as unidades de registro: a palavra, o tema, o item e a personagem. Segundo as características de nossa pesquisa escolhemos o tema como unidade de registro. Descrevemos a seguir as características do tema como unidade de registro.

**O Tema:** é uma afirmação sobre determinado assunto. Pode ser uma simples sentença (sujeito e predicado), um conjunto delas ou um parágrafo.

Uma questão temática incorpora, com maior ou menor intensidade, o aspecto pessoal atribuído pelo respondente acerca do significado de uma palavra e/ou as conotações atribuídas a um conceito.

Isso não somente envolve componentes racionais, mas também ideológicos, afetivos, e emocionais.

O tema é considerado a mais útil unidade de registro, em análise de conteúdo (FRANCO, 2008).

Uma das maiores limitações de seu emprego, diz respeito ao tempo que exige para a coleta de dados. Outra é que seus limites não são facilmente identificáveis, como palavra, o parágrafo, ou o item.

Um vantagem do uso do tema como unidade de registro se justifica uma vez que permite inferências muito mais ricas do que as possibilitadas pela mera análise quantitativa da incidência da palavra ou do item.

#### **3.4.4.2 AS UNIDADES DE CONTEXTO**

A unidade de contexto é a parte mais ampla do conteúdo a ser analisado, porem é indispensável para a necessária análise e interpretação dos textos a serem decodificados (tanto do ponto de vista do emissor, quanto do receptor) e, principalmente, para que se possa estabelecer a necessária diferenciação resultante dos conceitos de “significado” e de “sentido”, os quais devem ser consistentemente respeitados, quando da análise e interpretação das mensagens disponíveis.

A unidade de contexto deve ser considerada como a unidade básica para a compreensão da codificação da unidade de registro e correspondente da unidade de registro e correspondente ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são excelentes para a compreensão do significado exato da unidade de registro. “Isto pode, por exemplo, ser a frase para a palavra e o parágrafo para o tema” (BARDIN *apud* FRANDO, 2008).

Incorporando as unidades de registro, as unidades de contexto podem ser explicitadas via confecção de tabelas de Caracterização (sempre acompanhadas de suas devidas análises); podem ser relatadas sob forma de Histórias de vida, de depoimentos pessoais, de um conjunto de palavras, de um parágrafo, ou mesmo de algumas sentenças. O importante é ressaltar que qualquer que seja a forma de explicitação, fique claro o contexto a partir do qual as informações foram elaboradas, concretamente vivenciadas e transformadas em mensagens personalizadas, socialmente construídas e expressas via linguagem (oral, verbal ou simbólica) que permitam identificar o contexto específico de vivencia, no bojo do qual foram construídas, inicialmente, e com certeza, passíveis de transformações e reconstruções.

### 3.4.5 ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE

Uma vez que definimos as unidades de análises chega o momento da organização da análise e da definição de categorias. Discutimos os componentes previstos para a Pré-Análise.

Esta é a fase de organização propriamente dita.

#### 3.4.5.1 PRÉ-ANÁLISE

Segundo Bardin (*apud* Franco, 2008) esta primeira fase tem três incumbências: i) a escolha dos documentos a serem submetidos a análise, ii) a formulação da hipóteses e/ou dos objetivos e iii) elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Essas fases não são necessariamente cronologicamente organizadas e são interdependentes na sua formulação e execução.

#### Atividades da Pré-Análise

**a) Leitura “Flutuante”** - esta é a primeira atividade da pré-análise, Bardin explica o uso do termo flutuante e qual a função da mesma:

Esta fase é chamada de leitura flutuante, por analogia com a atitude do psicanalista. Pouco a pouco, a leitura vai se tornando mais precisa, em função das hipóteses emergentes, da projeção de teorias adaptadas sobre material e da possível aplicação de técnicas utilizadas com materiais análogos (BARDIN *apud* FRANCO, 2008, p. 52).

A partir desse contato com material a ser analisado o pesquisador conhece os textos, as mensagens neles contidas, deixando-se invadir por impressões, representações, emoções, conhecimentos e expectativas.

**b) Escolha dos Documentos** – esta escolha pode ser definida *apriori* ou o pesquisador pode escolher um universo de documentos de acordo com o tema da pesquisa.

Estando o universo demarcado, Bardin (*apud* FRANCO, 2008) nos alerta para o fato que, em muitas vezes, é necessário proceder-se a constituição de um “corpus”<sup>4</sup>.

**c) A Formulação das Hipóteses** – uma hipótese trata-se de uma suposição que permanece em suspenso enquanto não for submetida á prova de dados fidedignos. Sua origem é fornecida pelo quadro teórico que embasa a pesquisa e no âmbito dos resultados utilizados.

**d) a referencia aos índices** – é a elaboração de indicadores, a frequência com que um termo, que caracterize o tema pesquisado, aparece no *corpus* pode indicar uma maior ou menor relevância deste.

---

<sup>4</sup> Segundo Bardin: “o corpus é o conjunto de documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos. A sua constituição implica escolhas, seleções e regras” (*apud* FRANCO, 2008).

### 3.4.6 CATEGORIAS DE ANÁLISE

Uma vez definidas as unidades de análise chega a vez de definir as categorias.

A criação de categorias de análise é a operação de classificar elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação seguida de um reagrupamento baseado em analogias, a partir de critérios definidos.

As categorias podem ser de ordem *semântica ou lexico* quando se preocupa com o sentido das unidades de registro ou contexto; sintético quando se classifica palavras de acordo com a característica *sintática* (os verbos, os adjetivos) entre outras.

Holsti (*apud* FRANCO, 2008) adverte para a importância crucial da criação de categorias ao afirmar que a análise de conteúdo mantém-se erguida ou cai por terra mediante as categorias de análise estabelecidas.

Para a elaboração de categorias dois caminhos podem ser seguidos:

**1) categorias criadas *apriori*** – as categorias e seus respectivos indicadores, nesse caso, são previamente determinados em função da busca a uma resposta específica do pesquisador.

De antemão afirmamos que fizemos a opção por este tipo de categorias definidas *apriori* mais adiante na metodologia descrevemos como isso foi feito.

**2) Categorias não definidas *apriori*** – estas emergem da “fala”, do discurso, do conteúdo das respostas e implicam constantes idas e vindas do material de análise à teoria.

#### **Implicações de ambas as opções**

No caso das categorias criadas *apriori* alguns acreditam que o pesquisador pode ser levado a fragmentação e simplificação do conteúdo manifesto.

Por outro lado, trabalhar de forma aberta pode implicar em na criação de uma grande quantidade de categorias numa ânsia de completude ingênua que pode revelar um pensamento incapaz de compreender-se a si mesmo como “empobrecimento metodológico da realidade” e que não pode suportar a existência

do que decidiu não levar em conta, tenta reduzi-la ou até mesmo aniquilá-la (MERIEU, 1998, p. 167).

## **4. METODOLOGIA**

Este capítulo tem o propósito de detalhar como o trabalho de pesquisa foi realizado a fim de atingir os objetivos descritos anteriormente. Para tal descreveremos todas as ações realizadas tanto pelo pesquisador quanto pelos licenciandos envolvidos na intervenção.

### **4.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA**

O caráter desta pesquisa é predominantemente qualitativo, apesar da existência de elementos quantitativos na análise dos resultados, o que não a descaracteriza como tal.

O trabalho é caracterizado como uma investigação-ação educacional (BOGDAN e BIKLEN, 2002).

### **4.2 O LOCAL DA INTERVENÇÃO**

A pesquisa foi realizada nas dependências do Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em sua sede no bairro de Dois Irmãos na cidade do Recife em Pernambuco, Brasil.

### **4.3 OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

Participaram da intervenção licenciandos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco. A intervenção foi desenvolvida durante o segundo semestre de 2009, na disciplina de *Metodologia para o Ensino de Física*. A opção por trabalhar com licenciandos dentro do horário regular do curso de graduação buscou uma maior adesão dos mesmos, visto que eles exercem atividades profissionais em horários diversos, o que dificultaria a realização de atividades extra classe.

A turma era composta por vinte e cinco licenciandos, dos quais apenas quinze participaram integralmente dos sete encontros da intervenção. Destes foram selecionados seis. A escolha de um número reduzido se justifica pelo fato de

desejarmos compreender *como* os eles mobilizam os conceitos da Física para compreender o fenômeno do Aquecimento Global.

Dentro dessa amostra tivemos o cuidado de selecionar aqueles licenciandos cujas colocações que representassem diversos posicionamentos ante o fenômeno do Aquecimento Global, o que garantiu melhor representação do universo inicial de pesquisa.

Escolhemos o espaço da disciplina de Metodologia para o Ensino da Física por se tratar de um componente curricular que faz parte da grade de disciplinas do quinto período do curso de Licenciatura Plena em Física. Assim, os licenciandos já cursaram um conjunto de disciplinas de física básica, tendo uma visão mais amadurecida dos fenômenos físicos o que possibilitaria um aprofundamento das questões relativas ao fenômeno do AG. Além disso, muitos desses licenciandos já atuam como docentes ou tem intenção de fazê-lo, com isso teríamos agentes multiplicadores em potencial, que poderiam utilizar parte as idéias e/ou estratégias desenvolvidas durante intervenção em suas respectivas salas de aula.

#### **4.5 INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

A intervenção didática foi estruturada em sete encontros com carga horária<sup>5</sup> total de onze horas, sendo realizado um encontro semanal com duração aproximada de uma hora e trinta minutos.

Descreveremos a seguir as atividades realizadas em cada um dos encontros, como estas se coadunam com os objetivos da pesquisa, bem como os recursos didáticos mobilizados para a sua realização.

Veja que você diz que vai: descrever as atividades realizadas, traçar relações com os objetivos da pesquisa e apresentar os recursos didáticos

---

<sup>5</sup> Para saber como a carga horária total foi distribuída em cada encontro é favor consultar o *Cronograma de Atividades* na página (...).

### 4.5.1 APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

No primeiro encontro da intervenção didática, apresentamos aos licenciandos um texto contendo uma situação-problema de relação direta com as mudanças climáticas.

O texto traz consigo uma foto da praia de Boa Viagem em Recife/PE. Nesta há duas indicações: a primeira de onde estava o nível do mar em meados de 1950 e a outra uma projeção de onde este poderá estar no ano de 2100 caso a temperatura do planeta eleve-se em (...)°C até o ano de (...). Tal como apresentado na figura 01.

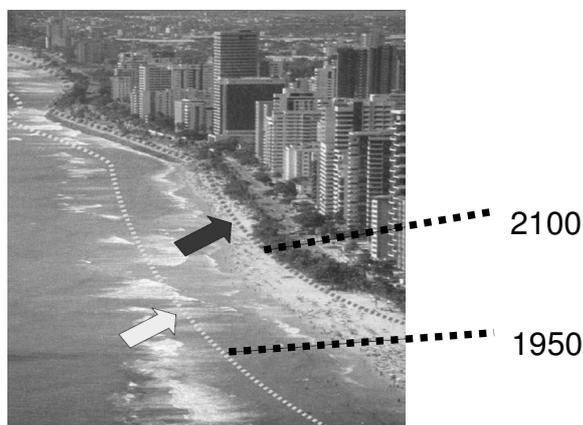


Figura 3: projeções nível do mar na região da praia de boa viagem em Recife/PE nos anos de 1950 e 2100. fonte: instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE), 2005.

Depois da apresentação do texto, havia duas questões que deveriam ser respondidas por escrito pelos licenciandos. As questões eram:

- a) Diante de tantas notícias divulgadas pela imprensa e a comunidade científica explique, o mais detalhadamente possível, a relação entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar, se esta existir;
- b) Há alguma coisa a ser feita ante o fenômeno do Aquecimento Global e/ou da elevação do nível do mar? O quê?

Os licenciandos redigiram seus textos em uma lauda e entregaram o registro ao pesquisador. Posteriormente, o pesquisador refez as questões supracitadas ao grupo de licenciandos presente, a fim que eles explicitassem verbalmente os seus pontos de vista ante a situação proposta.

Os objetivos da situação-problema inicial são: i) dar subsídio para que possamos inferir as concepções prévias dos licenciandos a respeito do fenômeno em questão.; ii) verificar se há elementos nas mensagens dos licenciando que indiquem operadores de religação do conhecimento e/ou uma forma de pensar segundo a os pressupostos da teoria da complexidade e iii) verificar se os estudantes discutem alguma das relações CTSA envoltas no fenômeno do AG.

#### 4.5.2 UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL SOBRE O EFEITO ESTUFA

No segundo encontro, foi disponibilizado aos licenciandos algumas instruções para auxiliar na montagem de um experimento, cujo objetivo foi ampliar a compreensão do fenômeno do Efeito Estufa através da estruturação de analogias.

A confecção do aparato experimental utilizado foi inspirada em um experimento descrito no livro Física Mais que Divertida do professor Eduardo Campos Valadares, (2002). Procuramos utilizar material de fácil acesso e baixo custo, tal como descrito no quadro abaixo:

Quadro 4 – material utilizado para a montagem do experimento sobre o Efeito Estufa

Material	Quantidade
a) Caixa de madeira com profundidade entre 4 e 7 cm	01
b) Vidro (para tampar a caixa)	01
c) Cartolina preta fosca	01
d) Suporte para a lâmpada	01
e) Termômetros (desses encontrados em farmácia)	02
f) Cronômetro (pode usar o do celular, por exemplo)	01

A figura 4 mostra como estes materiais poderiam estar dispostos em uma bancada.

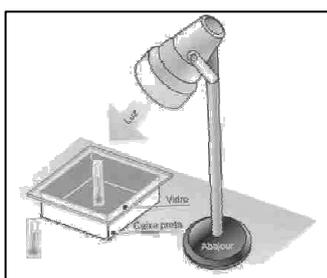


Figura 4 – disposição dos materiais da atividade experimental

Os licenciandos montaram o experimento cortando a cartolina preta fosca em pedaços que puderam ser encaixados na estrutura e cobriram o interior da caixa de madeira com estes. Colocaram um dos termômetros dentro da caixa e o outro do lado de fora da mesma. Posicionaram a lâmpada, de 150 watts de potencia, acesa, perto da tampa de vidro da caixa de madeira de modo que os dois termômetros ficassem a mesma distância da fonte luminosa, cerca de 15 cm como mostra a figura 5.

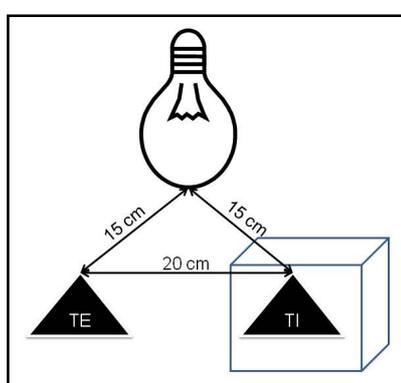


Figura 5 – posicionamento dos termômetros (te que estava fora da caixa e ti que estava dentro da caixa) em relação à lâmpada

Depois de montada a estrutura, iniciamos a contagem simultânea do tempo e das temperaturas indicadas no termômetro interno à caixa (TI) e do termômetro externo à caixa (TE). Estes são termômetros clínicos de mercúrio com escalas graduadas em graus Celsius, em intervalos de 0,1 °C, que vão de 35 °C a 42 °C.

O quadro 5, mostra a temperatura indicada no termômetro e o instante em que esta foi alcançada:

Quadro 5 - tempo necessário para que TI e TE atingissem determinada temperatura

Temperatura (°C)	TI (s)	TE (s)	Temperatura (°C)	TI (s)	TE (s)
<35	0	0	39,0	188	265
35,0	70	90	39,5	211	311
35,5	77	105	40,0	230	342
36,0	90	129	40,5	252	Xxx
36,5	100	155	41,0	273	Xxx

37,0	120	168	40,5	252	Xxx
37,5	136	187	41,0	273	Xxx
38,0	155	211	41,5	299	Xxx
38,5	173	244	42,0	325	Xxx

Depois que os licenciandos fizeram as anotações dos dados da tabela 02, foi pedido que eles fizessem o esboço da curva de Temperatura do Termômetro versus o tempo necessário para atingir tal temperatura. Este esboço foi feito no quadro de forma colaborativa pelos licenciandos. O gráfico 1 mostra tal curva:

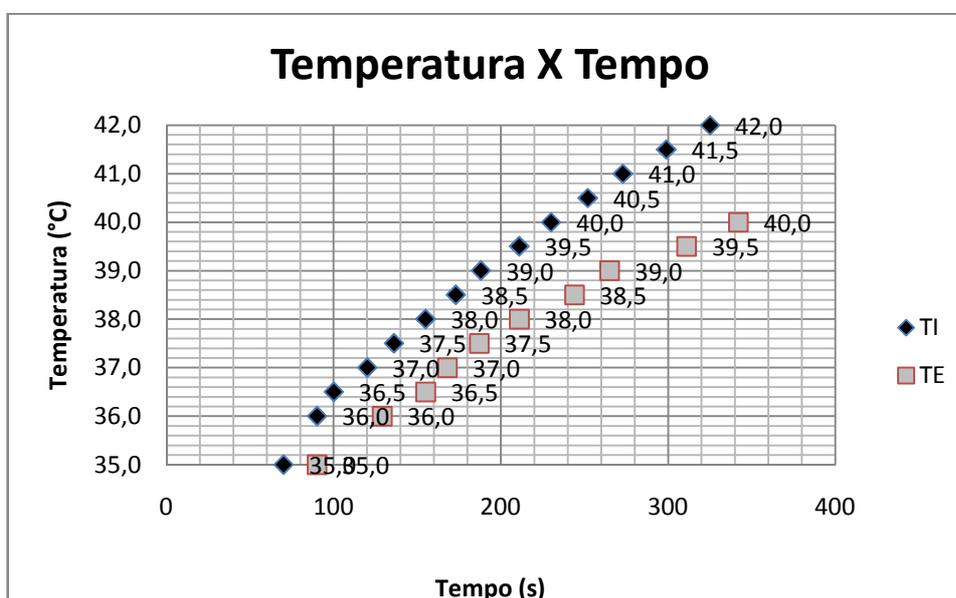


Gráfico 1 – temperatura dos termômetros (te que estava fora da caixa e ti que estava dentro da caixa) versus o tempo.

O nosso intento com a quadro 5 e gráfico 01 era ajudar o licenciando a compreender que TI aumentava sua temperatura mais rapidamente que o TE e que tal comportamento se devia ao “efeito estufa” dentro da caixa, para a partir daí, levantar uma discussão de como este fenômeno acontece.

É importante destacar que, durante o encontro o pesquisador pediu para que os licenciandos explicassem o que estavam fazendo, e fez diversos questionamentos para que os licenciandos evidenciassem a sua compreensão dos fenômenos observados.

O passo seguinte do experimento foi retirar a cobertura feita com cartolina preta do interior da caixa e substituí-la por outra revestida com papel alumínio. O mesmo procedimento de medida das temperaturas dos termômetros TI e TE e do respectivo tempo que cada temperatura foi atingida, foi repetido.

Neste caso a intenção era que os licenciandos observassem uma elevação síncrona das temperaturas de TI e TE. Questionou-se então o porquê de tal fenômeno e como isso poderia ser correlacionado com o efeito estufa. O pesquisador também pediu que os licenciandos fizessem uma analogia entre os diversos materiais utilizados na experimentação e partes componentes do efeito estufa global. As respostas dos licenciandos estão no quadro 6:

Quadro 6 - Correlação entre alguns componentes da experimentação e do planeta

No experimento	No Planeta
a) Caixa de madeira	O planeta
b) Vidro da tampa da caixa	A atmosfera
c) Cartolina preta fosca	A superfície dos continentes
d) Lâmpada de 150 W	O Sol
e) A superfície com papel alumínio	As superfícies cobertas com gelo

Para melhor visualização do processo do Efeito Estufa o pesquisador mostrou a simulação computacional Green House Effect, à figura 6 mostra a interface gráfica da mesma.

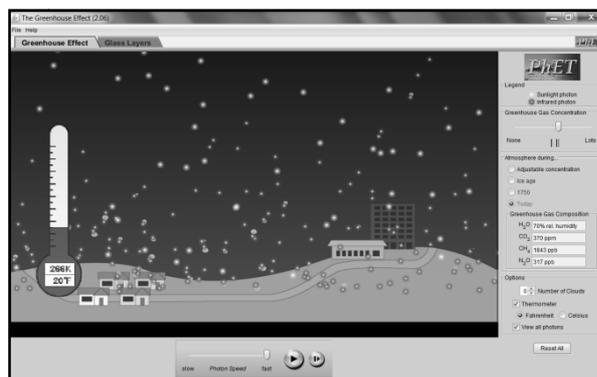


Figura 6 – simulação computacional para o fenômeno do efeito estufa

O pesquisador mostrou outra simulação computacional, a figura 7 mostra a interface da simulação Glaciers (Geleiras), com o objetivo de explicar como ocorre o derretimento das geleiras sobre o continente, gelo esse que podem ser classificadas de permafrost.



