UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA - INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Análise da Apropriação de Ideias
Freireanas de Educação por Professores em
uma Proposta de Aulas sobre o
Aquecimento Global

Leandro dos Reis Oliveira

São Paulo

2016

LEANDRO DOS REIS OLIVEIRA

Análise da Apropriação de Ideias Freireanas de Educação por Professores em uma Proposta de Aulas sobre o Aquecimento Global

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação Interunidades
em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Versão corrigida.
A versão original encontra-se disponível
na Biblioteca do Instituto de Física e na
Biblioteca Digital de Teses e dissertações
da USP (BDTD).

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total e parcial deste trabalho por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Oliveira, Leandro dos Reis

Análise da apropriação de ideias Freireanas de educação para professores em uma proposta de aulas sobre o aquecimento global. São Paulo, 2016.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Aquecimento global; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Abordagem temática; 5. Formação de professores.

USP/IF/SBI-058/2016

Agradecimentos

Agradeço a minha família pela compreensão e paciência que possibilitou a conclusão desta dissertação, principalmente, a minha querida e companheira Erica Costa e o nosso filho Davi.

Ao meu amigo e orientador Ivã Gurgel que tenho profunda admiração por acreditar e lutar por uma educação melhor.

Aos companheiros do GreCC, em especial à Profa. Giselle, que me proporcionou diversos momentos de reflexões, a Fabiana, Luis, Fernanda, Charles e Shinno pelos longos momentos de debates e descontração.

Aos professores da Escola Vicente Leporace e principalmente a minha amiga e diretora Lilian Siqueira pelo apoio para a efetivação deste trabalho.

Lista de Figuras:

Figura 01: Algumas imagens que compõem a primeira atividade.....	91
Figura 02: Imagens do caderno do professor e aluno.....	101
Figura 03: Exemplo de uma situação de aprendizagem a ser desenvolvia pelo professor.....	101
Figura 04: Algumas imagens que compõem o material do professor do último momento pedagógico.....	141

Lista de Gráficos

Grafico 01: Distribuição dos artigos por ano	74
Gráfico 02: Medidas do CO ₂ no período de 1955 a 2005	110
Gráfico 03: Comparação entre a variação do CO ₂ com a oscilação da temperatura no período de 1978 a 2000.....	110
Gráfico 04: Comparação entre as concentrações de CO ₂ e do CH ₄ com a variação de temperatura.....	112

Lista de Quadros:

Quadro 01: Participantes do projeto	56
Quadro 02: Etapas do projeto.....	57
Quadro 03: Revistas consultadas.....	57
Quadro 04: Estrutura geral das aulas..	63
Quadro 05: Estrutura da proposta de aulas.	67
Quadro 06: Turmas do ano de 2015.....	68
Quadro 07: Turma no ano de 2016.....	70
Quadro 08: Frequência dos temas na primeira coluna.....	75
Quadro 09: Artigos da revisão bibliográfica	79
Quadro 10: Anos dos artigos pesquisados	79
Quadro 11: Organização das respostas dos professores.....	87
Quadro 12: Conteúdos do primeiro bimestre do segundo ano do ensino médio.....	103
Quadro 13: Emissão dos principais gases pelo homem e pela natureza.....	111
Quadro 14: Concentração e valores estimados para o tempo médio de residência para os principais gases do efeito estufa.....	112
Quadro 15: Contribuição relativa para o efeito estufa global (sem levar em conta o vapor d'água).....	112
Quadro 16: Organização conceitual do tema.....	117
Quadro 17: Estrutura conceitual elaborado pelos professores.....	122
Quadro 18: Organização das atividades vinculada aos três momentos pedagógicos..	136
Quadro 19: Algumas possibilidades de organização das falas dos alunos em sala de aula.....	138

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
2. A Perspectiva Freireana no ensino e no ensino de Ciências	25
2.1 Papel do Professor, do aluno e o ensino aprendizagem na Educação Bancária	25
2.2 Estrutura social que envolve a educação bancária:	29
2.3 Concepções de Educação Humanista, Libertadora e Problematicizadora:	31
2.4 Perspectiva Freireana no Ensino de Ciências	41
3. Caracterização do grupo de pesquisa	49
3.1 Proposta de aulas sobre o aquecimento global como complemento da tese de doutorado.	49
3.2 Grupo de Ensino de Ciências e suas Complexidades (GrECC).	54
3.3. Primeira etapa do projeto: Pesquisa sobre a questão socioambiental.....	57
3.4. Segunda etapa do projeto: Construção das aulas	58
3.5 Terceira etapa do projeto: Aplicação da proposta na escola	67
4. Revisão Bibliográfica	72
4.1 Comentários gerais sobre os artigos	79
5. Análise dos dados	84
5.1 Bloco I: Estruturando a problematização Inicial.....	86
5.2 Bloco II: Organização do Conhecimento.....	98
5.2.1 Proposta Curricular do Ensino Público do Estado de São Paulo.....	99
5.2.2 Análise das Reuniões.....	104
5.3 Bloco III: Aplicação do Conhecimento:	136
6. Conclusão e considerações finais.....	142
7. Bibliografia	145
Anexo: Proposta de aula sobre o Aquecimento Global	150