Figura 7 – interface da simulação computacional Glaciers.

Foi pedido que licenciandos respondessem a um questionário (apêndice 2) e trouxessem suas respostas no próximo encontro da intervenção.

### 4.5.3 APRESENTAÇÃO DE VÍDEO A

Iniciamos o encontro recolhendo as respostas dos questionários referentes à experimentação realizada no último encontro e fazendo uma breve revisão do que foi discutido.

Foi distribuído com a classe um texto (apêndice 5) que continha uma breve sinopse do filme que iríamos assistir e cinco questões que versavam sobre assuntos correlacionados com a apresentação, foi pedido que os licenciandos entregassem as respostas das questões no encontro posterior.

Exibimos, com o uso de projetor digital, computador e caixas de som, o documentário Uma Verdade Inconveniente (An Inconvenient Truth) em que o ex-senador dos Estados Unidos da América, Al Gore, faz uma palestra sobre como a ação humana tem causado modificações no clima do planeta. O foco principal da argumentação do palestrante é dar elementos para a comprovação e compreensão do Aquecimento Global na perspectiva antropogênica. O filme, com uma hora e quarenta minutos de duração, começa com uma descrição histórica das medições da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, em seguida expõe dados que

indicam que a ação humana é fator mais importante que desencadeou o aquecimento da Terra. Diante dessa situação os únicos que podem parar o aquecimento do planeta são os próprios causadores e Al Gore apresenta alternativas, que se aplicadas, podem combater o problema. Esta última parte, com duração aproximada de dez minutos, foi suprimida já que nosso objetivo era apenas apresentar evidências do Aquecimento Global antropogênico e não como este poderia ser combatido.

Ainda durante a apresentação do vídeo o pesquisador fez breves observações e indagações aos licenciandos sobre pontos nos quais as causas do Aquecimento Global antropogênico eram evidenciadas a fim de proporcionar maior compreensão do fenômeno.

O objetivo da exibição desse documentário foi fornecer aos estudantes mais informações de como se processa o AG por causas antrópicas, esclarecendo alguns pontos que não foram discutidos sobre o fenômeno.

#### **4.5.4 APRESENTAÇÃO DE VÍDEO B**

Este encontro foi desenvolvido com uma estrutura semelhante ao último. Inicialmente recolhemos as respostas das questões sobre o documentário Uma Verdade Inconveniente, em seguida, entregamos aos licenciandos um texto (apêndice 6) contendo uma sinopse do documentário A Grande Farsa do Aquecimento Global no qual havia seis questões que deveriam ser respondidas, fora do horário da intervenção, de acordo com o conhecimento adquirido com o referido documentário.

Apresentamos então aos licenciandos o documentário A Grande Farsa do Aquecimento Global que expõe uma visão antagônica a perspectiva do vídeo Uma Verdade Inconveniente, já que o primeiro defende que o Aquecimento Global é causado por fatores não relacionados com a intervenção do homem sobre o ambiente e o segundo defende que a elevação na temperatura média do planeta é resultado da ação do ser humano sobre o meio ambiente.

Os dois documentários foram disponibilizados no formato DVD, para que os licenciandos tivessem a oportunidade de rever os vídeos, podendo assim responder melhor às questões propostas.

#### **4.5.5 O DEBATE**

Procuramos nos quatro últimos encontros compartilhar informações que ampliassem a compreensão dos licenciandos, enviamos via correio eletrônico para estes, dois artigos em formato digital *Portable Document Format* (PDF) da revista *Scientific American Brasil* de outubro de dois mil e nove, um defendendo a visão do Aquecimento Global antropogênico e o outro defendendo a o fenômeno como tendo causas naturais e cíclicas, oferecendo assim argumentos adicionais para que os licenciandos desenvolvam uma opinião, cada vez mais embasada, em evidências da ciência.

No início do encontro o pesquisador recolheu as respostas referentes às questões sobre o vídeo *A Grande Farsa do Aquecimento Global*.

Em seguida explicitamos as regras do debate, sendo as seguintes: as equipes dividiram de acordo com a visão que tinham do aquecimento global (o AG com causas antrópicas ou naturais). Em seguida os grupos deveriam responder as perguntas sem serem interrompidos e depois disso poderiam ser contra argumentados.

O objetivo de utilizamos uma estratégia de debate foi propiciar mais uma forma dos licenciandos exporem suas concepções sobre o fenômeno do AG, suas causas e implicações CTSA. Esperávamos também verificar se estes tinham a consciência que o fenômeno é complexo e exige medidas também dessa natureza para ser tratado.

#### **4.5.6 A REDAÇÃO FINAL**

O encontro se iniciou com uma revisão de alguns dos pontos levantados no debate ocorrido uma semana antes com os licenciandos de física sobre as causas do aquecimento global e o avanço do nível do mar em relação à costa pernambucana. Nosso interesse ao suscitar tal discussão era criar oportunidades para que os

licenciandos expusessem suas idéias sobre o fenômeno do Aquecimento Global e, com a argumentação levantada pelos próprios colegas de turma, os mesmos pudessem evidenciar cada vez mais suas idéias de como utilizam argumentos cientificamente aceitáveis para explicar o fenômeno em questão.

Este debate seguiu os moldes do primeiro que foi feito, onde separamos os licenciandos em três grupos de acordo com o seu entendimento da questão: o grupo *A* defendeu que o Aquecimento Global tinha causas antropogênicas; o grupo *B* defendeu a visão de um aquecimento com raízes tanto antropogênicas como naturais e cíclicas e o grupo *C* defendeu que o fenômeno em questão tinha causas naturais e cíclicas e não antropogênicas.

O pesquisador norteou o debate a partir de perguntas exibidas em uma projeção de slides.

Depois desse debate que durou cerca de cinquenta minutos, foi entregue os licenciandos um texto (ver Anexo 05) que continha uma notícia do site <[www.pe360graus.com](http://www.pe360graus.com)> de 27 de julho de 2009 que reportava a destruição causada pelo mar quando avançou sobre construções na região metropolitana da cidade de Recife. O texto não trazia consigo qualquer explicação sobre qual seria a causa para tal avanço do nível do mar. Em seguida o texto trazia três questões que deveriam ser respondidas na forma escrita e individualmente pelos licenciandos, as questões foram as seguintes: a) A física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas; b) Se a pessoa da situação anterior questionasse se o Aquecimento Global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta; e c) Por último, a pessoa lhe pergunta o que fazer para combater o avanço do nível do mar e/ou Aquecimento Global qual seria sua resposta? Os licenciandos tiveram cerca de trinta minutos para responder as questões citadas.

#### **4.6 OS INSTRUMENTOS DE REGISTRO**

Para a construção dos dados optamos pela utilização de uma diversidade de instrumentos: os registros escritos pelos licenciandos e pelo próprio pesquisador (diário de bordo), vídeo digital e produções escritas dos licenciandos. Essa opção se justifica pela diversidade dos dados coletados oferecerem distintas formas de leitura do mesmo evento, possibilitando sua observação e análise de forma mais completa.

O vídeo digital foi feito com o auxílio de com duas câmeras, dispostas em sala de aula da seguinte forma: uma câmera estática posicionada de forma a registrar o comportamento dos licenciandos de uma forma mais ampla (plano aberto) e outra câmera móvel usada com o propósito de registrar detalhes que talvez não fossem evidenciados pelo registro da câmera estática. Os dois aparelhos contavam com microfones embutidos e não foi usado microfone auxiliar. Também não foi utilizada iluminação além da ambiente em sala de aula. Depois de realizada filmagem de cada encontro da intervenção a mesma foi transcrita e o conteúdo analisado de maneira que será explicada em seção posterior.

Os licenciandos realizaram diversas atividades em que registraram suas respostas na forma escrita de forma individual. As situações problematizadoras do início e do final forma respondidas durante a aula, já as demais atividades como os questionários sobre o experimento e os dois vídeos que tratavam sobre o aquecimento global foram respondidos pelos licenciandos forma do horário de classe, tendo em média uma semana para que estes apresentassem a resposta em formulários disponibilizados<sup>6</sup> pelo pesquisador. Cada licenciando elaborou cinco textos distintos de acordo com a natureza da tarefa solicitada de forma individual.

Foi feito também um breve registro escrito de como os encontros forma desenvolvidos cada encontro da intervenção didática, registro esse redigido pelo próprio pesquisador ao fim de cada encontro e durante o mesmo.

Na próxima descrevêramos como os distintos dados coletados serão analisados..

---

<sup>6</sup> Os materiais distribuídos durante os encontros da intervenção estão nos anexos.

## 4.7 ANÁLISES DOS DADOS

Descrevemos como os dados coletados em cada um dos encontros da intervenção didática foram analisados segundo o referencial teórico da análise de conteúdo sob a ótica de Laurence Bardin (2009).

Usaremos o “tema” como unidade de registro para identificar as categorias definidas *priori*, as unidades de contextos são expostas no início de cada bloco de análise quando caracterizamos a situação didática a cada encontro realizado, ressaltamos que não é foco desse trabalho o estudo das unidades de contexto, mas sim o “tema” como unidade de registro.

Inicialmente criamos quatro categorias de análise, de ordem predominantemente semântica, o que nos leva para o campo da análise de conteúdo mais inclinada para hermenêutica. As categorias escolhidas foram:

- **Categoria dos conceitos científicos** – essa categoria tem por objetivo identificar nas produções dos licenciandos as mensagens que forneçam elementos que nos ajudem a inferir quais e como os conceitos científicos são usados nas discussões sobre Aquecimento Global e Efeito Estufa.
- **Categoria do pensamento complexo** – com essa categoria esperávamos conseguir inferir temas nas mensagens produzidas pelos licenciandos que indiquem elementos que caracterizem um pensar de forma complexa as questões referentes ao Aquecimento Global e o Efeito Estufa (CAPRA, 1996 e MARIOTTI, 2000). Nesta categoria também procuramos identificar nas produções dos licenciandos elementos que caracterizem os operadores de relação do conhecimento da teoria do Pensamento Complexo (MORIN, 1998). Estes operadores são: hologramático, recursivo, dialógico, níveis de realidade, lógica do terceiro incluso e emergência.
- **Categoria da relação CTSA** – nessa categoria objetivou encontrar elementos nas produções dos licenciandos que nos ajudem a fazer inferências da utilização da relação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente nas discussões sobre o Aquecimento Global e o Efeito Estufa.

Explicamos a seguir como feita a pré-análise dos dados, do primeiro encontro da intervenção didática, referentes às respostas escritas dos licenciandos à situação-problema inicial (ver apêndice 1).

#### **4.7.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA INICIAL**

Utilizando as indicações dadas por Bardin (2009) o primeiro passo dado na análise dos dados foi escolher quais dos dezesseis documentos escritos seriam analisados. Para isso o pesquisador fez uma leitura flutuante desses documentos e selecionou seis que de forma geral representavam uma síntese de todas as vertentes de pensamento encontrados nos documentos. Levou-se em consideração também a riqueza das respostas no que concerne à profundidade das explicações sobre o Aquecimento Global e o Efeito Estufa.

Feita a seleção de quais documentos escritos seriam analisados, fizemos a transcrição das repostas dos licenciandos, tal como foi redigida por estes, e depois fizemos a decodificação<sup>7</sup> desse documento. Esclarecidos que essa decodificação do documento feita pelo pesquisador tem por objetivo subsidiar a classificação das mensagens dos licenciandos segundo as quatro categorias elaboradas *apriori* não sendo assim expostas na íntegra na análise dos dados.

Feita a decodificação tanto as hipóteses quanto os objetivos que queremos alcançar a cada questão da situação-problema inicial serão descritos adiante durante a análise dos dados propriamente dita segundo as quatro categorias já mencionadas.

A primeira questão da situação-problema inicial foi: *Diante de tantas notícias divulgadas pela imprensa e a comunidade científica explique, o mais detalhadamente possível, a relação entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar, se esta existir.*

Essa primeira questão foi formulada com o objetivo de inferir o entendimento dos licenciandos sobre o fenômeno do Aquecimento Global e as suas causas.

---

<sup>7</sup> Estamos chamando de decodificação do documento o processo feito pelo pesquisador de redigir como este compreendeu as respostas dos licenciando depois de estudá-las cuidadosamente e luz do marco teórico.

A segunda questão foi: *Há alguma coisa a ser feita ante o fenômeno do Aquecimento Global e/ou da elevação do nível do mar? O quê?*

Essa segunda questão teve como objetivo nos ajudar a inferir quais seriam as possíveis medidas de combate aos AG sugeridas pelos licenciandos.

Depois de verificar como as repostas dos licenciandos se relacionam com o objetivo da primeira questão fizemos a análise das respostas segundo cada uma das quatro categorias: 1) conceitos científicos, 2) pensamento complexo e 3) relação CTSA. Essa análise foi feita segundo a classificação de sentenças e/ou parágrafos das repostas segundo o tema inferido com base em cada uma das categorias.

O pesquisador analisou as repostas do licenciandos segundo os critérios mencionados para cada um dos licenciandos, essa análise mais detalhada nem sempre está presente nas discussões, pois serviu para que o pesquisador pudesse elaborar uma síntese de como as repostas dos licenciandos corresponderam ao objetivo da questão como descrito e às categorias de análise.

Ao fim de cada bloco de discussões dos encontros da intervenção o leitor encontrar a mencionada síntese de como as repostas dos licenciandos se relacionam com os objetivos da pesquisa.

Após análise dos dados o pesquisador selecionou três dos seis dos licenciandos para tornarem-se o foco das análises no prosseguir da intervenção, esses licenciandos assumiram o compromisso de participar de todas as atividades que se propuseram, mas não foram avisados da escolha do pesquisador para que isso não afetasse seu desempenho durante essas atividades.

Estes licenciandos são identificados como A2. B2 e C2.

A figura 8 mostra um esquema das etapas de construção da análise dos dados oriundos da situação-problema inicial.

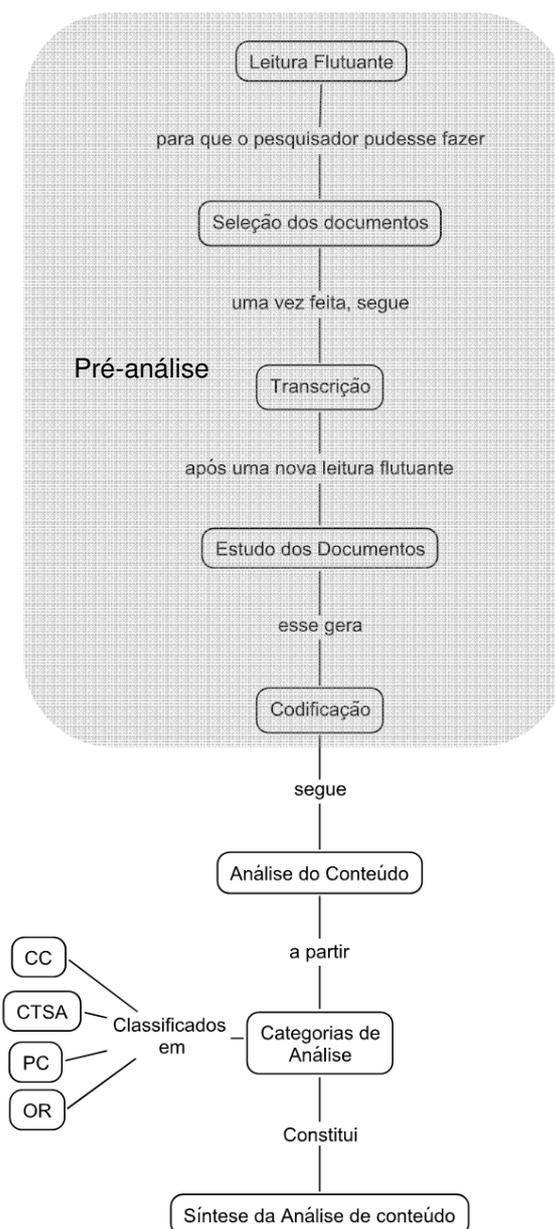


Figura 8 – esquema representando as etapas da análise do conteúdo da situação-problema inicial. Nas categorias de análise as siglas significam: CC – conceitos científicos; CTSA – ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; PC – pensamento complexo e OR – operadores de relação.

Explicaremos a seguir como foi feita a análise dos dados do segundo encontro da intervenção didática referente à realização de uma atividade experimental sobre o Efeito Estufa.

## **4.7.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL SOBRE O EFEITO ESTUFA**

Nesse encontro foram construídos dados de duas naturezas distintas: 1) a “fala” dos licenciandos durante a realização da atividade e 2) as “repostas escritas” deste ao questionário referente a mesma atividade experimental.

Descrevemos adiante como se deu o processo de análise dos dados provenientes da gravação em vídeo da atividade experimental sobre o Efeito Estufa.

### **4.7.2.1 ANÁLISE DO VÍDEO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL**

Como relatado antes o pesquisador utilizou gravação em formato de vídeo digital para registrar o encontro em que se realizou a atividade experimental sobre o Efeito Estufa.

O pesquisador assistiu a gravação feita e a partir disso redigiu uma síntese das do que aconteceu durante o encontro, frisamos que não estamos interessados em fazer uma análise do discurso dos licenciandos e por isso não há a expressa necessidade de transcrever as “falas” tais quais aconteceram. Para o trabalho é satisfatória a síntese das “falas” tais como se encontram na seção de Resultados e Discussões.

Uma vez com a síntese das “falas” em mãos o pesquisador inicia a fase de leitura flutuante e decodificação do documento semelhante ao que foi feito na análise da situação-problema inicial.

Com os resultados da decodificação o pesquisador está apto a fazer a análise do conteúdo propriamente dita com o uso das categorias de análise já descritas.

Notemos que como não havia um roteiro plenamente estruturado para as perguntas e discussões feitas durante a realização da atividade não são explicitados objetivos específicos de cada questão que surgiu durante a execução, não podendo ser feita uma comparação detalhada entre as respostas dos licenciandos e os objetivos (ainda que tácitos) das questões.

Essa comparação será feita na parte destinada à síntese da análise de conteúdo das falas durante a atividade experimental, que é um justamente um resumo que informa

como as respostas dos licenciandos se relacionam com os objetivos da atividade experimental como um todo e como essas se associam às categorias de análise.

Descrevemos adiante como se deu o processo de análise dos dados das respostas dos licenciandos ao questionário referente à atividade experimental.

#### **4.7.2.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL**

Foi pedido que os licenciandos respondessem por escrito um questionário referente a atividade experimental que estes tinham feito e o entregassem no próximo encontro, que foi realizado três dias depois.

Uma vez de posse dos questionários respondidos o pesquisador fez a transcrição do material escrito tal como se achava no referido questionário.

A partir da transcrição feita o pesquisador usa o recurso da leitura flutuante para captar impressões que serão alicerçadas mediante o estudo mais detalhado do documento.

Essas impressões deram subsídio para a decodificação que por sua vez dá prosseguimento à análise do conteúdo tendo em vista tanto os objetivos de cada uma das questões do questionário quanto às categorias de análise descritas antes.

Para cada questão há um objetivo associado, o quadro 7 correlaciona-os.

Quadro 7 – Perguntas do questionário sobre a atividade experimental e seus respectivos objetivos.

Perguntas do questionário sobre a Atividade Experimental	Objetivos
<i>1) Como a temperatura no interior da caixa se comporta no decorrer do tempo que é exposta a luz da lâmpada?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fazer com que o licenciando descreva como observou a mudança de temperatura tanto dentro da caixa de madeira tampada com vidro quando no exterior da mesma.</li><li>- Verificar se os licenciandos lembravam o que observaram no experimento (sem se exigir maiores suposições ou analogias).</li></ul>

<p>2) <i>Correlacione o funcionamento do efeito estufa com o experimento realizado, faça analogias entre o material utilizado e as partes mais relevantes que compõem o Efeito Estufa.</i></p>	<p>- Fazer com que o licenciando correlacione componentes do experimento com variáveis do Efeito Estufa e posteriormente associe o funcionamento do experimento com a dinâmica desse fenômeno.</p>
<p>3) <i>O que aconteceria se invés de cartolina fosca tivéssemos papel alumínio revestindo as paredes internas da caixa?</i></p>	<p>- Fazer com que os licenciando explicitassem o que observaram quando trocamos o revestimento da caixa (simulando a diversidade da crosta terrestre) e justificassem suas observações.</p>
<p>4) <i>O que aconteceria se tivéssemos uma camada de vidro mais grossa ou diversas camadas de vidro tampando a caixa?</i></p>	<p>- Fazer com que os licenciandos levantassem hipóteses para o funcionamento do experimento se variasse a espessura do vidro que recobre a caixa.</p>
<p>5) <i>Que outros fatores poderiam influenciar no comportamento da temperatura dentro da caixa?</i></p>	<p>- Descobrir com esse se os licenciandos conseguiriam identificar novas variáveis que auxiliassem na compreensão do Efeito Estufa e quais são essas.</p>

De posse dessa análise o pesquisador é capaz de realizar uma panorâmica da análise do conteúdo das respostas ao questionário, a qual denominamos síntese.

O leitor deve notar que teremos uma síntese como produto da análise de cada uma das fontes de dados da atividade experimental, ou seja, o vídeo da referida atividade e o questionário sobre esta. O pesquisador de posse desses dois documentos elabora um terceiro correlacionando-os denominado: síntese da análise de conteúdo da atividade experimental. Esse resume as inferências da atividade de forma mais abrangente.

A seguir descreveremos como foi feita a análise do conteúdo do debate sobre o Aquecimento Global.

### 4.7.3 ANÁLISE DO DEBATE

Essa seção denominada “o debate” na verdade é reservada a descrição de como foi analisado o conteúdo referente ao debate entre os licenciandos de questões relativas ao AG, sendo esse debate dividido em dois dias.

O debate foi mediado pelo pesquisador que utilizou algumas questões preestabelecidas para auxiliar a desencadear as discussões entre os grupos.

O quadro 8 a seguir expõe tais perguntas e o objetivo de cada uma delas.

Quadro 8 – Perguntas norteadoras do debate e seus respectivos objetivos

Pergunta norteadora do Debate	Objetivo
1) <i>Você concorda com alguma das teorias sobre as causas do AG (natural ou antrópico) com alguma delas? Qual?</i>	- Verificar qual o posicionamento teórico do licenciando quanto as teorias que explicam as causas do AG.
2) <i>Quais os indícios científicos embasam o ponto de vista da sua Equipe?</i>	- Descobrir que conceitos científicos os licenciandos usariam para dar sustentação ao seu posicionamento ante AG.
3) <i>Quais são as causas do avanço do nível do mar em Pernambuco?</i>	- Verificar qual a explicação dada pelo grupo para tal fenômeno marítimo e suas causas; - Verificar que relações são feitas entre esse fenômeno e o AG;
4) <i>O que se pode fazer para deter esse avanço do mar?</i>	- Verificar quais as medidas de combate ao avanço do nível do mar são levantadas pelos licenciandos; - Correlacionar essas medidas com a teoria levantada na pergunta “2” a fim de detectar possíveis incongruências.
5) <i>O que mudou na forma como você pensa no Aquecimento Global desde que começaram as discussões sobre este?</i>	- Verificar se os licenciandos manifestavam algum(s) fator(es) que poderiam ter influenciado em uma possível mudança de ponto de vista em relação ao AG ou mesmo algo que poderia ter reforçado o conhecimento o posicionamento anterior ante o fenômeno.

Os três grupos que se organizaram segundo a visão que tinha sobre as causas do Aquecimento Global. Estes grupos foram:

- **Grupo A:** acreditava que as o Aquecimento Global era causado por fatores antropogênicos;

- **Grupo B:** acreditava que as o Aquecimento Global era causado tanto por fatores antropogênicos quanto fatores naturais;
- **Grupo C:** acreditava que as o Aquecimento Global era causado por fatores naturais.

Além das perguntas norteadoras do quadro 01 o pesquisador utilizou também quatro vídeos com trechos de reportagens vinculadas em telejornais que exploravam assuntos como: i) estudo realizado pela UFPE que mapeia o avanço do mar na costa pernambucana; ii) o que é a erosão costeira; iii) causas para o avanço do nível mar no estado vizinho (Paraíba) e iv) como a ampliação de um porto pode alterar a dinâmica marinha.

Esses vídeos tinham por objetivos dar mais informações sobre como ocorre o avanço do nível do mar, erosão marinha e sua relação com o AG; como também ampliar o debate sobre as questões norteadoras já citadas no quadro 1.

O debate, constituídos pelos dois encontros como expresso antes, foi registrado em vídeo digital.

Foi feita primeiro a decodificação das falas pelo pesquisador já que nos interessa analisar não as falas dos licenciados propriamente ditas, mas sim a síntese das mesmas feitas pelo pesquisador. Depois dessa decodificação fizemos uma análise segundo as categorias definidas *a priori* na metodologia. Interessava-nos em especial as falas dos licenciandos A2, B2 e C2, mas quando esses interagiram com outros licenciandos que não foram objetos dessa pesquisa tecemos comentários sobre esses sem que os identifiquemos. Mais detalhes são descritos adiante.

O pesquisador assistiu a agravação feita e a partir disso redigiu uma síntese das do que aconteceu durante o encontro, frisamos que não estamos interessados em fazer uma análise do discurso dos licenciandos e por isso não há a expressa necessidade de transcrever as “falas” tais quais aconteceram. Para o trabalho é satisfatória a síntese das “falas” tais como se algumas se encontram na seção de Resultados e Discussões.

Uma vez com a síntese das “falas” em mãos o pesquisador inicia a fase de leitura flutuante e decodificação do documento semelhante ao que foi feito na análise da situação-problema e da atividade experimental inicial.

Com os resultados da decodificação o pesquisador está apto a fazer a análise do conteúdo propriamente dita com o uso das categorias de análise já descritas.

Notemos que como não havia um roteiro *plenamente* estruturado para as perguntas e discussões feitas durante a realização da atividade não são explicitados objetivos específicos de cada questão que surgiu durante a execução do debate, não podendo ser feita uma comparação detalhada entre **todas** as respostas dos licenciandos e os objetivos (ainda que tácitos) das questões. Ainda que haja objetivos expressos como os das perguntas do quadro

Essa comparação será feita na parte destinada à síntese da análise de conteúdo das falas do debate, que é um justamente um resumo que informa como as respostas dos licenciandos se relacionam com os objetivos do debate como um todo e como essas se associam às categorias de análise.

A seguir apresentamos como o conteúdo das produções dos licenciandos referentes à situação-problema final foi analisado.

#### **4.7.4 SITUAÇÃO-PROBLEMA FINAL**

A análise do conteúdo da situação-problema final é semelhante a feita para a situação-problema inicial a fim de mantermos a homogeneidade a validade do método (BARDIN *apud* FRANCO, 2008).

A situação-problema final proporcionou ao pesquisador dados escritos em forma de respostas a duas questões apresentadas a seguir.

*A primeira questão foi: A física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas.*

Essa primeira questão teve como objetivo fazer com que os licenciandos expusessem sua compreensão sobre o fenômeno do avanço do nível do mar e o que causaria tal avanço usando para isso o conhecimento científico construindo durante, entre outras ocasiões, a intervenção didática.

A segunda questão foi: *Se a pessoa (morador de uma casa destruída pelo avanço do nível do mar) da situação anterior questionasse se o Aquecimento Global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta.*

Essa questão teve o objetivo de fazer com que os licenciandos evidenciassem sua opinião a respeito da relação, existente ou não, entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar.

O pesquisador fez transcrever as respostas dos licenciandos tal qual como estava no documento produzido por estes e confeccionou quadro que são apresentados na seção resultados e discussões.

Com a transcrição em mãos o pesquisador realizou uma leitura flutuante e estudou cuidadosamente o documento. Esse estudo propiciou a decodificação do documento.

A partir do documento decodificado o pesquisador pode fazer a análise do conteúdo estabelecendo relações entre os objetivos para cada uma das duas questões e as categorias de análise estabelecidas a priori. Isso fez para cada licenciando.

Por fim redigiu uma síntese da análise de conteúdo da situação-problema final feita com base no objetivo geral dessa atividade e as categorias de análise.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Descrevemos na seção anterior (4.7) como os dados foram tratados a fim de que pudéssemos inferir informações fidedignas mediante relação com as categorias de análise e os objetivos da pesquisa.

Apresentamos os dados construídos como resultado dos diversos encontros da intervenção didática e os analisamos segundo os pressupostos da análise de conteúdo de Laurence Bardin (2009).

## 5.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À SITUAÇÃO-PROBLEMA INICIAL

Nossa intenção neste bloco de resultados é apresentar e discutir as respostas escritas dos licenciandos à situação-problema apresentada no primeiro encontro da intervenção. Conforme já mencionado na metodologia, utilizamos dois questionamentos para nortear o processo de reflexão dos licenciandos e suas respostas indicariam como estruturaríamos os demais encontros da intervenção para ajudar na construção de um entendimento mais fortemente alicerçado nos conhecimentos científicos.

A primeira questão proposta foi:

1. *Diante de tantas notícias divulgadas pela imprensa e a comunidade científica explique, o mais detalhadamente possível, a relação entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar, se esta existir.*

No quadro 9 apresentamos uma síntese das respostas dos licenciandos.

Quadro 9 – Síntese da transcrição das respostas dos licenciandos A1, A2, B1, B2, C1 e C2 à primeira questão norteadora da situação-problema.

Licenciando	Resposta 01
A1	O aquecimento global é definido como a elevação da temperatura da atmosfera terrestre, isso é causado devido aos vários gases poluentes que são emitidos na atmosfera terrestre concentrando a maior parte da radiação ultravioleta na atmosfera, a consequência disto é o derretimento das geleiras polares, elevando assim o nível do mar. No aquecimento global a Terra basicamente se comporta como uma enorme estufa, concentrando uma grande quantidade de calor ao seu redor.
A2	O fenômeno do aquecimento global dá-se pela emissão de poluentes na atmosfera terrestre. O aparecimento do CO <sub>2</sub> em quantidade elevada está ligado ao consumo de energia que provem dos derivados do petróleo (fonte não renovável). Isso é observado nos altos consumos de combustível na utilização de automóveis e outras máquinas que funcionam a base desse combustível. Além disso, há o desmatamento desenfreado em nossas florestas, principalmente na Amazônia, tudo isso contribui com o efeito estufa o qual faz com que a terra sofra um super aquecimento. Esse aquecimento influi diretamente no derretimento das geleiras do planeta, nos Andes bolivianos por exemplo. Logo, o avanço do mar é inevitável nesse sentido.
B1	O derretimento das geleiras, o aquecimento das águas dos oceanos, provocando uma dilatação, contribuem para o avanço do mar nas costas.

B2	Sabe-se que devido ao excesso de poluentes existentes na atmosfera a camada de ozônio que protege a Terra de grande parte da radiação solar vem sendo destruída. Essa radiação penetra diretamente nas outras camadas provocando um aquecimento em regiões onde a camada de ozônio não está presente. Esse aquecimento, ou seja, estas radiações solares absorvidas, agregada a emissão de gases poluentes ocasionam o que é conhecido como efeito estufa. Então regiões frias que recebem estas radiações como Trópicos, antártica, Groelândia tendem ao degelo o que pode ocasionar um aumento no nível do mar. Porém, sabemos que para aquecer 1g de água é necessário aproximadamente a absorção de 4,18 J. Então para elevar toda a água que existe no oceano em 1°C é preciso uma quantidade de energia gigantesca haja visto a quantidade de massa ser imensa. Porém, o Sol é uma fonte renovável de energia e com a fragmentação da camada de ozônio e a constante exposição ao longo de anos afim pode ocasionar o derretimento das geleiras e o nível do mar aumentar avançando sobre as áreas litorâneas.
C1	O aquecimento global se dá por conta da abertura de um buraco na camada de ozônio em função da liberação da queima de combustíveis fósseis que ao se misturarem acabam fazendo com que cada vez mais haja um aumento nesta abertura. A função da camada de ozônio é fazer que os raios solares sejam filtrados e que não esquentem muito o planeta fazendo com que por ser um dos próximos do Sol não seja de maneira sem condições de vida como planetas de temperaturas elevadíssimas como Vênus e Mercúrio. Porém quando esses raios penetram no planeta eles e entram sem serem filtrados e começam aquecer o planeta de forma desordenada acarretando um derretimento das calotas polares que por conseqüência desse aumento de temperatura irá aumentar os níveis de água nos oceanos fazendo com que oceano avance nas regiões que se encontram no mesmo nível do mar.
C2	Devido ao aquecimento global a temperatura média do planeta está aumentando e conseqüentemente a entropia do “sistema isolado” planeta Terra está aumentando a uma taxa com relação ao tempo, relativamente alta. Como sabemos, material quando é aquecido, em sua maioria se dilata de acordo com a taxa variacional de dilatação, que pode ser linear, superficial ou volumétrica. O aquecimento global, como o próprio nome diz, é o aquecimento devido a radiação da luz solar que fica “presa” na atmosfera da Terra, sendo assim, elevando a temperatura e causando um dilatação volumétrica no oceano fazendo com que o nível do mar se eleve.

Damos inicio a análise dos dados considerando as categorias definidas apriori:

A primeira a ser considerada foi a **categoria conceitual**, neste caso a intenção foi analisar o entendimento do licenciando sobre o fenômeno do Aquecimento Global e as suas causas.

Numa visão mais geral podemos dizer que os licenciandos descrevem que o aumento de temperatura levaria ao AG. A causa mais aceita para tal elevação da temperatura foi a emissão de gases poluentes derivados da queima de combustíveis derivados do petróleo. Contudo, mediante uma análise mais apurada das respostas podemos distinguir duas linhas de pensamento distintas sobre as implicações da

queima de tais combustíveis: i) que os gases poluentes potencializam o AG/EE e ii) os gases poluentes destroem a camada de ozônio.

A primeira linha de pensamento apresenta um problema conceitual a medida que os licenciandos confundem o Efeito Estufa, que é um processo natural e vital para a manutenção da vida no planeta com o Aquecimento Global, que foi atribuído pelos próprios licenciandos, como sendo resultado da ação humana.

A segunda linha de pensamento ressaltou que a causa para o AG era a maior quantidade de energia proveniente do Sol armazenada na atmosfera terrestre devido a gases poluentes que destruiriam o filtro natural da Terra à ROL (a camada de ozônio<sup>8</sup>). Mas os licenciandos não levaram em conta que os gases mais nocivos à camada de ozônio produzidos pelo homem, os CFC's foram substituídos por outros não-CFC que não agredem tal camada desde 1988 (BAIRD, 2002) . Portanto o buraco na camada de ozônio não está aumentando por causas antrópicas como afirmaram alguns dos licenciandos. Pesquisadores indicam a recomposição da camada de ozônio e até seu crescimento, apesar de variações sazonais (MOLION, 1995).

Outro erro foi atribuir aos combustíveis fósseis a destruição dessa camada e não aos CFC's como se esperaria.

É importante ressaltar que ambas as linhas de pensamento possuem uma base lógica comum: que o fenômeno do AG é causado e/ou potencializado pela ação humana. Isso resulta, em grande parte, da mídia tratar a teoria do AG como elevação da temperatura do ar da baixa atmosfera devido a potencialização do EE graças a emissão de gases como o CO<sub>2</sub>, decorrente de atividades humanas. Isso sinaliza que os licenciandos desconheciam a teoria do AG atribuído a causas de ordem não antrópica.

Outro erro importante encontrado foi a não distinção entre os fenômenos do AG e EE. Também não há um consenso sobre como ocorre o EE.

---

<sup>8</sup> A camada do gás ozônio (O<sub>3</sub>), situada entre 15 e 35 km de altitude e constitui um “escudo solar natural”, uma vez que filtra os raios ultravioletas (UV) provenientes do Sol antes que possam atingir a superfície do planeta (BAIRD, 2002) .

Os licenciandos de forma geral utilizaram os conceitos físicos de forma superficial para explicar o fenômeno do AG, sem dar maiores explicações como os processos ocorrem.

Um exemplo disso foi dado pelo licenciando que introduziu o conceito de **entropia**, justificando que no “sistema isolado planeta Terra” a entropia estaria aumentando. Mas essa informação por si só não explica que consequência isso teria no sistema e como este se correlaciona com o AG. Acreditamos que o licenciando liga o conceito de entropia apenas à idéia de desordem.

Ainda sob o prisma da categoria conceitual analisamos como os licenciandos observaram a relação entre o Aquecimento Global e a elevação do nível do mar.

Todos os licenciandos declararam que o AG é o responsável pela elevação do nível do mar, ou devido a dilatação volumétrica das águas oceânicas, ou pelo derretimento das geleiras ou de ambos os processos. O licenciando A1 explicita esta relação ao pontuar que a elevação da temperatura do planeta causaria o derretimento das águas congeladas nos pólos e, por conseguinte, a elevação do nível do mar.

Já o licenciando B2 não estabelece uma relação direta entre o Aquecimento Global e a elevação do nível do mar, contudo, ele menciona o Efeito Estufa e como esse acarretaria em um derretimento das geleiras nas regiões de maior latitude. O que reforça a idéia confusa entre os conceitos de AG e EE.

Por fim, um licenciando faz a relação do aquecimento do planeta com o derretimento das geleiras e, por conseguinte, os oceanos sofreriam uma “dilatação volumétrica”.

Numa visão mais geral podemos dizer que os licenciandos descrevem que o aumento de temperatura levaria ao derretimento do gelo no planeta e isso ocasionaria um acréscimo no nível do mar. Contudo, mediante uma análise mais apurada das respostas podemos distinguir duas linhas de pensamento distintas: a) um aumento na quantidade de água nos oceanos decorrente do derretimento do gelo e b) uma dilatação no volume dos oceanos decorrente da maior quantidade de energia aprisionada na atmosfera, sendo esse último posicionamento defendido por B2 e C2.

É importante destacar que os licenciandos se utilizam de uma linguagem do senso comum para explicar o fenômeno do Aquecimento Global, mas o licenciando B2 levou em conta fenômenos termodinâmicos como a mudança de estado físico, a conseqüente alteração de volume da água, a grande quantidade de energia que seria necessária para elevar a temperatura dos oceanos e desencadear a dilatação suficiente para causar uma elevação considerável dos mesmos. Com isso B2 recorre aos princípios físicos para explicar o fenômeno do aquecimento global e suas implicações na elevação do nível do mar. Já C2 tenta fazê-lo, mas, se restringe a usar apenas alguns termos das ciências físicas sem maiores aprofundamentos.

Notamos também que os licenciandos não diferenciam onde estaria o gelo, que uma vez derretido, causaria o Aquecimento Global. Essa diferenciação é pertinente uma vez que o gelo flutuante nos oceanos quando derretido não causariam elevação no nível do mar enquanto o gelo sobre o continental (permafrost) e o gelo nas montanhas poderia causar acréscimo no volume nos oceanos se vierem a derreter. Num encontro posterior o pesquisador fez uma exposição sobre como o gelo flutuante e o gelo sobre o continente contribuíam, ao derreter, para a elevação do nível do mar.

A segunda categoria a ser analisada estava ao **pensamento complexo**. Interessou-nos perceber elementos, nas mensagens produzidas pelos licenciandos, que caracterizem um pensar de forma complexa as questões referentes ao Aquecimento Global e o Efeito Estufa.

Como esperávamos, o pensamento linear impera os discursos dos licenciandos e isso é evidenciado pelas relações verticais de causa e efeito. Segundo o discurso dos licenciandos quanto mais poluentes mais AG, mas esse argumento poderia ser posto em cheque quando se deixa de levar em conta processos naturais importantes como a emissão de CO<sub>2</sub> por organismos fotossintetizantes e a própria emissão deste gás por conta dos oceanos. (LYNAS, 2009). Os licenciandos não expressaram o caráter complexo das causas e efeitos do fenômeno do AG.

Com respeito à categoria relacionada aos operadores de relação nos interessou verificar elementos nos textos dos licenciando que nos levariam a inferir a presença de tais operadores de relação. Sendo estes operadores: hologramático, lógica do

terceiro incluso, dialógico, complementaridade, níveis de realidade, incerteza, autopoiese e transdisciplinaridade.

Não conseguimos inferir nenhum ponderador de religação nos textos produzidos pelos licenciandos.

Sobre a **relação CTSA** os licenciandos reconhecem que a ação humana tem prejudicado o ambiente, mas esta discussão não vai além do discurso do senso comum que lhes é comunicado pela mídia.

Apresentamos a seguir as respostas dos estudantes à segunda questão levantada na situação-problema do primeiro encontro da intervenção.

**2ª Questão:** *Há alguma coisa a ser feita ante o fenômeno do Aquecimento Global e/ou da elevação do nível do mar? O quê?*

Quadro 10 – Síntese da transcrição das respostas dos licenciandos A1, A2, B1, B2, C1 e C2 à segunda questão norteadora da situação-problema.

Licenciando	Resposta 02
A1	O principal combate ao aquecimento global é a diminuição dos gases poluentes na atmosfera como o CO <sub>2</sub> . A maioria dos combustíveis utilizados pelo homem são derivados do petróleo e a consequência disto é a emissão dos gases poluentes na atmosfera, porém, existem combustíveis que tem por finalidade diminuir este tal aquecimento, como o hidrogênio. A questão é; será que diminuindo toda a poluição atmosférica neste exato momento conseguiríamos estabilizar a temperatura terrestre ao seu valor natural, antes que o nível do mar atinja seu extremo?
A2	A busca por fontes de energia renovável ainda é a forma mais viável de termos uma diminuição desse aquecimento, essas fontes buscam evitar o lançamento de CO <sub>2</sub> . Utilizando matéria prima que não emite CO <sub>2</sub> ou se emitem em uma menor porcentagem. Outras fontes como a eólica, solar também implicam em uma melhora nesse sentido. Além disso, é primordial haver uma dedicação exclusiva por parte dos homens que contribuem para mudar essa situação como os cientistas e especialistas em geral. Mas cada pessoa também pode fazer sua parte em evitar buscar esses meios poluentes.
B1	Lutar para promover o consumo consciente, a reciclagem, um menor desmatamento e a diminuição da emissão de poluentes por todos seguindo estes a terra demoraria mais para aquecer.