Resumo

OLIVEIRA, L. **Análise da apropriação de idéias Freireanas de Educação por professores em uma Proposta de aulas sobre o Aquecimento Global**. 2016. 228 f. dissertação (mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016

Este trabalho analisa algumas apropriações das ideias freireanas por professores durante a construção de uma proposta de aulas sobre o Aquecimento Global que contou como uma de suas referências teóricas de base a dinâmica dos três momentos pedagógicos. Para a coleta de dados, as reuniões de preparação das aulas, realizadas periodicamente, foram gravadas em áudio e vídeo para posterior análise. Dos resultados, verificamos que os professores puderam, no processo de construção, discutir ideias baseadas em diferentes visões educacionais. Embora algumas delas não façam referência a visão educacional humanista, foi possível verificar que os professores convergiram em propostas que incorporaram elementos freireanos nas aulas sobre o Aquecimento Global. É necessário deixar claro que não estamos afirmando que esta dissertação apresentará um trabalho estritamente baseado na filosofia de Paulo Freire, pois as condições objetivas de trabalho nas escolas exigem que reconstruções sejam feitas. Por fim, não temos a pretensão de dizer se a estrutura das aulas ou se os elementos freireanos identificados durante as reuniões são melhores ou piores, até porque, cada professor tem experiências e formações diferentes, além disso temos a convicção que este trabalho apresentou um caminho possível, mas sabemos que existem infinitas possibilidades e todas elas dependem de diversos fatores, tais como, infraestrutura da escola, conteúdo abordado, público alvo dentre outros.

Palavras chaves: Proposta de Aulas, Abordagem Temática, Ensino de Ciências, Aquecimento Global.

Abstract

OLIVEIRA, L. **Appropriation of the analysis of Paulo Freire Education ideas for teachers on a proposal for classes on Global Warming.** 2016. 228 f. dissertação (mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016

This work analyzes some of the appropriations of Freire's ideas by teachers during the construction of a proposal for classes on Global Warming. It is noted that the process of building and collective organization of the proposed classes contemplated the dynamics of the three pedagogical moments. For data collection, the meeting preparation classes, held periodically, were recorded on audio and video for later analysis. From the results, we found that teachers could, in the construction process, discuss various ideas. Although many of them are not part of the educational vision championed in this work, we found that teachers converged on a proposal which incorporated some elements from Freire's classes on Global Warming. It is clear that it is necessary that we are not saying that this thesis will present a genuinely Freirean work because the lessons about global warming were not structured from thematic research required for this perspective. Finally, we do not intend to say that the structure of the classes or the Freirean elements identified during the meetings are better or worse, because each teacher has different experiences and backgrounds. We also have the conviction that this work presents a possible path, but we know that there are endless possibilities and they all depend on several factors such as school infrastructure, content addressed, target, among others.

Keywords: Lecture Proposal, Thematic Approach, Science Education, Global Warming

1. INTRODUÇÃO

Muitas propostas de reformulação curricular vêm ocorrendo no mundo desde os anos 90 do século passado, atingindo não apenas o Brasil, mas países como os Estados Unidos, o Canadá, a Nova Zelândia e muitos outros (Yore, 2003). Há uma clara demanda por uma nova educação, que contemple um ensino voltado à cidadania e às necessidades da vida em sociedade. Assim, o lema “Ciência para Todos” passou a ser um slogan que caracteriza os novos desafios educacionais e os conceitos de Alfabetização e Letramento Científicos, que buscam se opor aos perfis educacionais mais enciclopédicos, passaram a ser frequentes nos estudos sobre educação científica (Aikenhead, 2006).