B2	Acredito que se houver redução da emissão de poluentes é possível evitar mais perda na camada de ozônio, porém, acredito que se algo não for feito logo e de maneira eficiente e eficaz como a substituição dos combustíveis fósseis por outras fontes de energia renovável o ciclo pode tornar-se irreversível. Uma vez irreversível a abertura nesta camada de ozônio tende a aumentar e o nível do mar subir através deste aquecimento provocado pela absorção desta radiação.
C1	Tentar encontrar outras fontes renováveis de energia, das quais não agridam tanto a camada de ozônio e não cause problemas que se refletem no futuro. Tentar tirar a dependência energética dos combustíveis fósseis e de uma maneira inteligente com a formação de um conjunto de educar a sociedade e as ciências de chegarem a não mais poluir tanto o meio ambiente e agredi-lo, para que haja uma melhor vida no futuro.
C2	A coisa a ser feita para diminuir o aquecimento global, seria diminuir a emissão de gases na atmosfera, fazendo isso, conseguiremos diminuir relativamente o nível do mar.

A primeira categoria a ser considerada a **conceitual**, neste caso a intenção foi analisar que alternativas são sugeridas para combater o Aquecimento Global e a elevação do nível do mar. Apresentamos a seguir as considerações sobre o prima conceitual.

Como na questão anterior todos os licenciandos afirmaram que o AG era o causador da elevação do nível do mar, para a segunda questão, todos não fizeram distinção sobre que medidas devem ser tomadas para combater os fenômenos mencionados. Acreditamos que os licenciandos acreditam que se o AG for combatido o avanço do nível do mar também o será por consequência.

Alguns citam que os combustíveis fósseis devem ser substituídos por outras fontes menos poluentes.

A medida de combate ao AG unanimemente mencionada foi a diminuição de emissões de poluentes atmosféricos por parte do homem. Alguns citaram o CO<sub>2</sub> os outros se limitaram a falar apenas de forma genérica.

A idéia de combate a destruição da camada de ozônio é reavivada por B2.

Um fato interessante citado pela maior parte dos licenciandos foi o fato de questionar se as medidas poderiam de fato parar o AG. Alguns expressam essa preocupação categoricamente, outros afirmam que as medidas ajudariam a “diminuir relativamente” o fenômeno do AG.

A segunda categoria a ser analisada estava ao **pensamento complexo**. Interessou-nos perceber elementos, nas mensagens produzidas pelos licenciandos, que caracterizem um pensar de forma complexa as questões referentes as possíveis soluções para o problema Aquecimento Global e o Efeito Estufa.

Como consequência da visão linear as soluções propostas pelos licenciandos também foram, em sua maioria, lineares evidenciada pela relação de retirar a causa para que o efeito cesse.

Alguns licenciandos tentaram propor soluções sistêmicas para o problema complexo do AG, mas estas parecem apenas uma lista de medidas sem correlação, exemplificado pelo texto de B1.

Com respeito dos operadores de relação nos interessou verificar elementos nos textos dos licenciando que nos levariam a inferir a presença de tais operadores de relação. Sendo estes operadores: hologramático, lógica do terceiro incluso, dialógico, complementaridade, níveis de realidade, incerteza, autopoiese e transdisciplinaridade.

Mais uma vez não conseguimos identificar nenhum operador de relação nos textos dos licenciandos.

Sobre a **relação CTSA** os licenciandos reconheceram que o modelo vigente de uso de combustíveis fósseis e de emissão de poluentes tem trazido prejuízos e que ações como a sensibilização da população diante do problema é válida e C1 ainda cita os homens de ciência como parte da solução implicando no envolvimento de uma gama de camadas sociais na busca de uma solução de um problema que atinge a todos.

O que ficou evidente foi a utilização de argumentos científicos de forma superficial sem maiores explicações de como aconteceriam os fenômenos de elevação do nível do mar e AG. O discurso hegemônico difundido pelos meios de comunicação pode ser observado nas respostas dos licenciandos.

As relações lineares de causa e efeito foram usadas tanto para explicar os fenômenos em questão quanto para sugerir ações para minimizar os danos causados por estes.

A esfera da relação CTSA parece ainda ser periférica no discurso dos licenciandos uma vez que não se vê correlação entre as esferas que compõe a referida relação.

Analizamos adiante as produções dos licenciandos durante a atividade experimental sobre o Efeito Estufa.

## 5.2 ANÁLISES DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Nesse bloco analisaremos as produções dos licenciados durante a atividade experimental realizada em treze de novembro de dois mil e nove. Temos dados oriundos de duas fontes distintas:

- a) As *respostas escritas do questionário* (ver apêndice 2) com questões relativas ao experimento feito, respostas essas que foram redigidas fora do horário da intervenção e entregues no próximo encontro no dia dezesseis de novembro de dois mil e nove;
- b) Os *comentários dos licenciados* durante a realização da atividade experimental que foram registrados com a ajuda de uma câmera e gravador digitais.

### 5.2.1 RESPOSTAS ESCRITAS AO QUESTIONÁRIO SOBRE A ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Apresentamos a seguir as questões feitas aos licenciados de Física na forma de um questionário escrito (ver apêndice 2), as respostas estão apresentadas no quadro 11 e as análises segundo os critérios definidos na seção 4.7 da metodologia.

Quadro 11 - Respostas dos licenciados à questão 01: *Como a temperatura no interior da caixa se comporta no decorrer do tempo que é exposta a luz da lâmpada?*

Licenciando	Respostas
A2	Pudemos observar que a temperatura fica elevada em comparação com a temperatura fora da caixa, pois, a cartolina preta armazena calor provocando uma elevação.
B2	Aumenta a medida que o tempo de exposição aumenta.
C2	A temperatura dentro da caixa se comporta diferentemente, se compararmos com a temperatura externa. Em determinada situação é maior na outra são iguais

Analisamos cada uma das respostas do questionário segundo as categorias de análise, como descrito na metodologia, sendo estas categorias: conceitual, pensamento complexo, operadores de religação, e relação CTSA.

O que constatamos na leitura flutuante foi que as categorias, com exceção da conceitual, não estão presentes em todas as respostas dos licenciandos. Portanto para que não seja repetitivo iremos apenas mencionar em a cada questão as categorias que se fizerem presentes, uma vez omitida o leitor inferirá que esta não ocorre. Mas no fim da seção faremos um apanhado geral de todas as categorias.

A primeira categoria de análise a ser considerada foi a **categoria conceitual**, neste caso a intenção foi analisar na questão 01 como os licenciandos descreveram a mudança de temperatura tanto dentro da caixa de madeira tampada com vidro quando no exterior da mesma.

Verificamos que os licenciandos destacam a diferença entre o meio externo e o interior da caixa e justificam isso pelo fato da cartolina preta “armazenar calor”. A partir desta colocação podemos inferir que estes compreendem calor como algo material que pode ser armazenado e que A2 não destaca o caráter transitório calor. Os licenciandos poderia ter empregado a palavra energia ao invés de calor. Observou-se ainda que, de forma geral, os licenciandos compreenderam a diferença na elevação temperatura dentro e fora da caixa de madeira.

Já um dos licenciandos pontuou que a temperatura no interior da caixa aumentou no decorrer do tempo, mas não fez nenhuma comparação com a temperatura fora dela.

O licenciando de início destaca a diferença no comportamento da temperatura fora e dentro da caixa e vai além afirmando que há uma situação em que a temperatura, tanto dentro, como fora da caixa ficam iguais e isso ocorreu quando colocamos o revestimento feito de papel alumínio. E quando revestimos a caixa com a cartolina preta a temperatura no interior da mesma aumenta mais rapidamente do que fora dela.

Em linhas gerais os licenciandos conseguiram descrever bem fenômeno observado atendendo as expectativas quanto à primeira questão.

A segunda categoria a ser analisada estava ao **pensamento complexo**. Interessou-nos perceber elementos, nas mensagens produzidas pelos licenciandos, que caracterizem um pensar de forma complexa as questões referentes a mudança de temperatura no experimento.

A relação linear de causa e efeito mais uma vez imperou nas explicações dadas pelos licenciandos, não evidenciando-se portanto uma forma de pensar complexa.

Consideração semelhante por ser dada para as categorias que pretendeu verificar a presença de operadores de religação e da relação **CTSA**, não verificamos evidências destas nas explicações dos licenciandos para a questão 01.

Houve uma questão que só foi respondida pelo licenciando B2.

A questão solicitava um esboço do gráfico temperatura (dentro e fora da caixa) em função do tempo. A figura 9 a seguir representa o gráfico construído por B2:

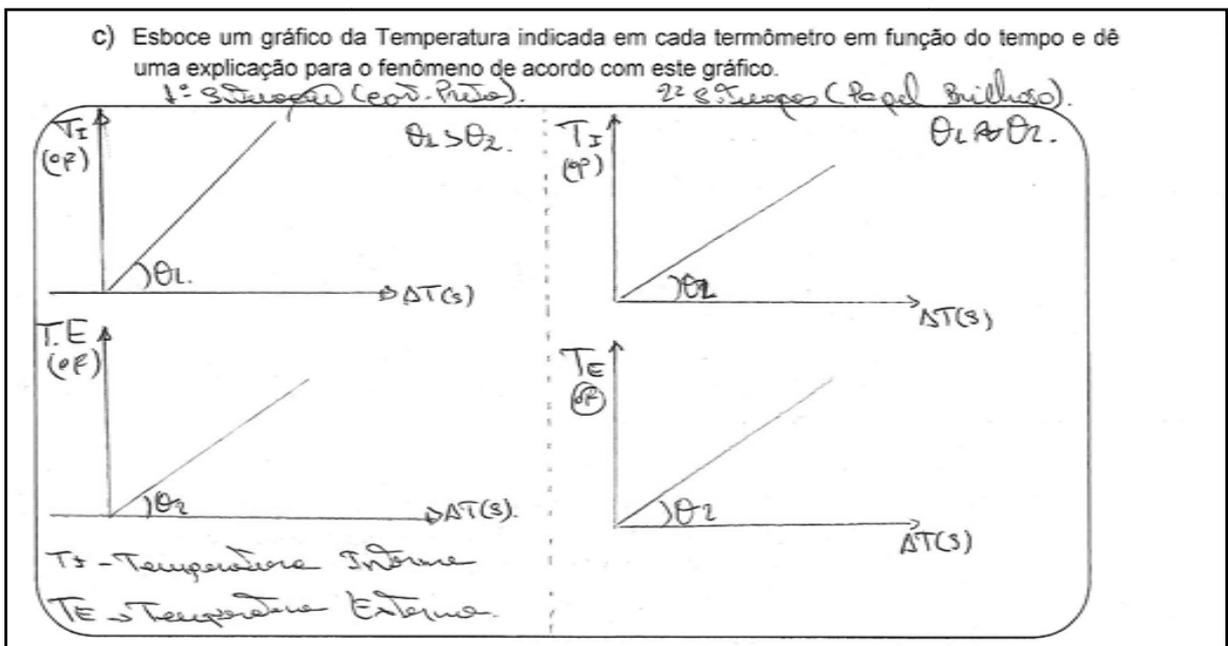


Figura 9: gráficos feitos pelo licenciando B2 para explicar como aconteceu a variação da temperatura em função do tempo dentro e fora da caixa.

O licenciando divide a seção de gráficos em duas situações: 1ª com a superfície de cartolina preta e 2ª com a superfície de papel laminado recobrimdo o interior da caixa.

Em cada uma das situações é esboçado um gráfico para representar a temperatura indicada no termômetro no interior da caixa ( $T_i - \theta_1$ ) e outro gráfico para representar a temperatura no exterior da caixa ( $T_E - \theta_2$ ). Essa temperatura foi medida na escala

Fahrenheit (variável dependente, que ocupou o eixo das ordenadas) e o tempo (variável independente, que ocupou o eixo das abscissas) foi medido em segundos.

O licenciando expos que a variação da temperatura em função do tempo seria uma função afim por se tratar de uma linha reta em todas as situações.

Foi determinado que a TI tinha uma variação maior TE pois a primeira tinha inclinação maior o que indica crescimento mais rápido quando se tratou da situação com o revestimento de cartolina preta.

Por outro lado com o revestimento de papel laminado a variação da TI e TE foram praticamente a mesma e isso é indicado pelo gráficos em que as retas tem inclinação para cima com ângulos semelhantes.

O licenciando B2 deu a seguinte explicação que deveria justificar os gráficos feitos: *“A radiação da fonte luminosa atravessa o vidro e é absorvida pela faixa com cartolina preta e é muito pouco refletida o que a deixa mais quente. Externamente o vidro absorve radiação, porém reflete parte dela”.*

A explicação está conceitualmente correta, mas não fez relação com os gráficos além de não explicar a 2ª situação com o revestimento de papel laminado. Talvez o licenciando creia que o gráfico por si só explicaria o que ocorreu durante a atividade, o que não é verdade, o símbolo deve vir acompanhado de sua interpretação (MOREIRA, 2001).

Apresentamos a seguir o quadro 12 no qual temos as respostas dos licenciando à segunda questão.

Quadro 12 – Respostas dos licenciados à Questão 02: *Correlacione o funcionamento do efeito estufa com o experimento realizado, faça analogias entre o material utilizado e as partes mais relevantes que compõem o Efeito Estufa.*

Licenciando	Resposta
A2	A caixa corresponde a atmosfera terrestre onde há a concentração de gases. A cartolina escura funciona como a água dos oceanos a qual tem a capacidade de armazenar calor. Já o laminado é comparado às geleiras as quais tem a propriedade de refletir os raios solares
B2	A cartolina preta e o oxigênio existente no interior pode ser comparado com emissão de poluentes e a massa que não permite que a radiação seja eliminada aumentando a concentração de energia na atmosfera terrestre.

C2	O experimento simulou com bastante clareza o que realmente ocorre no Efeito Estufa. Mostrou o aumento de temperatura devido a um meio (cartolina) que absorve grande parte da radiação infravermelha.
----	---

Analisamos as repostas segundo a **categoria conceitual**, neste caso a intenção foi analisar como os licenciandos correlacionam os componentes do experimento com variáveis do Efeito Estufa e associam o funcionamento do experimento com a dinâmica do Efeito Estufa. Apresentamos a seguir as considerações sobre o prisma conceitual.

Mediante a análise das repostas apresentadas no quadro 12 foi possível estruturar o esquema do quadro 13 apresentados a seguir que facilitará a discussão das repostas dadas pelos licenciandos

Quadro 13 – Relação entre os componentes da atividade experimental e variáveis do Efeito Estufa

Licenciando	Componente do experimento	Correspondente no efeito estufa	Correlação feita
A2	Caixa	Atmosfera	Onde há concentração de gases.
	Cartolina preta	Oceanos	Tem a capacidade de armazenar o calor
	Papel laminado	Geleiras	Reflete os raios solares
B2	Cartolina preta e oxigênio na caixa	Gases poluentes	Faz com que a mais radiação fique aprisionada aumentando a temperatura
C2	Cartolina preta	-----	Absorve radiação aumentando a temperatura

O licenciando A2, além de fazer três associações coerentes entre os componentes do experimento e o Efeito Estufa explica claramente como o fenômeno ocorre a partir desses elementos.

Já B2 fez uma associação mais restrita entre componentes do experimento e o Efeito Estufa. Neste caso a associação é feita entre o oxigênio na caixa e a cartolina com gases poluentes, mas ele parece não considerar que presença de outros gases dentro na caixa podem ter esse efeito de retenção da radiação tal como o vapor d'água; ele também não descreve como a cartolina agiria como retentora da energia.

O licenciando C2, apesar de declarar que a experiência tem clara correlação com o Efeito Estufa não faz qual quer associação entre os componentes do experimento e esse fenômeno. Ele menciona que a cartolina absorveu radiação sem maiores explicações. O licenciando C2 ainda destaca que a grande parte radiação infravermelha é absorvida pela cartolina quando na verdade a maior parte da radiação nessa faixa de frequência é reemitida à atmosfera. Pela Lei de Stefan-Boltzmann, um corpo aquecido emite radiação infravermelha térmica proporcionalmente à quarta potência de sua temperatura absoluta (LYNAS, 2009, e MOLION, 1995).

Em linhas gerais observamos que os licenciandos correlacionam poucas variáveis do EE com os componentes do experimento, por exemplo, a lâmpada incandescente que fornecia energia para aumentar a temperatura da caixa, não foi considerada e esta poderia ser associada ao Sol que fornece grande quantidade de energia para a Terra. Não há também uma descrição de como o experimento funciona como um todo, e como se processa o Efeito Estufa de maneira global. Os licenciando se restringem à uma visão cartesiana do experimento que os leva a focar os componentes ao invés de analisar o funcionamento global.

**Ressaltamos que quando uma das categorias de análise for omitida é sinal que não houve evidência da existência desta nas produções dos licenciandos.**

Apresentamos a seguir o quadro 14 no qual temos as respostas dos licenciando à terceira questão.

Quadro 14 – Respostas dos licenciados à Questão 03: *O que aconteceria se invés de cartolina fosca tivéssemos papel alumínio revestindo as paredes internas da caixa?*

Licenciando	Resposta
A2	A reflexão dos raios seria maior, logo a temperatura dentro da caixa ficaria menor do que se tivesse paredes escuras.
B2	A temperatura aumenta, porém com menos intensidade já que o papel brilhoso reflete mais radiações, na qual seria refratada pelo vidro e assim sucessivamente.
C2	A temperatura da caixa iria mostrar-se igual à temperatura fora dela, devido à superfície refletora da cartolina. Fazendo com que a maior parte da radiação fosse refletida de volta ao ambiente externo.

Num primeiro momento a leitura da questão 03 nos leva a crer que desejávamos que os licenciandos levantassem hipóteses sobre uma situação em que usávamos um revestimento metálico no interior da caixa, mas vale salientar que isso efetivamente aconteceu durante a atividade experimental e que a referida questão teve o objetivo de fazer com que os licenciandos explicitassem o que observaram quando trocamos o revestimento da caixa (simulando a diversidade da crosta terrestre) e justificassem suas observações. Faremos uma análise do ponto de vista **conceitual**.

Mediante as respostas dos licenciandos apresentadas no quadro 14 podemos observar que o licenciando A2 declarou que o revestimento metálico *refletiria* a radiação, enquanto, a cartolina preta absorveria a radiação, é correta a explicação mas não deu maiores detalhes de como ocorrem esses processos.

O licenciando B2, tal qual A2, indicou que há maior reflexão com o material metálico, mas observou que ainda há aumento de temperatura, mas que este se dá com menor “intensidade”, ou seja, seria um aumento mais lento em comparação com a situação com a cartolina.

Por fim, o licenciando C2 foi categórico em afirmar que a temperatura dentro e fora da caixa (revestida de material metálico) seria igual devido à reflexão da radiação dentro da caixa fazendo com que esta voltasse ao meio externo.

As observações dos licenciandos atenderam aos objetivos propostos, na categoria conceitual, para a questão 03 no que se refere à descrição do que ocorreu durante a realização do experimento, eles justificaram que a superfície metálica reflete maior quantidade de radiação, contudo, não fizeram qualquer analogia da superfície mais refletiva com variáveis do Efeito Estufa, como as superfícies cobertas de gelo, por exemplo.

Apresentamos a seguir o quadro 15 no qual temos as respostas dos licenciandos à quarta questão.

Quadro 15 – Respostas dos licenciandos à Questão 04 - *O que aconteceria se tivéssemos uma camada de vidro mais grossa ou diversas camadas de vidro tampando a caixa?*

Licenciando	Resposta
-------------	----------

A2	A temperatura interna aumentará gradativamente com o passar do tempo
B2	A radiação penetra com mais dificuldade e sua intensidade seria inferior reduzindo a temperatura
C2	Nesse caso, teríamos um pequeno aumento da temperatura dentro da caixa, além do que já tivemos antes.

A questão 04 teve objetivo fazer com que os licenciandos levantassem hipóteses para o funcionamento do experimento se variássemos a espessura do vidro que recobre a caixa. Analisaremos os **conceitos** utilizados pelos licenciando nas repostas à questão 04.

Mediante as respostas dos licenciandos apresentadas no quadro 15 podemos observar que o licenciando A2 afirmou que a temperatura iria aumentar com o tempo, mas não diz com aconteceria esse aumento nem faz comparação com o aumento da temperatura ocorrido quando a caixa estava revestida com cartolina preta e depois com papel alumínio, nos parece que A2 não sabe ao certo o que aconteceria na situação proposta.

O licenciando B2 declara que haveria uma diminuição na temperatura interna da caixa devido a maior dificuldade para a refração da radiação. Não é correto afirmar que a temperatura da caixa iria diminuir já que há radiação penetrando a caixa, poderia sim haver um aquecimento mais lento se a radiação sofresse maior reflexão ao invés de refração.

O licenciando C2 nos leva a pensar que a camada mais grossa de vidro na tampa da caixa ajudaria na refração da radiação oriunda da lâmpada incandescente já que declara que haveria um acréscimo na temperatura maior do que foi registrado antes.

Notamos que não há consenso entre os licenciandos quando a resposta a questão 04, não só isso, as respostas chegam a ser antagônicas: enquanto A2 e C2 afirmam que haveria um aumento da temperatura (sem explicitar as causas para tal acréscimo) B2 afirma que haveria uma diminuição na temperatura como se a camada mais grossa de vidro funcionasse tal qual uma barreira para a radiação proveniente da lâmpada.

Desejávamos com tal questionamento descobrir se os licenciandos seriam capazes de fazer uma analogia entre a camada mais grossa de vidro sobre a caixa do

experimento e os gases, nuvens e partículas em suspensão na atmosfera e daí fazer algum comentário de como esses gases em maior quantidade, o que poderia corresponder à uma camada mais grossa de vidro no experimento, afetam o fenômenos do Efeito Estufa, mas isso não foi observado pelos licenciandos.

Apresentamos a seguir o quadro 16 no qual temos as respostas dos licenciando à quinta questão.

Quadro 16 – Respostas dos licenciados à Questão 05 - *Que outros fatores poderiam influenciar no comportamento da temperatura dentro da caixa?*

Licenciando	Resposta
A2	A troca do revestimento internos por outra cor.
B2	Tipo de material no interior da caixa, a cor do vidro (meio cinza), uma outra camada de vidro, a fonte luminosa e a caixa com vidro.
C2	Dentre outros fatores, podemos encontrar o tipo de gás contido dentro da caixa, se no lugar do vidro tivéssemos uma lente, a umidade dentro da caixa.

Desejamos descobrir com esse questionamento se os licenciandos conseguiriam identificar novas variáveis que auxiliassem na compreensão do Efeito Estufa e quais são essas. Analisaremos então o que escreveram os licenciando tentando identificar essas variáveis adicionais, sob o prisma **conceitual**.

O Licenciando A2 relata um fator que influencia no comportamento da temperatura dentro da caixa: o revestimento da mesma. No entanto não fez comentário sobre o porquê de escolher o revestimento como fator único e reforçando a idéia declarada nas suas respostas às questões 02 e 03.

O licenciando B2 cita cinco fatores que influenciaram na dinâmica da temperatura dentro da caixa, entre eles está: a cor do vidro e a fonte luminosa; note que esta é citada pela primeira vez. No entanto B2 não expressou qualquer comentário de como esses fatores influenciariam na temperatura.

Por fim o licenciando C2 cita a constituição gasosa dentro da caixa como um dos fatores que influencia na alteração da temperatura da caixa. Mas não só isso, C2 ainda disse que poderia ser trocada a tampa de vidro plano por uma lente, C2 não especificou que tipo de lente seria essa e que efeito teria. Como os demais licenciandos C2 não explicou como os fatores citados agiriam para alterar a temperatura da caixa.

De maneira geral os licenciandos citaram outros fatores que afetam o funcionamento do experimento que não tinham sido mencionados antes, como a lâmpada que tem importância fundamental na experiência.

O que transpareceu nas respostas dos licenciandos ao questionário sobre a atividade experimental foi uma visão fragmentada e tecnicista da ciência, o que reforça a crença que o pensamento linear favorece a análise de relações causa/efeito, mas nos deixa míopes a correlações mais abrangentes. Os licenciandos também não esboçaram qualquer relação CTSA na respostas escritas.

## 5.2.2 OS COMENTÁRIOS DOS LICENCIANDOS DURANTE A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Apresentamos no quadro 19 a seguir a síntese dos comentários dos licenciandos feitos durante a realização da atividade experimental no dia treze de novembro de dois mil e nove. O quadro é dividido nos seguintes momentos importantes da atividade: antes e depois da colocação do revestimento de cartolina preta; e antes e depois da colocação do revestimento de papel laminado.

Quadro 19 - síntese dos comentários dos licenciandos durante a realização da atividade experimental.

<b>Caixa revestida com cartolina preta</b>
<i>Antes de realizar as medições de temperatura</i>
<p>Uma vez que os licenciandos montaram o experimento segundo as instruções contidas no apêndice 2, o pesquisador fez a seguinte pergunta:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Como a temperatura no interior da caixa se comporta no decorrer do tempo que é exposta a luz da lâmpada?</li></ul> <p>O licenciando C2 afirmou que a temperatura no interior da caixa (TI) seria maior do que a temperatura no exterior (TE) dela, e justificou dizendo que a cartolina preta seria responsável pela absorção de parte da radiação que por sua vez ficaria retida na caixa. Outra justificativa dada pelo mesmo licenciando foi a que o vidro iria “concentrar o calor dentro da caixa” não permitindo que a radiação na “frequência do infravermelho” se dissipasse. Todos do grupo concordaram com estes argumentos.</p> <p>Os licenciandos teceram comentários sobre alguns dos componentes da atividade, estes foram sobre:</p> <p><b>A lâmpada incandescente</b></p> <p>O licenciando C2 disse que assim como o Sol é fonte de energia para a Terra a lâmpada incandescente é a fonte para caixa. C2</p>

apontou duas diferenças: i) o Sol vale-se do processo de fusão nuclear e a lâmpada faz a queima de um filamento ii) a frequência da radiação emitida pelo Sol seria em tons as nuances do espectro eletromagnético e a lâmpada emitiria no ondas de frequência iguais e menores que o espectro da luz visível.

### **Os gases dentro da caixa**

O licenciado B2 explicou que a massa de ar dentro da caixa tendia a “ficar e equilíbrio térmico com o ambiente” entendendo que o calor iria de um corpo com temperatura maior (a lâmpada) para um de temperatura menor (o ar dentro da caixa).

### **O vidro que cobria a caixa**

O licenciado B2 faz analogia entre o vidro que recobre a caixa e “camada de ozônio”.

O licenciado C2 disse que o vidro seria como o “buraco na camada de ozônio”.

Enquanto C2 afirmou o vidro não filtraria a radiação o licenciado B2 discorda argumentando que o vidro refrataria “um tipo de radiação e refletiria outro tipo” e ainda disse: “se não tivéssemos o vidro a caixa esquentaria mais rápido”. C2 contra argumentou dizendo que para que o vidro filtrasse a radiação seria preciso que ele fosse “fumê como uns óculos escuros que filtra a radiação ultravioleta”.

C2 afirmou que o vidro “não bloquearia” a entrada de onda em qualquer faixa de frequência e por isso parecia-se mais com um buraco na camada e ozônio.

Nesse momento B2 pareceu estar em dúvida, e disse que foi um “erro” comprar a camada de ozônio com o vidro da caixa já que este muito “transparente” (a palavra transparente é uma tentativa de indicar que o vidro não filtra a radiação incidente). B2 ainda afirmou que para que o vidro pudesse ser comparado com a camada de ozônio o mesmo teria que ser revestido com “fumê” como disse C2. B2 afirmou que um buraco no vidro poderia representar o buraco na camada de ozônio.

Um dos licenciandos comentou que panelas com tampas de vidro conversam os alimentos aquecidos por mais tempo que as panelas com tampas de metal o que levaria a crer que o vidro teria a função de isolar a troca de energia com o meio externo. Outro licenciando diz que o vidro equivaleria aos Gases do Efeito Estufa (GEE) que não permitiriam que a radiação que entra no sistema volte ao meio externo.

Depois desse comentário B2 volta afirmar que o vidro podia ser comparado a camada de ozônio e acrescentou que os GEE também fariam a função de bloqueio da radiação.

Um dos licenciandos disse que a atividade experimental estaria “completamente inadequada para verificar o Efeito Estufa”, por acreditar que o vidro bloquearia a entrada de energia proveniente da lâmpada.

*Depois de realizar as medições de temperatura*

Os licenciandos anotaram os valores indicados no termômetro interno (TI) à caixa e o termômetro externo (TE). Com estes dados construíram o gráfico 2.

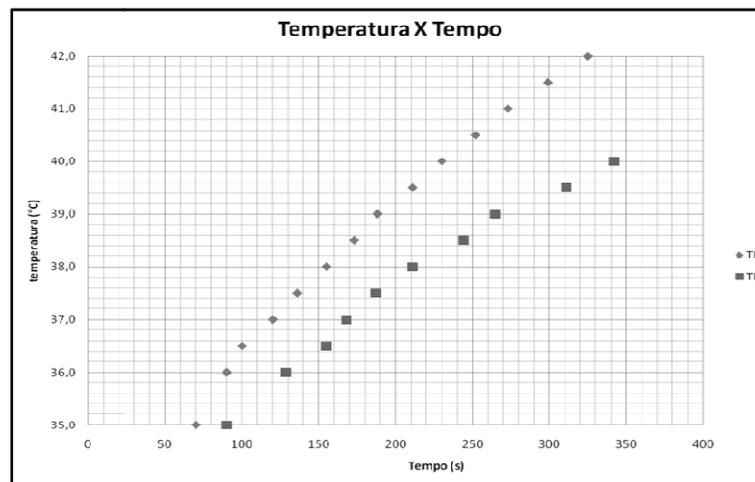


Gráfico 2 – evolução temporal da temperaturas dos termômetros interno (TI) e externo (TE) com a caixa recoberta com cartolina preta.

Ambos os termômetros utilizavam a escala Fahrenheit e os licenciandos converteram corretamente para a escala Celsius.

Os licenciandos notaram que a diferença entre os termômetros aumentava com o decorrer do tempo passando de 1 °C no tempo de 95 s para 2 °C no tempo de 320 s.

O licenciando A2 disse que o vidro “segurou o ar quente dentro da caixa”

Em seguida o pesquisador perguntou:

- O que aconteceria com a temperatura no interior da caixa se colocasse grama dentro dela? Esta seria maior ou menor do que a situação com revestimento de cartolina preta?

Um licenciando afirmou que parte da energia dentro da caixa seria usada para a realização da fotossíntese diminuindo assim a temperatura no interior da caixa. Outro licenciando discordou dizendo que a TI iria ser maior já que a grama tem muita água em sua constituição e que esta seria “responsável por reter grande parte da energia”.

Outro licenciando contra-argumentou dizendo que as plantas absorvem CO<sub>2</sub> ao realizar a fotossíntese e que esse é um GEE e por isso a temperatura diminuiria.

B2 disse que o concreto parece mais frio do que a grama quando expostos ao Sol. Quando perguntado o porquê de tal comportamento B2 respondeu que seria pelo fato da grama refletir radiações na cor verde e absorver as demais. Prontamente C2 lhe corrige dizendo que é o inverso, ao que B2 concorda.

### **Caixa revestida com papel laminado**

*Antes de realizar as medições de temperatura*

O pesquisador fez o seguinte questionamento:

- O que aconteceria se substituíssemos o revestimento de cartolina preta por papel laminado?

A2 disse que  $T_I > T_E$  pois haveria maior reflexão da radiação por parte da superfície de papel laminado que por sua vez ficaria

aprisionada no interior da caixa.

Já B2 e C2 concordaram que haveria maior reflexão junto ao revestimento, mas que esta seria refratada pela tampa e não aprisionada com disse A2 fazendo com que  $T_I < T_E$ .

Outro licenciando afirmou que seria  $T_I = T_E$ . Notemos que esse mesmo licenciando afirmou com o grupo que a superfície de papel alumínio é mais reflexiva que a cartolina preta, mas não considerou isso quando questionado sobre a variação de temperatura da caixa.

Um licenciando fez uma comparação entre o papel laminado e o gelo, ambos com alto poder de reflexão.

O grupo chega ao consenso que a  $T_I$  seria menor que  $T_E$ .

#### *Depois de realizar as medições de temperatura*

O que observaram foi que a  $T_I$  e a  $T_E$  estavam quase em equilíbrio, finalizamos o experimento tendo o favor de 92,4°F em  $T_I$  e 92°F em  $T_E$ . É importante ressaltar que o termômetro que marcou  $T_I$  tinha precisão de décimos de graus Fahrenheit enquanto o termômetro que marcou  $T_E$  tinha precisão menor em uma casa decimal o que nos impossibilitou saber se as temperaturas dentro e fora da caixa eram as mesmas.

C2 explicou que a radiação visível foi refletida pelo papel laminado e não absorvido como o fez a cartolina preta causando o aumento na temperatura. Continuou dizendo que essa radiação refletida pela superfície foi depois refratada pelo vidro da caixa.

C2 se contradisse uma vez que afirmou que o alumínio do revestimento absorvia energia, mas justificou-se dizendo que o alumínio liberaria a energia absorvida muito rapidamente.

Um dos licenciandos explicou que se a Terra tivesse uma cobertura mais reflexiva, como o gelo, a temperatura diminuiria. Já outro complementou que água (assim como a cartolina) é um bom “absorvedor” de energia e por isso a Terra mantinha sua temperatura.

Outro citou a diferença de temperatura entre a areia e a o mar que causaria as brisas oceânicas e continentais.

Um licenciando mencionou caso de um prefeito que solicitou que todos pintassem seus telhados de branco o que resultou em uma diminuição no consumo de energia pois a temperatura dentro das casas diminuiu.

O pesquisador explicou o que era o Efeito Estufa e o papel do CO<sub>2</sub>. Um licenciando citou o metano e o vapor de água como GEE.

O pesquisador mostrou as simulações computacional The Greenhouse Effect e Glaciers. Perguntou o porquê da camada de ozônio não ser mencionada em nas simulações.

Um licenciandos disse que a simulação estaria “incompleta” e outro disse que talvez a camada de ozônio não interferisse mais no EE.

Para a nossa análise interessava-nos em especial as falas dos licenciandos A2, B2 e C2, mas quando esses interagiram com outros licenciandos que não foram objetos dessa pesquisa tecemos comentários sobre esses sem que os identifiquemos.

Diversos **conceitos físicos** estão no discurso dos licenciandos, quando estes fazem analogias entre as partes do experimento e sistemas maiores (como o Sol e a Terra), conceitos como: frequência de radiação eletromagnética, interação com a matéria (reflexão, refração, irradiação e absorção). Estes conceitos foram usados para estabelecer o debate também.

O que constatamos uma maior profundidade de argumentos para explicar o EE em relação ao material escrito, alguns incorretos e outros mais exatos.

Notamos que houve certa confusão no que diz respeito às frequências das ondas refletidas e/ou refratadas pelo vidro na tampa da caixa.

O argumento de usar a destruição da camada de ozônio reapareceu e os próprios licenciandos foram levados a refletir sobre a veracidade científica de tal argumento.

Notou-se que os licenciandos utilizaram também seus conhecimentos sobre Biologia para ponderar os efeitos da vegetação sobre o clima. Um licenciando identificou o CO<sub>2</sub> como um GEE, mas não atentou para o fato das plantas absorvem CO<sub>2</sub>, enquanto expostas luz, e liberam esse CO<sub>2</sub> à noite. O licenciando C<sub>2</sub> complementou que as plantas absorvem o CO<sub>2</sub> e liberam O<sub>2</sub> (oxigênio) para assim fabricar adenosina tri-fosfato (ATP) que é o seu alimento.

Os licenciandos, em especial B2 e C2, utilizaram o conceito de calor específico e capacidade térmica para explicar o comportamento dos revestimentos da caixa.

Creemos que com a atividade os licenciandos puderam edificar um conhecimento mais cientificamente correto sobre o EE e suas causas.

Dada a variedade de métodos, maiores possibilidades didáticas foram exploradas propiciando uma maior explicitação e argumentação do conhecimento dos licenciandos. Conhecimento este que serviu de bússola para as ações subseqüentes da intervenção, no caminho que deve levar o licenciando a uma consciência crítica e fundamentada sobre o AG.

A visão linear predominou na realização da atividade experimental. Com o passar das discussões foi possível fazer algumas relações que evidenciavam a **categoria do pensamento complexo**.

Uma destas relações foi feita entre o sistema micro (o experimento) e o macro (o sistema Sol-Terra-Atmosfera) evidenciando assim o operador hologramático. Outro operador presente foi o de retroalimentação, uma vez que temos menos gelo, haverá menos reflexão da radiação o que implica em aumento da temperatura da Terra que por sua vez reforça o derretimento do gelo e assim o ciclo se amplia. O operador do pensamento complexo esteve presente a medida que as relações emergentes de dados fenômenos deveriam ser analisadas apenas de forma não desarticulada, isso ficou claro quando os licenciandos reconheceram a quantidade de variáveis que influenciam no fenômeno do EE.

O operador dialógico pode ser inferido nas discussões em que os licenciandos argumentam que processo físico é o mais adequado para explicar o fenômeno e deparasse com a conclusão que estes processos podem ser usados ao mesmo tempo de forma dialógica, não havendo forma única de entender o processo. Isso é evidente quando se quis saber que processo fazia a TI da caixa revestida com alumínio aumentasse menos que a vez com cartolina preta: seria a absorção da energia por parte do alumínio ou a reflexão devida à superfície ser espelhada? Os licenciandos concluíram que cada uma tem sua parcela de influência no processo.

A **categoria CTSA** também foi contemplada durante as discussões dos licenciandos, isso evidenciou-se quando esses se utilizaram de analogias entre o que acontecia na natureza e produtos tecnológicos. Por exemplo, um dos licenciandos usa o exemplo dos óculos escuros para explicar como a camada de ozônio filtra a ROC.

É certo que as relações entre CTSA foram abordadas de forma superficial e esporádica, mas isso já mostra um avanço, já que nas produções anteriores esta discussão quase inexistiu.

Um ponto chave das discussões foi a existência de discordância de interpretações entre os fenômenos, isso deu origem a seções de argumentação que evidenciaram o caráter contraditório do conhecimento científico. E que mesmo quando a teoria não é respaldada pela experiência, o homem produz teorias *ad hoc* para justificar a exceção (KUHN, 2006). Isso ficou claro quando os licenciados não abandonaram o argumento da camada de ozônio como causa para o EE mesmo quando as simulações computacionais desprezavam tal variável.

Acreditamos que a atividade proposta cumpriu seu papel de levar os licenciandos a refletir sobre o EE e suas causas complexamente ligadas com a relação CTSA.

Ao analisamos as produções escritas e orais conjuntamente podemos notar que esta última propiciou momentos ricos de argumentação e contra argumentação entre os próprios licenciandos a cerca do tema proposto para a atividade experimental: o Efeito Estufa. Algo que não se mostra nos textos uma vez que estes expressam a opinião do licenciando sem que este faça uma defesa maior do seu ponto de vista. Esse exercício de exposição de argumentos serve para evidenciar o caráter transitório e inexato da ciência que pode abarcar explicações distintas para o mesmo fenômeno, ao mesmo tempo que esta incerteza contribui para a formação de um pensar de forma complexa os fenômenos.

A atividade foi válida ainda por poder mostrar outras variáveis para o AG que não foram mencionadas pelos licenciandos na resposta à situação-problema inicial, e também desvincular variáveis menos importantes como o buraco da camada de ozônio.

Passamos a analisar adiante os comentários dos licenciandos no debate proposto sobre o tema AG.

### 5.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS AO DEBATE

Como mencionado na metodologia (seções 4.5.3 e 4.5.4), antes da realização do debate o pesquisador promoveu atividades com os licenciandos a fim de fornecer mais informações a respeito do Aquecimento Global e questões correlatas.

Apesar das atividades mencionadas acima não serem objetos de análise desse trabalho acreditamos que foram importantes para fornecer elementos para que os licenciandos pudessem posicionar-se ante o AG com maior embasamento teórico e crítico.

Apresentaremos no quadro XX a seguir a síntese das discussões realizadas durante o debate sobre pontos da temática Aquecimento Global realizado em vinte e sete e trinta de novembro de dois mil e nove.

Os licenciando se organizaram em equipes segundo o ponto de vista que defendiam sobre quais seriam as causas do Aquecimento Global. O quadro XX abaixo identifica as equipes e respectivos pontos de vista.

Quadro XX – denominação das equipes formadas para o debate a visão defendida por cada um desses

Equipe (E)	Visão defendida
E-A	O AG devidos a causas antrópicas.
E-B	O AG devido tanto a causas antrópicas quanto naturais.
E-C	O AG devido a causas naturais.

Quadro 2- síntese das discussões dos licenciandos durante a realização do debate.

Debate de 27/02/2009

O pesquisador perguntou às equipes:

- Quem é o “culpado” por causar o Aquecimento Global?

A equipe B (E-B) respondeu que não havia um culpado, mas sim uma serie de fatores que juntos fazia com que o efeito de aquecimento surgisse. Continuou dizendo que causas que eram naturais e intensificadas pela ação humana através da poluição.

Pergunta feita pelo pesquisador às equipes:

- Quais os indícios científicos embasam o ponto de vista da sua equipe?
- **CO<sub>2</sub>:**

A equipe A (E-A) disse que certos indícios eram explicados pelo impacto da ação humana sobre o meio ambiente, tais como: o derretimento das geleiras que causa o aumento no nível dos oceanos; a quantidade de CO<sub>2</sub> que faz com que a temperatura do planeta se eleve por fazer com que mais radiação solar fique retida na atmosfera da Terra e os gráficos são evidencias disso; o excesso de desmatamento que faz com que menos CO<sub>2</sub> seja absorvido da atmosfera e as alterações climáticas que mostram que algo está errado na nossa forma de agir com a natureza.

- **Atividade Solar:**

A equipe C (E-C) em seguida falou que concordava com os argumentos citados no filme “A Grande Farsa do Aquecimento Global” que indicaram que:

- i) o Sol, sendo a principal fonte de energia para nosso planeta, não tem níveis de emissões de radiação constante e que os picos de atividade solar (representado pelas manchas solares) coincidem com os picos de temperatura global;
- ii) O oceano libera uma quantidade maior de CO<sub>2</sub> que a atividade industrial devido a sua grande extensão;
- iii) A grande extensão e massa dos oceanos faz com que ele seja menos suscetível a mudanças bruscas de temperatura e o

aquecimento que estamos sofrendo hoje pode ser um reflexo de eventos ocorridos a cinquenta anos, por exemplo;

iv) A grande concentração de vapor d'água na atmosfera e isso influencia no aquecimento da Terra por ser um poderoso GEE.

E-B começou contestando a relação existente entre a atividade solar e os níveis de CO<sub>2</sub>. Se a energia vinda do Sol é que produz o derretimento das geleiras então o CO<sub>2</sub> “não tem nada haver com essa história”. Continua dizendo que as variações solares não são acompanhadas pelas variações dos níveis de CO<sub>2</sub> como defendeu o grupo C. E-B ainda argumentou que se a morte de micro-organismos nos oceanos libera grande quantidade de CO<sub>2</sub> existem outros mecanismos naturais que dariam conta de absorver esse gás de forma que a harmonia ambiental fosse mantida. Mas no momento que o homem entrou nesse sistema o equilíbrio foi quebrado.

E-B disse que a cidade de São Paulo tem temperatura mais elevada que outras cidades menores não por causa apenas do CO<sub>2</sub>, mas sim devido a substituição da cobertura natural do relevo por materiais como concreto que absorvem mais radiação, as altas construções que impediram a livre circulação de do vento e também devido a outros poluentes atmosféricos. Disse ainda que os oceanos não poderiam ser uma das causas do AG já que sua massa é muito grande o que eles acumulam de dia irradiam a noite.

E-C disse que concordava que os oceanos liberam mais CO<sub>2</sub> que outras fontes de origem antropogênica e acreditam que mesmo tal liberação somada não seja capaz de causar um desequilíbrio no balanço energético do planeta. E-C disse acreditar que colocar o CO<sub>2</sub> no centro da discussão sobre mudanças climáticas, quando outros GEE exercem ação mais poderosa que esse, torna-se uma questão mais econômica que científica. Já que em quase todo processo industrial há liberação de CO<sub>2</sub> se existe um controle desse gás haverá também um controle sobre a produção industrial. E-C respondeu que das causas do AG o CO<sub>2</sub> é um dos GEE menos importante que o metano, o vapor d'água e o ozônio, por exemplo. E terminou questionando porque apenas o CO<sub>2</sub> é responsabilizado pelo problema do AG.

- **Fatores Socio-econômicos:**

O licenciando C2 disse existe muito financiamento para as pesquisas envolvendo o AG devido às emissões de CO<sub>2</sub>, e todas vão diretamente contra a produção da indústria de petróleo. C2 concorda com a equipe B no tocante as motivações econômicas por traz do combate ao CO<sub>2</sub> já que a concentração desse gás na atmosfera é pequena.

E-C explicou que o mesmo combate ao CO<sub>2</sub> ocorreu nos anos oitenta com relação aos CFC que são gases que eram tidos como responsáveis pela destruição da camada de ozônio sendo estes de patente aberta e usados nas máquinas de refrigeração da época. O que aconteceu foi a substituição dos CFC por outros gases que não agrediam a camada de ozônio, mas fabricados por apenas três laboratórios no mundo. E-C quis frisar que por traz de interesses aparentemente ambientais se escondem interesses econômicos que por vezes estão acima do bem estar da população como um todo.

O licenciando C2 disse que tanto o CO<sub>2</sub> quando o CFC virou centro da discussão ambiental devido a sua relação com os bens de consumo e a economia mundial.

Retomando a discussão o grupo B declarou que as emissões de CO<sub>2</sub> antropogênico e natural estão em níveis semelhantes. Um membro do grupo disse que o filme A grande farsa do Aquecimento Global usa de uma lógica inversa: o filme com a desculpa de defender o uso de usinas de carvão que abasteceriam o sonho Africano de desenvolvimento dá aval para que as superpotências continuem poluindo, ou seja, com o argumento de defender os mais pobres o filme favorece os países mais ricos. E o licenciando foi contundente em afirmar que o CO<sub>2</sub> não é a causa do AG, pois as causas seriam naturais.

E-C contra-argumentou dizendo: “por que o segundo o filme A Grande Farsa do Aquecimento Global não teve a mesma divulgação do filme Uma Verdade Inconveniente? Por que a mídia não dá o mesmo espaço para as duas interpretações do fenômeno? Notemos que as duas visões têm grandes cientistas que as representam”. O licenciando ainda analisou a questão da

seguinte forma: se a questão econômica for chave podemos ver que Uma Verdade Inconveniente teve mais financiamento. Se não existisse AG antropogênico muitas pessoas estariam desempregadas. A economia sustenta as visões científicas no capitalismo de acordo com a conveniência do mercado.

E-B respondeu ao E-C ao dizer que causas naturais, em geral, não podem ser controladas, mas as antropogênicas sim e, portanto o homem pode diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>.

- O pesquisador perguntou a E-A se eles acreditavam que a teoria do AG por causas antropogênicas tinha interesses econômicos por traz.

O licenciando A2 respondeu que o Sol está “queimando” e diminuindo e um dia ele irá acabar e por isso menos energia tem chegado a Terra, por isso que não se pode dizer que o Sol é o principal responsável pelo AG. O licenciando ainda disse que a atividade industrial hoje é bem maior e por isso os níveis de CO<sub>2</sub> nunca foram tão altos.

Um membro da E-B disse que o Sol na verdade está expandindo e um dia virará uma super nova ou buraco negro dependendo de sua massa, o fato é que o Sol está cada vez mais “quente”.

O licenciando A2 disse que a quantidade de energia irradiada pelo Sol é constante e não existem picos de atividade solar. Ao que um membro da E-B discorda e disse que as explosões solares que formam o vento solar é uma prova disso. Compara o Sol com um grande vulcão que tem períodos de maiores e menores atividades

E-C disse que a Terra executa vários movimentos diferentes e só dois (rotação e translação) são explicados com freqüência. O Sol tem uma grande complexidade e não podemos simplificá-lo a uma simples “bola de energia”. O licenciando apesar de declarar não ter conhecimentos suficientes sobre o Sol acredita pelo que foi exposto até então que o homem não é o causador do AG.

E-A disse que se o CO<sub>2</sub> tendo uma pequena concentração na atmosfera já causa efeitos importantes no clima, ressaltou ainda que o CO<sub>2</sub> não se degrada ou reage facilmente, e ainda se acumula na atmosfera. Alertou que se precauções não forem adotadas isso fará com que as calotas polares derretam causando a devastação nas cidades litorâneas como a nossa que já está sofrendo esses efeitos. E questionou: se o problema gerado pelo acúmulo de CO<sub>2</sub> não fosse grave porque tantos políticos e cientistas se mobilizariam para encontrar soluções para tal no mês de dezembro de 2009 em Copenhagen?

O licenciando C2 analisou que países como China e Estados Unidos usam muito petróleo e se tem dinheiro para comprar porque eles gastariam dinheiro em pesquisa por fontes de energia menos poluidoras se estes não vão produzir a mesma quantidade de energia que o petróleo. Pesquisa como essas demandam muito tempo e recursos financeiros e a lógica do mercado é lucro com o menor gasto e com isso o petróleo é mais desejável. Por exemplo, no Brasil se falou muito sobre biocombustíveis, mas isso até se descobrir a camada Pré-sal então as “energia verdes” perderam força para a comodidade e tradição dos combustíveis fósseis.

- **Soluções para o problema do AG:**

E-A disse que mesmo não sendo o homem o principal culpado por elevar os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera ele pode contribuir para não piorar a situação.

E-B disse que o problema das emissões de CO<sub>2</sub> só iria melhorar quando fossem impostas pesadas multas aos que poluíssem. O homem não pode parar de produzir CO<sub>2</sub> sem que isso faça com que causemos mais problemas que do já temos.

E-C disse que deveria ser estabilizado o crescimento demográfico como forma de reduzir o consumo e a conseqüente poluição associada à produção. Um licenciando até sugeriu o controle de natalidade.

Debate de 30/02/2009

O pesquisador começou o encontro mostrando um vídeo que relatou o problema da erosão costeira no estado vizinho, a Paraíba.

Nessa reportagem as represas nos principais rios do estado eram apontadas como a causa para que os sedimentos deixassem de repor a areia deslocada pelo movimento das marés e por isso a erosão era causada. Na verdade não era o mar que estava avançando, mas sim os sedimentos que não estavam chegando devido à ação humana.

Depois da exibição do vídeo o pesquisador perguntou:

- A culpa pelo “avanço” do mar era do homem?

E-C disse que sim, pois o homem construiu barragens.

E-B disse que poderiam existir causas que não as barragens para explicar as erosões costeiras que não foram mostradas pelos pesquisadores no vídeo.

- O pesquisador questionou qual a causa da erosão costeira em nosso estado, será que é de fato o Aquecimento Global?

E-C disse que uma grande obra que poderia alterar a dinâmica da costa era construção do complexo de Suape/PE. Citou ainda que com a construção aumentou o número de ataques de tubarões devido ao desvio de correntes marítimas. Essas mesmas correntes ao serem desviadas podem ter ocasionado o avanço do nível do mar em alguns pontos da costa de nosso estado.

E-A disse que o problema é que as construções estavam perto demais da mar.

Um dos licenciandos disse que com a transposição do Rio São Francisco o curso de muitos rios foi alterado e essas alterações podem estar refletindo na forma de erosão marinha em nosso estado.

- O pesquisador então perguntou se o AG não tinha relação nenhuma com o avanço do nível do mar.

E-C confirmou que o AG não tem relação com o avanço do nível do mar em Pernambuco.

- O pesquisador perguntou se os licenciandos acreditavam que a dilatação volumétrica dos oceanos poderia influenciar no avanço do nível do mar.

O licenciando C2 disse que se a temperatura média do planeta (cerca de 15°C) aumentasse, mesmo que fosse 1°C, poderia sim haver uma dilatação importante das águas oceânicas que acarretariam em um avanço do nível do mar em todo o mundo.

- O pesquisador pergunta se o homem tem participação nesse processo de aquecimento.

O licenciando C2 respondeu que sim, mas não era o único responsável pelo derretimento das geleiras.

E-B adverte o licenciando C2 para o fato de ele estar defendendo argumentos do Aquecimento Global antropogênico, que não deveriam ser aceitas pelo grupo C. E-B ressalta que não existem apenas causas “terrestres” para o avanço do nível do mar. A atração gravitacional entre a Terra, o Sol e outros planetas influenciam diretamente no movimento das marés, podendo ser importantes fatores que determina o avanço do nível do mar. se deveria estudar o movimento dos planetas e Sol ao redor da Terra como esses influenciam no avanço, que é sazonal como os movimentos planetários, do nível do mar.

Outro licenciando do grupo C disse que se é possível prever eclipses com grande precisão porque não prever o movimento das marés e proibir assim construções a uma certa distância da costa.

- **Medidas para combater o avanço do nível do mar:**

E-A indicou a sensibilização das pessoas para o problema de lançarem lixo em locais impróprios. Sugeriu ainda debater o tema com as pessoas, fazendo com que essas busquem informação e que uma vez informadas procurem agir de forma consciente.

O licenciando A2 disse que como educador pode contribuir para ensinar conteúdos de ciências que ajudem a desenvolver uma

mudança de atitude.

E-C mais propaganda nos meios de comunicação e programas de educação ambiental nas escolas para que desde jovens possam desenvolver uma consciência ambiental. Enfatizou ser uma ação de execução curto prazo, mas com resultados em longo prazo.

E-B disse que se as pessoas pensarem como os membros da equipe C que o AG é uma consequência natural e cíclica a única coisa que elas farão é esperar que o pico de aquecimento passe e traga o novo ciclo de resfriamento e medidas de redução de poluição serão esquecidas, pois seriam inúteis. Ou seja, as pessoas que perderam suas casas iriam só esperar o mar baixar e construir suas casas outra vez.

E-C contra-argumenta dizendo que esses ciclos não são curtos e que as mudanças são gradativas. E citou a fala de um dos moradores de uma região atingida pelo avanço do nível do mar que morava no local a cinquenta anos e nunca tinha visto tal fenômeno antes. E ainda disse: “as pessoas só vão tomar uma providencia quando a situação estiver critica enquanto poderem colocar pedras na costa o farão”.

Outro licenciando disse que os governos precisam garantir os direitos básicos dos cidadãos para que esses possam fazer sua parte, e exemplificou o caso de uma localidade não contemplada com coleta de lixo como os moradores poderiam depositar lixo em aterros.

Algo causou uma certa surpresa foi a reivindicação de alguns licenciandos da formação de outra equipe que defende uma posição híbrida para as causas do Aquecimento Global, daí surgiu a Equipe B (E-B).

Numa visão geral os licenciandos utilizaram uma gama de conceitos científicos mais abrangente do que nas atividades realizadas até então. O que nos ajudou a inferir mais elementos na **categoria conceitual**.

Alguns dos conceitos científicos que deram o tom no debate foram:

- **Influência de corpos celestes:** os licenciandos não apenas analisaram fatores dentro da atmosfera terrestre como consideraram fatores fora do planeta. A atividade solar foi um tema muito discutido, uma vez que o Sol é a principal fonte de energia da Terra estudá-lo é fator importante para entender o AG. Outro exemplo foi o movimento da Terra e de outros astros que podem influenciar tanto no AG como no nível dos oceanos. Citaram os fenômenos das marés como consequência da interação gravitacional entre Terra e Lua.
- **GEE:** como não poderia faltar o CO<sub>2</sub> mais uma vez um ponto de debate entre as equipes, alguns defendiam a sua importância para o AG outros diziam que este não era uma variável primordial para o fenômeno. O poder de outros gases como o metano e o vapor d'água foi discutido. Ainda falando do CO<sub>2</sub>, foram sugeridas ações como a substituição de motores que utilizam derivados de petróleo por outros a biodiesel ou elétricos.
- **Capacidade térmica dos oceanos:** os licenciandos referiram-se seguidas vezes ao fato que seria necessária uma quantidade muito grande de energia para elevar a temperatura dos oceanos e que este responde a estas alterações a longo prazo, o que é chamado de memória térmica dos oceanos.
- **Ilhas de calor:** um dos licenciandos utilizou este conceito para refutar a ideia do aquecimento devido ao CO<sub>2</sub>.

Apesar das sucessivas seções de argumentação e contra-argumentação em defesa dos conceitos citados, estes conceitos continuam sendo utilizados de forma superficial, de forma mais estruturada, mais ainda beirando o senso comum.

Com respeito à categoria de análise sobre o **pensamento complexo** houve indícios claros em que inferimos que os licenciandos começavam a considerar o problema ambiental do AG como um problema complexo, com múltiplas variáveis

entrelaçadas. Isso foi exemplificado quando um dos licenciados afirmou que a causa do AG é o Sol, o movimento da Terra, a ação humana no planeta e vários outros fatores que se correlacionam para gerar o fenômeno. As soluções para o AG também tomaram um caráter mais complexo.

De forma geral os **operadores de religação** também foram mais presentes na fala dos licenciandos nessa atividade e utilizados de forma coerente para discutir o AG.

Pudemos ressaltar os seguintes operadores de religação presentes nas falas dos licenciandos:

- **Dialógico:** alguns dos processos no AG devem ser observados sobre a ótica de lógicas aparentemente distintas reunidas.
- **Lógica do terceiro incluso:** os licenciandos que foram a equipe B acreditavam que o AG tinha causas tanto naturais quanto antrópicas e estes eram o terceiro grupo com uma lógica diferente e não contraditória em relação às demais equipes.
- **Emergência:** a primeira fala do debate reflete o caráter do operador hologramático. Respondendo ao questionamento do pesquisador de quem seria o culpado do AG os licenciandos da equipe B afirmam: *não há um culpado, sim uma serie de fatores que juntos fazem com que o efeito de aquecimento surja.*
- **Autopoiese:** este operador introduz a idéia de organismos auto-reguladores. Os licenciados utilizaram-se dessa idéia uma que argumentaram que se os organismos marinhos ao morrerem liberam CO<sub>2</sub> no processo de decomposição haveria “outros mecanismos” que seriam responsáveis de absorver este excedente, propiciando assim a manutenção das condições de vida no planeta.
- **Incerteza:** um dos licenciados afirmou que o Sol tem uma grande complexidade não podendo ser reduzido (ou fragmentado de forma linear) a uma “bola de energia”, e apesar de ainda não ter-se conhecimento suficiente sobre o funcionamento do Sol este acredita, em meio a incerteza que este é uma das principais causas do AG.
- **Hologramático e níveis de realidade:** quando um dos licenciandos afirmou que causas fora da Terra poderiam afetar o clima de maneira loca fica claro que o macro interfere no micro e vice-versa.

Até então nas análises das atividades desenvolvidas na intervenção didática a categoria conceitual tinha sido a mais comum nas produções dos licenciandos, mas nestes debates as relações entre **CTSA** foram bastante utilizadas para justificar as visões sobre o problema ambiental do AG. Tecemos alguns comentários de como estas relações foram exploradas pelos licenciandos nas discussões sobre o AG, suas causas e conseqüências.

Mais uma vez nos reportamos a organização dos grupos que por defenderem pontos de vistas *aparentemente* antagônicos ressaltam o caráter contraditório da ciência, contradição esta discutida no movimento CTSA.

Um fato muito discutido foi o financiamento das pesquisas sobre AG, uma vez que há muito dinheiro envolto nesse ramo científico todos há uma tendência a querer-se que o problema tenha causas difíceis de resolver, como é o caso das emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas, mas não impossíveis como é caso da visão que defende o AG natural. Isso mostra que a mais uma vez o caráter humano da ciência que é movida não apenas pela busca de novos conhecimento, mas esta é embalada também por interesses econômicos, as vezes legítimos outras vezes nem tanto.

Alguns licenciandos afirmaram que aqueles que querem reduzir a emissões de CO<sub>2</sub> desejam na verdade exercer controle sobre a atividade industrial com a desculpa de reduzir o AG.

Uma comparação muito interessante foi feita por um dos licenciandos que comparou o movimento de combate ao CO<sub>2</sub> com o movimento que baniu os CFC nos anos oitenta. Os CFC eram de patente aberta e novos gases são de propriedade de três laboratórios que monopolizam este mercado. Este pergunta se o CO<sub>2</sub> não seria mais uma marionete ambiental por trás de interesses econômicos.

Os licenciandos atribuem que as catástrofes climáticas são resultados da busca do homem pelo “progresso”, estes questionam se tal grande destruição vale à pena. Esta reflexão desta relação (progresso/qualidade de vida) é característica do movimento CTS dos anos setenta (BAZZO, 2003).

Por fim as soluções propostas refletem uma preocupação CTSA. Os licenciandos sugeriram a **informação e a sensibilização** sobre o tema AG como formas de lutar

contra o problema. Ressaltaram ainda que esta deve ser integrada às soluções de paliativas de curto, tais como a colocação de muros para conter o avanço do nível do mar e multa para os grande poluidores.

As discussões foram abrangentes no seu conteúdo e argumentos o que nos faz defender a utilização do tema AG para discutir as relações entre CTSA.

Os debate pode ser considerado satisfatório uma vez que atingiu o objetivo de fazer com que os licenciandos expusessem argumentos científicos que dessem suporte a seu ponto de vista quanto as causas do AG e possíveis medidas para combatê-lo.

Mais uma vez as argumentações e contra-argumentações foram úteis para a construção de um posicionamento consciente ante o fenômeno, ainda que esta estrutura possa inibir alguns dos licenciandos que se sintam menos preparados para participar do debate.

A postura do estudante como construtor do seu próprio conhecimento, sendo o professor um facilitador do processo é muito mais evidente nesse formato didático de ensino.

Não era nossa intenção definir se o AG tinha ou não causas antrópicas, mas sim fazer com que os estudantes chegassem a um posicionamento com o uso da ciência e conscientes de que qualquer que fosse seu posicionamento este exigiria postura condizente que deveria contemplar o bem estar social aliado a pratica ambiental benéfica, ou seja, uma postura “sustentável”.

Na próxima seção apresentaremos a análise das respostas dos licenciando à situação-problema final.

## 5.4 ANÁLISES DAS RESPOSTAS DOS LICENCIANDOS À SITUAÇÃO-PROBLEMA FINAL

Nesse bloco analisaremos as respostas dos licenciados à situação-problema final (ver apêndice 4) com questões relativas ao AG.

Apresentamos a seguir as questões feitas aos licenciandos de Física na forma de um questionário escrito, as respostas que estão no quadro 17 e as análises segundo os critérios definidos na seção 4.7.4 da análise dos dados.

Quadro 17 – Respostas dos licenciandos à questão “a”: *A física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas.*

<i>Licenciando</i>	<i>Resposta</i>
A2	Eu explicaria que a elevação do nível do mar é uma consequência da elevação da temperatura do planeta, isto está ocorrendo devido a poluição lançada na atmosfera pelo homem, e tal poluição é causada através de queimadas e emissão de certos gases por automóveis. Explicaria que esses gases se comportam como uma barreira que cerca o planeta conservando todo o calor emitido pelo Sol, na atmosfera terrestre, e que a consequência disto seria o derretimento das geleiras e o avanço dos mares.
B2	Explicaria a estas pessoas que o nível do mar está aumentando porque a temperatura está aumentando devido ao aquecimento global provocando o derretimento do gelo polar. O Sol irradia e parte dessa é absorvida pela terra para depois ser emitida através de irradiação infravermelha, porém, devido aos poluentes gerados pelo homem essa radiação não é expelida o que ocasiona o seu aprisionamento na atmosfera gerando entre outros males um maior aquecimento do planeta e consequentemente a elevação do nível do mar.
C2	Eu responderia para as pessoas que perderam seus bens nas praias que esse fenômeno é uma coisa provocada a longo prazo. Esse avanço do mar tem como explicação o aquecimento global, que foi provocado durante anos. O avanço tem como explicação o aumento da temperatura média do planeta, devido ao maior condicionamento da radiação infravermelha na superfície terrestre, causando o derretimento de geleiras polares causando o escoamento de água para o mar, fazendo com que eleve seu nível. Temos também, devido ao aumento da temperatura média do planeta um fenômeno que acontece quando “esquentamos” determinadas substâncias, que é a dilatação volumétrica, causando um aumento $\Delta V$ no volume total do oceano. Também podemos falar sobre marés causadas pelas forças gravitacionais resultantes, devido a movimentação de corpos celestes e principalmente a Lua.

Segundo a **categoria conceitual** a questão “a” tinha por objetivo fazer com que os licenciandos expusessem sua compreensão sobre o fenômeno do avanço do nível do mar e o que causaria tal avanço usando para isso o conhecimento científico construindo durante, entre outras ocasiões, a intervenção didática Física e Mudanças Climáticas.

Os licenciandos utilizaram argumentos semelhantes para explicar o que é o AG: a elevação da temperatura do planeta. Uma causa também foi consenso a que os gases poluentes retêm a ROL provocando tal aumento na temperatura. Descreveram satisfatoriamente a questão inclusive conceituando corretamente o EE.

Chamou-nos a atenção que os argumentos foram mais coerentes do que as respostas encontradas na situação-problema inicial com uma variedade maior. Por exemplo o licenciando C2 usa dois argumentos embasados em princípios físicos para explicar o avanço do nível do mar: a dilatação volumétrica dos líquidos quando esses passam por mudanças de temperatura e a atração gravitacional de corpos celestes, como a lua, sobre os oceanos que causam as marés.

Porém os licenciando não consideraram outros fatores antrópicos impotentes que poderiam acarretar no avanço do nível do mar como, por exemplo, a barragem dos rios que fez com que parte considerável de sedimentos chegue a costa e a construções de edificações como portos que alteram a dinâmica das marés que trazem consegue sedimentos que contribuem para a formações das praias.

De acordo com a **categoria do pensamento complexo** notamos que ainda impera as relações lineares de causa e efeito. Um exemplo disso é dado pelo licenciando A2 que fez uma série de relações lineares pode ser representada na figura 10 a seguir:

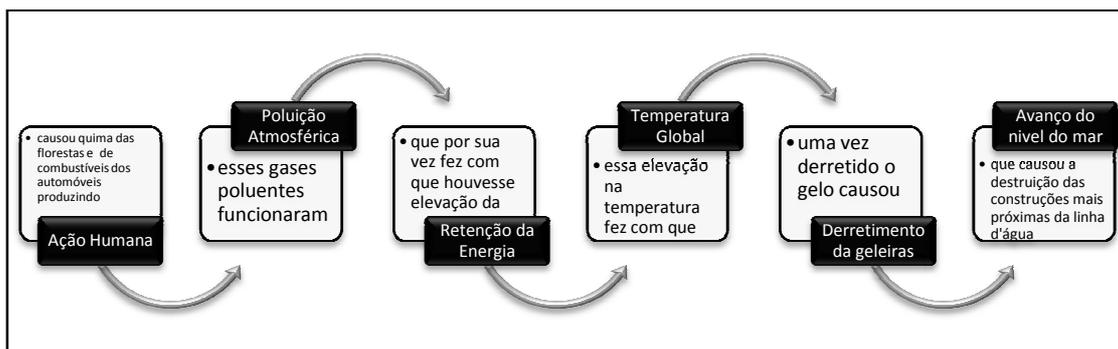


Figura 10: relações de causa e efeito escritas pelo licenciado A2 para questão “a” na redação final.

Podemos dizer que o licenciando C2 é o que esboça uma visão complexa do assunto quando explicou que o fenômeno tem diversas causas, com elementos correlacionados de forma intrínseca.

Quanto aos operadores de religação percebemos que o licenciando C2 foi o único a utilizar-se dos operadores hologramático e níveis de realidade quando se refere as relações entre sistema macro e micro, universo e Terra, Terra e atmosfera.

A **categoria CTSA** foi evidenciada quando os estudantes atribuem à ação humana as conseqüências desastrosas do fenômeno do AG/avanço do nível do mar. Apenas o licenciando C2 não expressou tal pensamento.

Apresentamos a seguir o quadro 18 no qual temos as respostas dos licenciando à questão “b”.

Quadro 18 - Respostas dos licenciandos à questão “b”: *Se a pessoa da situação anterior questionasse se o Aquecimento Global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta.*

Licenciando	Resposta
A2	Diria que sim. Pois o aquecimento global é uma conseqüência da poluição lançada na atmosfera pelo homem, no qual vem acarretando o aumento da temperatura do planeta.
B2	Diria que o mesmo está acontecendo, e tentaria fazer uma ilustração para que ele compreenda o fenômeno do aquecimento na terra.
C2	Como dito na questão anterior, devido ao aquecimento global, podemos observar o derretimento das geleiras e o aumento do volume total do oceano devido ao aumento da temperatura média do planeta.

Segundo a **categoria conceitual** a questão “b” teve como objetivo fazer com que os licenciandos evidenciassem sua opinião a respeito da relação, existente ou não, entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar.

O que notamos é o consenso entre os licenciando que o Aquecimento Global é o causador do avanço do nível do mar. O licenciandos A2 afirmou ainda que o Aquecimento Global tenha causa antropogênicas enquanto C2 defende que esse é um fenômeno natural e cíclico.

Segundo a **categoria do pensamento complexo**, mais uma vez verificamos que os licenciandos utilizaram a relação de causa e efeito, alias uma única causa: afirmaram que o AG é a causa da elevação do nível do mar. Esse posicionamento deixa de considerar que os fenômenos ambientais têm causas complexas e que não considerá-las pode dar uma idéia parcial destes fenômenos.

Não identificamos nenhum operador de religação nas respostas à questão “b”.

Na **categoria das relações CTSA** pudemos apenas ver na resposta de A2 a responsabilidade colocada mais uma vez sobre os ombros do homem por causar o problema da elevação da temperatura do planeta, uma vez que esse o agride com poluição.

Apresentamos a seguir o quadro 20 no qual temos as respostas dos licenciando à questão “c”.

Quadro 20 - Respostas dos licenciandos à questão “c”: *Por último, a pessoa lhe pergunta o que fazer para combater o avanço do nível do mar e/ou Aquecimento Global qual seria sua resposta?*

Licenciando	Resposta
A2	Primeiramente, lhe diria para evitar ao máximo possível a prática de queimadas, e em segundo a construção de barreiras próximas ao litoral em que ela se encontra.
B2	Primeiro eu diria que reciclasse o maior numero possível de lixo reaproveitável, principalmente madeira para reduzir o desmatamento, e conseqüentemente reduziria a presença de CO2 na atmosfera que ocasiona o Aquecimento Global. Uma outra idéia é construir fortificações de pedras grandes a fim de reduzir o impacto na orla marítima combatendo a erosão. Talvez o processo de dragagem funcionasse, mas é num método que necessite de grande vulto de dinheiro.
C2	A minha resposta não seria como combater o avanço do nível do mar ou o aquecimento global. Para resolver esse problemas precisamos combater os dois problemas simultaneamente. Medidas de prevenção com respostas imediatas seriam praticamente impossível, mas com a conscientização e educação da população para preservar o meio ambiente, Acho que só a educação resolverá o problema.

Segundo a **categoria conceitual** a questão “b” é semelhante à situação-problema inicial da intervenção, e como tal, objetivou fazer com que os licenciandos

expusessem alternativas para combater o Aquecimento Global e/ou o avanço do nível do mar.

Mediante a análise das respostas contidas no quadro 22, verificamos que os licenciandos utilizaram uma variedade maior de medidas para mitigar o AG/avanço do nível do mar. Estas respostas de modo geral estão corretas e tem duas linhas de ação: intervir de forma sustentável no ambiente reduzindo a poluição e sensibilização através da educação ambiental.

Um argumento que não ficou bem explicado foi a sugestão de B2 sobre como retirar sedimentos do fundo do mar com a ajuda de uma draga ajudaria a conter o avanço do mar.

Segundo a **categoria do pensamento complexo** os licenciandos em geral sugeriram diversas ações e isso se justifica pela variedade de causas, o que evidencia o caráter complexo da questão ambiental. O operador de religação da incerteza esteve presente no discurso quando teste afirmam que não há certeza que as medidas farão efeito em curto prazo. Outros OR não foram identificados.

A **relação CTSA** se evidencia quando nos discursos de todos os licenciandos quando estes ou expressam que como o homem causou o problema deve tomar parte na solução do mesmo usando seu conhecimento científico em prol do bem estar social. A educação é posta como medida de destaque no combate ao AG, esse é um dado importante haja a vista que são educadores que uma vez conscientes do seu papel poderão influenciar a formação de cidadãos mais comprometidos em agir positivamente ante as demandas contemporâneas.

Com a análise das respostas da situação-problema final notamos uma evolução conceitual em relação a primeira situação-problema proposta. Maior numero de variáveis são mencionadas e correlacionadas também. Surge novos pontos de vista sobre o fenômeno, como a visão do AG não causado pelo homem, algo que era praticamente desconhecido pelos licenciandos.

As implicações e as soluções surgem de forma muito mais integradas, evidenciando o caráter complexo tanto das causas como das medidas para combater o AG. Essas

medidas levaram em conta a relação CTSA, antes periférica no discurso dos licenciandos.

Passamos na seção seguinte a discutir as conclusões sobre trabalho realizado.

## 6. CONCLUSÕES

Pudemos observar uma evolução dos licenciandos no que diz respeito às quatro categorias analisadas (Conceitual, Pensamento Complexo, Operadores de Relação e CTSA).

No início o desempenho dos licenciandos foi caracterizado pelo discurso do senso comum sem maiores aprofundamentos. O fenômeno do AG é visto sobre a ótica cartesiana simplificadora de uma causa única que propicia uma medida também única para a sua solução. O envolvimento da relação CTSA na compreensão do fenômeno e possível mitigação de seus efeitos é quase insistente.

Estes partiram do discurso do senso comum para a utilização de princípios científicos de forma mais elaborada, correlacionado de forma coerente diversas variáveis do fenômeno do AG.

As relações lineares de causa e efeito tiveram o acréscimo de variáveis horizontais e entrelaçada o que caracteriza o rizoma do pensamento complexo.

A variedade de instrumentos didáticos propiciou uma triangulação de métodos para construir os dados resultando em um rico material a ser analisado. Esta variedade foi válida uma vês que pode envolver maior numero de estudantes dada a afinidade com uma ou com outro atividade dependo da natureza dessa.

E de acordo com o tipo de atividade algumas das categorias de analise era privilegiada. Por exemplo, a categoria conceitual foi fortemente evidenciada nas atividades escritas, enquanto que as discussões da relação entre CTSA estavam muito em voga nas atividades que propiciaram o debate.

A atividade experimental foi valida para a verificação de uma analogia com o fenômeno do AG e suas variáveis. Os licenciandos puderam perceber e observar como o fenômeno acontece a partir das relações entrelaçadas entre as variáveis inclusive as de causas antrópicas.

Concluimos que os objetivos da pesquisa foram atingidos uma vez que o trabalho aponta caminhos para a construção de um ensino contextualizado e problematizado com as demandas emergentes da contemporaneidade (MORIN, 1998), podendo assim romper com o modelo bancário de educação.

O ensino e a aprendizagem de física feita com uma temática CTSA com o uso de situação-problema traz um trunfo para a sala de aula: o contexto. Fazendo com que o próprio aluno encontre uma utilidade para a gama de conhecimentos científicos acumulados, que é justamente a proposição de soluções ante problemas *reais* da vida *real*. A aprendizagem de física torna-se viva e dinâmica dessa forma e atende as exigências contidas nos PCN's de contribuir para a formação de um cidadão crítico e apto para responder às demandas da sociedade de seu tempo.

Apesar de não ter sido foco de nossa pesquisa acreditamos que esta abordagem pode ser frutífera para o desenvolvimento de conteúdos atitudinais já que propicia a tomada de consciência ante um fenômeno ambiental importante que solicita um posicionamento a fim de encontrarmos possíveis soluções.

## 7. REFERÊNCIAS

ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. v. 1, 481 p.

ALVES, J., MION, R., CARVALHO, W. Formação de professores de física e implicações da relação CTSA: possibilidades, desafio e limitações. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 146-158, 2007.

AMARAL, W. G. L. **A Influência da mídia na formação de conceitos: Um paralelo entre a ficção e a realidade (monografia de especialização)**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

ARANHA, M. L. A. **História da educação**. São Paulo: Moderna, 1996.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2009.

BARRETO, M. M.; STEINKE, H. T. As controvérsias sobre o aquecimento global e um parecer preliminar da abordagem do tema em sala de aula no Distrito Federal. Minas Gerais: **Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, p 84-98, 2008.

BASTOS, H. Bases teóricas para o ensino de ciências e matemática nima abordagem CTSA. In: OLIVEIRA, M. M. (Org.): **CTSA: experiências multi e interdisciplinares no ensino de ciências e matemática**. Recife: Ed. Do Organizdor, 2009, p. 33-58.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 2000

\_\_\_\_\_. **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade), Cadernos de Ibero-América**. Madri: OEI (Organização dos estados ibero-americanos para a educação, a ciência e a cultura), 2003.

BELMONTE R. V. di. **Relatório Mudanças Climáticas**, Mudanças de Vida, 2006 Disponível em:<<http://p2-raw.greenpeace.org/brasil/greenpeace-brasil-clima/relatorio>> Acesso em: 08 setembro de 2009.

BLOOMFIELD, L. **How things work: the physics of everyday life**. USA: J. Wiley. 1997.

BLÜCHEL, K. G. **A fraude do efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas: os fatos**. São Paulo: Publishing House, 2008.

BOCANEGRA, C. H.; SILVA, L. F. Planejamento e execução de atividades de ensino a partir de temas controversos: relato de uma experiência interdisciplinar. **Anais do XVIII Simpósio Nacional do Ensino de Física**, 2009.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. – Brasília: Ministério da Educação, 1999.

\_\_\_\_\_. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias - Orientações curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, vol. 2, 2008, 135 p.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciência**. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC, 2001.

CACHAPUZ, A., PAIXÃO, F., LOPES, J. B., GUERRA, C. O estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso “ciência-tecnologia-sociedade”. **Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, v.1, n. 1, p. 27-49, mar. 2008

CACHAPUZ, A. (Organizador). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, W. **Cultura científica e cultura humanística: espaços, necessidades e expressões**. Tese (Pós-doutorado): Faculdade de engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2005.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1994.

CINTRA, M. V.; CAVALCANTE, P. S. **Ensino de ciências: um estudo do currículo oficial de Pernambuco (monografia de especialização)**. Recife: UFPE, 2008.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. In: **René Descartes**. Trad. J Guinsburg e Bento Prado Junior. São Paulo: Abril Cultural (Coleção Pensadores) 1973.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS. M. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008. v. 1. 525 p.

FOTOSSINTESE. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fotoss%C3%ADntese>> Acesso em: 20 out. 2010.

FRANCO, M. L. B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Liber Livro Editora, 3ª ed., 2008.

GIL-PEREZ, D. et al. A educação científica e a situação do mundo: um programa de atividades dirigido a professores. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 123-146, 2003.

REF. Grupo de reelaboração do ensino de física. **Física 1: Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2002

\_\_\_\_\_. Grupo de reelaboração do ensino de física. **Física 2: Física térmica, ótica**. São Paulo: EDUSP, 2002

\_\_\_\_\_. Grupo de reelaboração do ensino de física. **Física 3: Eletromagnetismo**. São Paulo: EDUSP, 2002

GUGGENHEIM, D. B., BURNS, S., BURNS S. Z., DAVID, L. **Uma Verdade Inconveniente** (vídeo). Direção geral de D. Guggenheim; produção de S. Burns, S. Z. Burns e L. David. 2006. Brasil: Paramount Pictures, 100 min.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996. 330 p.

IPCC. **Climate Change 1995: The Science of Climate Change**. [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press, p. 572, 2009.

\_\_\_\_\_.

KING, D., WALKER, G. O mundo em aquecimento. In: **Scientific American Brasil – Terra 3.0**. São Paulo: Duetos, nº 1, p. 36-45, 2009.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2006.

LIBÂNEO. J. C. As teorias pedagógicas modernas revisadas pelo debate contemporâneo da educação. In: LIBÂNEO J. C., AKIKO (Org.). **Educação na era da educação em rede e transdisciplinaridade**. Campinas: Alínea, 2005. p. 19-63.

\_\_\_\_\_. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1991.

LIBANORE, A.; OBARA, A. Concepções alternativas sobre efeito estufa e a formação científica de professores e alunos. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.

LOBATO, A. C. Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio: é simples entender esse fenômeno? **Ensaio**, v. 11, nº1, junho 2009.

LYNAS, M. **Seis graus: o aquecimento global e o que você pode fazer para evitar uma catástrofe**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.

MANZOCHI, L. H. **Reflexões sobre o potencial educativo de alguns recursos didáticos do campo teórico-metodológico de “conflito socioambiental” na formação continuada de professores em educação ambiental**. REU, Sorocaba, SP, v. 35, n. 2, p. 185-208, dez. 2009.

MARIOTTI, H. **Paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**. São Paulo: Palas Athena, 2000.

MEIRIEU, P. **Aprender...sim, mas como**. Porto Alegre: Artes Médicas, 7ª ed., 1998.

MOLION, L. C. B. Outra visão sobre o aquecimento global. In: **Scientific American Brasil – Terra 3.0**. São Paulo: Duetos, nº 1, p. 46-53, 2009.

\_\_\_\_\_. Global warming: a critical review. México: **Revista Geofísica** nº43, p. 77-86, 1995.

\_\_\_\_\_. Variabilidade e forçantes climáticas. Florianópolis: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET**, 27 a 4 de dezembro 2006.

\_\_\_\_\_. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise**, 2005. disponível em: < <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>> Acesso em: 25 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. Outra visão sobre o aquecimento global. . **Especial Scientific American Terra 3.0**, nº 1, p 46-53, 2009.

MOREIRA, M.A. & BUCHWEITZ, B. **Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem. Os Mapas Conceptuais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas,1993.

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

MORIN, E. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 7ª ed., 2002, 128p.

\_\_\_\_\_. **Ciência com consciência**. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 2ª ed., 1998.

\_\_\_\_\_. Complexidade e ética da solidariedade. In: CASTRO, G. et al. **Ensaio de complexidade**. Porto Alegre, 1997, p. 11 – 20.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2006

\_\_\_\_\_. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez: Brasília, DF: UNESCO, 3ª ed. 2001.

MORTIMER, E; SANTOS, W. L. P.;F. O Ensino de C-T-S (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Contexto da Educação Básica Brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000-a.

\_\_\_\_\_. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, dez. 2000-b.

NARDI, R.; CAMARGO, S. Formação inicial de professores de física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 2000.

NICOLAI-HERNÁNDEZ V. A.; CARVALHO, L. M. Controvérsias e conflitos socioambientais: possibilidades e limites para o trabalho docente. **Revista Interações**, N° 4, p. 126-152, 2006.

NICOLESCU, B. **Definition of transdisciplinarity**. 2003. Disponível em: <[www.interdisciplines.org/interdisciplinarity/paper/5/24/](http://www.interdisciplines.org/interdisciplinarity/paper/5/24/)>. Acesso em: 21 nov. 2008.

\_\_\_\_\_. **O manifesto da transdisciplinaridade**. Trad. Lúcia Pereira de Sousa. São Paulo: Trion, 1999.

NICOLESCO, B. **Educação e transdisciplinaridade**. São Paulo: Vozes, 2000.

NUÑEZ, I. B., RAMALHO, B. L. **Fundamentos do ensino aprendizagem das ciências da naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

\_\_\_\_\_. B., FRANCO, S. S. **O ensino por problemas e o trabalho experimental dos estudantes – reflexões teórico-metodológicas**. São Paulo: Química Nova, v. 25, nº 68, p. 1197-1203, 2002.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 1, 328 p.

RAMSEY, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. **Science Education**, v. 77, n. 2, p.235-258, 1993.

RIBEIRO, S. L. **Processo Ensino-Aprendizagem: do Conceito à Análise do Atual Processo**. Disponível em: <[www.abpp.com.br](http://www.abpp.com.br)> Acesso em: 18 de outubro de 2010.

RIBEIRO, A. **Contextualização no ensino de física: efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes (tese)**. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

RODRIGUES, D. C. G. A. Ensino de Ciências e a Educação Ambiental. **Revista Práxis**, nº 1, janeiro 2009

RODRIGUES, G. M. **A Abordagem do Conceito de Energia Através de Experimentos de Caráter Investigativo, numa Perspectiva Integradora**. 2005, 122 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SANTOS, A. **Complexidade e transdisciplinaridade em educação cinco princípios para resgatar o elo perdido**. *Revista Brasileira de Educação*, v. 13, n. 37: 2008.

\_\_\_\_\_. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13 n. 37, jan./abr. 2008.

SANTOS, A. G.; BARROS, F. S. Abordagem do aquecimento global em livros didáticos de física do ensino médio. **Anais do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2010.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. O ensino de física a partir de temas controversos a produção de energia elétrica em larga escala. **Revista Interações**, N° 4, p. 42-63, 2006.

SILVA, F. L. **Descartes: a metafísica da modernidade**. São Paulo: Moderna, 2ª ed. 2005.

SILVA, L. F., CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de física a partir de temas controversos. **Ciência & Ensino**, v. 1, Nov. 2007.

\_\_\_\_\_. Professores de física em formação inicial: o ensino de física, a abordagem CTS e os temas controversos. **Investigações em ensino de ciências** – v14(1), pp. 135-148, 2009.

**Simulação computacional Glaciers** Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/glaciers>> Acesso em: junho de 2009.

**Simulação computacional The Greenhouse Effect** Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/greenhouse>> Acesso em: abril de 2009.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002

VILCHES, A., GIL, D.. **Construyamos un futuro sostenible: diálogos de supervivencia**. Madrid: Cambridge University Press, 2003.

WAKER, G.; KING, D. O mundo em aquecimento. **Especial Scientific American Terra 3.0**, nº 1, p 36-45, 2009.

WAKS, L. Filosofia de La education em CTS: ciclo de responsabilidad y trabajo comunitário. In: ALONSO, A. (Org.) **Para comprender Ciencia, tecnologia y Sociedad**. Esánha: EVD, p. 19-33, 1996.

WEART, S., 2003: **The Discovery of Global Warming**. Cambridge: Harvard University Press, 240 p.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do Efeito Estufa em textos para didáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 21, n. 3: p. 325-349, 2004.

# APÊNDICES

APENDICE 1: material impresso distribuído com os licenciados no encontro de 09/11/2009 (**situação-problema inicial**).

Departamento de Educação  
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências  
Orientadores: Helaine Sivini e Romildo Nogueira  
Mestrando: Thiago Vinicius Sousa Souto

## Física & Mudanças Climáticas

### Texto A

O nível do mar vem avançando em relação à costa pernambucana o que tem causado grandes prejuízos e obrigado os moradores das áreas atingidas a procurarem novos locais para suas moradias.

Muitos atribuem esse avanço no nível dos oceanos ao fenômeno conhecido como *Aquecimento Global*. A imagem a seguir nos indica duas linhas: a) onde estava o nível do mar em 1950 e b) uma previsão onde este poderá estar no ano de 2100.

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005.

- a) Diante de tantas notícias divulgadas pela imprensa e a comunidade científica explique, o mais detalhadamente possível, a relação entre o Aquecimento Global e o avanço do nível do mar, se esta existir.
- b) Há alguma coisa a ser feita ante o fenômeno do Aquecimento Global e/ou da elevação do nível do mar? O quê?

APENDICE 2: material impresso distribuído com os licenciados no encontro de 13/11/2009 (**atividade experimental**).

 Departamento de Educação  
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências  
Orientadores: Helaine Sivini e Romildo Nogueira  
Mestrando: Thiago Vinicius Sousa Souto

**Física & Mudanças Climáticas**



### O Efeito Estufa

✓ **Objetivo:** compreender como funciona o fenômeno do Efeito Estufa através de analogias feitas com o experimento proposto a seguir.

✓ **Material:**

- Caixa de madeira com profundidade entre 4 e 7 cm;
- vidro (para tampar a caixa);
- cartolina preta fosca;
- lâmpada de filamento de 100 a 150 W;
- Suporte para a lâmpada;
- 2 termômetros (desses encontrados em farmácia)
- Cronômetro (pode usar o do celular por exemplo).

✓ **Passo a passo:**

Corte a cartolina preta fosca em pedaços que possam ser encaixados e cubram o interior da caixa de madeira. Coloque a lâmpada de cerca de 150 W. Coloque um termômetro dentro da caixa e outro do lado de fora da mesma e posicione a lâmpada acesa perto da tampa de vidro de modo que os dois termômetros estejam a mesma distância da fonte luminosa .

✓ **Questões**

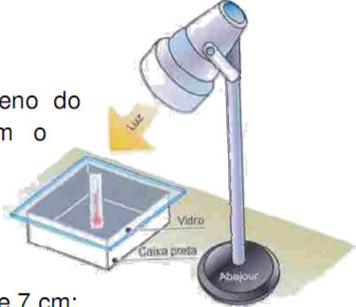
a) Como a temperatura no interior da caixa se comporta no decorrer do tempo que é exposta a luz da lâmpada?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





## Física & Mudanças Climáticas

- b) A tabela a seguir mostra uma série de valores de temperatura, preencha nas colunas TI (que representa o termômetro interno à caixa) e TE (representando o termômetro externo caixa) o instante em que cada um destes atinge a temperatura indicada na primeira coluna:

Temperatura (°C)	TI (s)	TE (s)
<35		
35,0		
35,5		
36,0		
36,5		
37,0		
37,5		
38,0		
38,5		
39,0		
39,5		
40,0		
40,5		
41,0		
41,5		
42,0		

- c) Esboce um gráfico da Temperatura indicada em cada termômetro em função do tempo e dê uma explicação para o fenômeno de acordo com este gráfico.

---

---



## Física & Mudanças Climáticas

---

---

---

---

- d) Correlacione o funcionamento do efeito estufa com o experimento realizado, faça analogias entre o material utilizado e as partes mais relevantes que compõem o Efeito Estufa.

---

---

---

- e) O que aconteceria se invés de cartolina fosca tivéssemos papel alumínio revestindo as paredes internas da caixa?

---

---

---

- f) O que aconteceria se tivéssemos uma camada de vidro mais grossa ou diversas camadas de vidro tampando a caixa?

---

---

---

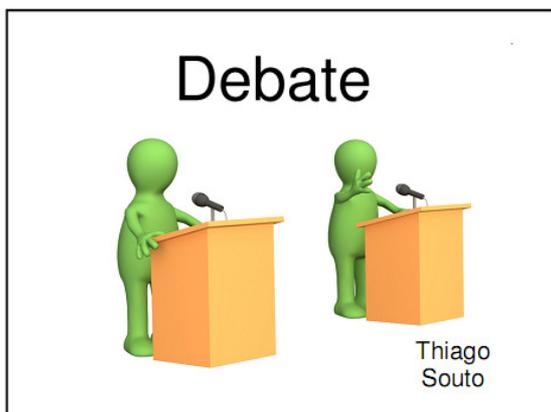
- g) Que outros fatores poderiam influenciar no comportamento da temperatura dentro da caixa?

---

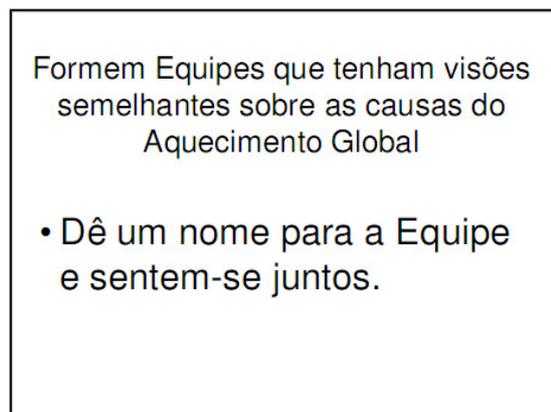
---

---

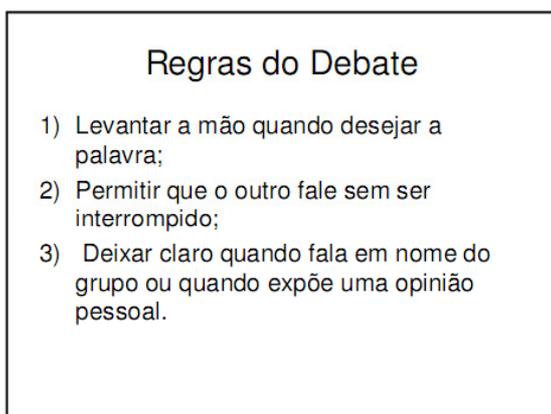
APÊNDICE 3: slides exibidos na intervenção didática por ocasião do debate no encontro de 27/11/2009 (o debate).



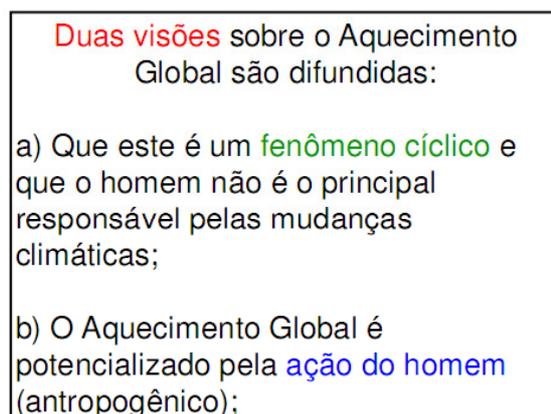
SLIDE 01



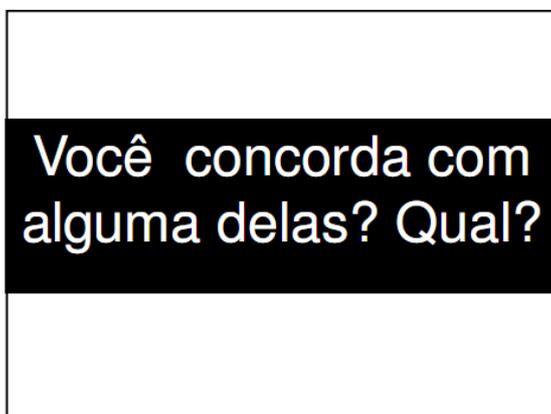
SLIDE 02



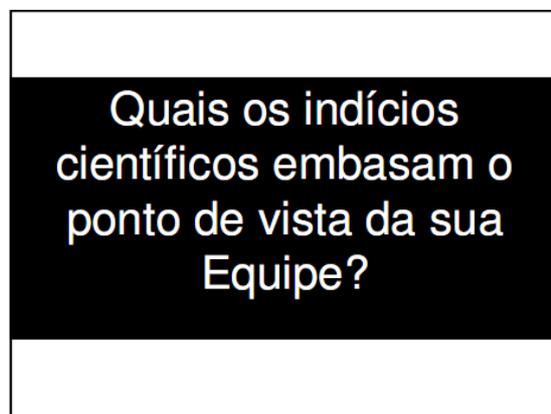
SLIDE 03



SLIDE 04



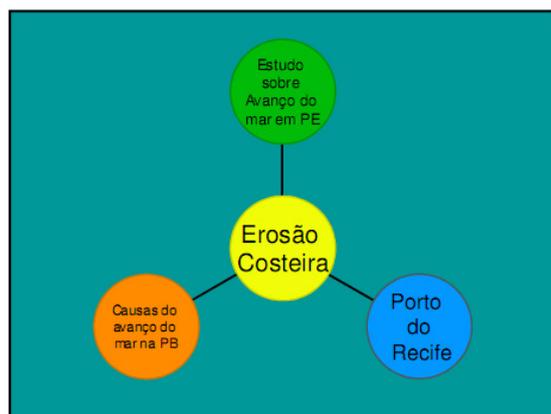
SLIDE 05



SLIDE 06

Que argumentos sua Equipe pode usar para rechaçar os argumentos levantados pela outra ?

SLIDE 07



SLIDE 08

Quais são as causas do avanço do nível do mar em Pernambuco?

SLIDE 09

O que se pode fazer para deter esse avanço do mar?

SLIDE 10

O que **mudou** na forma como você pensa no Aquecimento Global desde que começaram as discussões sobre este?

SLIDE 11

APENDICE 4: material impresso distribuído com os licenciados no encontro de 30/11/2009 (**situação-problema final**).

 Departamento de Educação  
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências  
Orientadores: Helaine Sivini e Romildo Nogueira  
Mestrando: Thiago Vinicius Sousa Souto

**Física & Mudanças Climáticas**



**Avanço do mar destrói bares e muros de casas na orla de Paulista, na Região Metropolitana de Recife**

Publicada em 21/07/2009 às 09h07m

Fonte: [www.pe360graus.com](http://www.pe360graus.com)



RECIFE - Moradores e comerciantes da cidade de Paulista, na Região Metropolitana de Recife, estão preocupados com o avanço do mar. Eles correm o risco de perder casas e bares, enquanto esperam por uma solução para o problema.

A força do mar causou a destruição da cozinha de Cátia Maciel, que agora é a frente do bar. Não sobraram nem as telhas. A dona do estabelecimento viu, aos poucos, um investimento de uma vida virar ruína e nada pode fazer.

- Tinha uma área mais para frente, onde a gente colocava as bandejas dos garçons, e a parte da frente, onde o pessoal tomava sol, curtia o mar - conta.

- Dá uma tristeza, porque era uma praia linda.

Outros treze bares da Praia de Pau Amarelo, entre eles o de Jorge Ferreira dos Passos, estão na mesma situação.

- Começou de dois anos para cá, meu bar era bem mais na frente, mas já troquei de lugar três vezes - diz.

Em Maria Farinha, também em Paulista, os proprietários de casas localizadas na beira da praia estão apreensivos. Eles reforçaram os muros para tentar conter os estragos causados pelo avanço do mar, mas lembram que as medidas estão longe de resolver o problema de modo definitivo.

- A gente tem feito os muros muito altos porque quando o mar bate, ele vem com muita violência - comenta o comerciante Rodrigo Gomes.

A assessoria de comunicação da Prefeitura de Paulista informou que o Ministério da Integração Nacional aprovou uma verba de R\$ 13 milhões para as obras de recuperação da orla da cidade e contenção do avanço do mar.

**Responda as questões...**

a) A física é uma das ciências que se preocupa em dar explicações para os fenômenos da natureza. Como você explicaria a uma dessas pessoas que perdeu casas e restaurantes a beira mar o que causou o avanço do nível do mar. Dê uma explicação detalhada de como acontece o fenômeno e suas causas.

b) Se a pessoa da situação anterior questionasse se o Aquecimento Global tem alguma coisa a ver com esse avanço do nível do mar o que você diria? Justifique sua resposta.

c) Por último, a pessoa lhe pergunta o que fazer para combater o avanço do nível do mar e/ou Aquecimento Global qual seria sua resposta?

APÊNDICE 05: material impresso distribuído com os licenciados no encontro de 16/11/2009 (vídeo A).



**UFRPE**  
Universidade  
Federal Rural  
de Pernambuco

Departamento de Educação  
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências  
Orientadores: Helaine Sivini e Romildo Nogueira  
Mestrando: Thiago Vinicius Sousa Souto



**Física & Mudanças Climáticas**

### Uma Verdade Inconveniente

**Ficha Técnica:**

**Título original:** An Inconvenient Truth  
**Gênero:** Documentário  
**Duração:** 01 hs 40 min  
**Ano de lançamento:** 2006  
**Site oficial:** <http://www.climatecrisis.net/>  
**Direção:** Davis Guggenheim  
**Roteiro:** Lawrence Bender, Scott Burns, Laurie Lennard e Scott Z. Burns  
**Música:** Michael Brook e Melissa Etheridge  
**Edição:** Jay Lash Cassidy e Dan Swietlik

**Sinopse:**

O documentário é essencialmente uma versão em película do *slide-show* que Gore vem exibindo desde 1978 sobre a sistemática destruição do meio ambiente, devido ao dióxido de carbono preso na atmosfera terrestre. Segundo Gore, o debate está terminado. A comunidade científica concorda que o planeta está aquecendo e os responsáveis somos nós. Os efeitos têm sido e serão ainda mais catastróficos. Em sua palestra, Gore apresenta dados factuais que as calotas polares estão derretendo, o nível dos oceanos está subindo e o clima vem apresentando mudanças drásticas de comportamento. Isso tudo resulta numa constância de furacões, enchentes, seca, praga de insetos e epidemias. O efeito no futuro será um caos político, econômico e social.

**Referência:**  
Disponível em: <<http://www.adorocinema.com/filmes/verdade-inconveniente>>  
Acesso em: 15 de novembro de 2009



**uma verdade inconveniente**  
[ALERTS] GLOBAL

"Chocantemente Fascinante. Totalmente. Todos devem ver este filme imediatamente!"  
- Paul White, *EQ*

### De acordo com o filme responda...

1) Quais indícios científicos nos ajudam a entender porque a temperatura do planeta está aumentando?

---

---

---

---

---

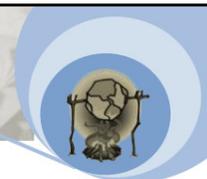
---

---

---

---

---



## Física & Mudanças Climáticas

- 2) Explique: I) o que acontece quando o cubo de gelo derrete dentro do copo com água de acordo com as figuras “A” e “B”, e II) como esse sistema “Gelo, água e copo” pode ser usado para explicar as conseqüências do derretimento das camadas de gelo da Terra.



Figura A



Figura B

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3) Há algo que possa ser feito com relação ao avanço do nível do mar na costa de nosso estado?

---

---

---

---

---

- 4) Você concorda com a visão passada pelo filme “Uma Verdade Inconveniente” sobre como acontece o aquecimento global? Por quê?

---

---

---

- 5) O que você fará para melhorar a situação do clima depois de assistir esse filme?

---

---

---

---

---

Estudante: \_\_\_\_\_



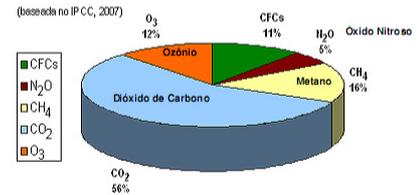


## Física & Mudanças Climáticas

- 3) Na tabela abaixo temos a constituição da atmosfera e no gráfico a concentração dos gases de efeito estufa (GEE), note que a concentração de CO<sub>2</sub> é muito pequena comparada a de outros gases. Diante disso haveria motivo que justificasse o combate tão grande a esse composto químico? Ele, de fato, é a causa do aquecimento do planeta?

Gás	Concentração (%)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	78,08
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	20,94
Argônio	0,93
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0,035
Hélio (He)	0,0018
Ozônio (O <sub>3</sub> )	0,00006
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0,00005
Outros	Índícios

Contribuição proporcional dos principais gases do efeito estufa estimada desde a era pré-industrial até o presente (baseada no IPCC, 2007)




---



---



---



---

- 4) Há algo que possa ser feito com relação ao avanço do nível do mar na costa de nosso estado?

---



---



---



---

- 5) Você concorda com a visão passada pelo filme "A Grande Farsa do Aquecimento Global" sobre como acontece o aquecimento global? Por quê?

---



---

- 6) Se o homem não é o responsável pelo aquecimento global o que deve ser feito para melhorar a situação da elevação da temperatura?

---



---



---



---

Estudante: \_\_\_\_\_