Contudo, embora estas demandas sejam apontadas em documentos oficiais e pesquisas educacionais, uma educação propedêutica e elitista continua sendo fortemente praticada nas escolas. Cada vez mais as escolas brasileiras têm adotado sistemas apostilados de perfil tecnicista, que se voltam quase que exclusivamente para a preparação ao vestibular. Práticas diferenciadas aparecem apenas como “enxertos” em currículos que mantêm a mesma estrutura histórica desenvolvida desde a institucionalização da educação científica no que hoje chamamos de ensino médio.

Esta constatação se torna ainda mais relevante quando verificamos que um novo “discurso educacional” já é fortemente presente nos meios escolares há no mínimo duas décadas. No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação estabelece em seu artigo 35 que:

“O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996, p. s/n).

Assim, embora o Ensino Médio deva possibilitar o avanço para etapas posteriores de formação, a educação básica deve se comprometer com uma formação que privilegie a cidadania. Isso é reforçado nos Parâmetros Curriculares Nacionais, elaborados em 1998, e mais atualmente nas Diretrizes Curriculares Nacionais, de 2014. Contudo, pouco das indicações presentes nestes documentos são realidades nas salas de aula, onde permanece, como apontado anteriormente, um ensino descontextualizado e sem referência à vida em sociedade.

Desta forma, refletir sobre questões relacionadas às possibilidades e dificuldades em praticarmos novas visões de educação se torna um problema relevante aos que se preocupam com os dilemas da educação científica. Podemos afirmar que processos de inovação curricular encontram resistências à sua implementação (Pietrocola, 2010), em especial de elementos da cultura escolar vigente nas escolas. Muitas das novas práticas educacionais que se busca desenvolver envolvem novas compreensões sobre o que sejam os próprios atos de ensinar e aprender, algo que exige de professores, alunos e gestores escolares novas posturas em relação às atividades que desenvolvem.

Dentre as diferentes perspectivas educacionais atualmente valorizadas, encontramos a visão humanista de currículo defendida por Paulo Freire (Silva, 2002). Nela, a organização e estruturação dos conhecimentos escolares têm como base temas geradores, isto é, assuntos relacionados a problemáticas e contradições sociais vividas pelos educandos (Freire, 2010). Nesta visão educacional, a lógica interna dos conteúdos não deve ser o eixo norteador dos currículos escolares, mas sim as temáticas criadas por agentes escolares e comunidade local. A aprendizagem de assuntos específicos deve ser conduzida levando-se em consideração aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais que têm significado aos estudantes¹.

Podemos considerar que os fundamentos de uma educação freireana já estão bem estabelecidos tanto nas obras do autor quanto em trabalhos que buscaram se apropriar de suas ideias, como os de Delizoicov e colaboradores (2002). Contudo,

¹ As ideias de Paulo Freire serão abordadas em maior detalhe no próximo capítulo.

ainda é desafio à maior parte de educadores conseguirem elaborar propostas didáticas baseadas nessa visão de educação, mesmo que a articulação entre os pressupostos freireanos e o Ensino de Ciências tenham começado na década de 70.

A aproximação entre as ideias de Paulo Freire e a Educação Científica se iniciou, no contexto brasileiro, no Instituto de Física da USP, em especial com trabalhos realizados e orientados por Luiz Carlos de Menezes e colaboradores. A partir disso, outros grupos de pesquisa com tradição freireana se formaram, por exemplo, na Universidade Federal de Santa Catarina, com Demétrio Delizoicov e José André Pires Angotti, e na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com Marta Maria Pernambuco. Esses centros de pesquisa contribuíram para formar diversos pesquisadores que defendem e disseminam as ideias de Freire como uma possibilidade de se reestruturar o ensino de ciências, tanto em termos curriculares – através de novas formas de organização do conhecimento escolar – como por meio de novas estratégias educacionais, que valorizam o diálogo com estudantes, a problematização dos conhecimentos e sua contextualização em situações relevantes.

Dentre os diversos pesquisadores que defendem a perspectiva freireana, podemos citar Cristiane Muenchen (2010). Seus trabalhos trazem elementos importantes para a compreensão da abordagem temática nesta perspectiva, vinculada às ideias de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, ao discutir os projetos que esses pesquisadores realizaram na década de 70 e 80. Estes trabalhos tinham como meta a reformulação curricular do ensino de ciências, bem como buscavam modificar a lógica de organização dos conteúdos escolares em salas de aulas, que deveriam ser tratados no contexto dos temas geradores. Esses projetos foram desenvolvidos na Guiné-Bissau, na prefeitura da cidade de São Paulo (durante a gestão de Paulo Freire) e no currículo de ciências do Rio Grande do Norte.

Uma das principais contribuições dos autores supracitados foi a elaboração de uma prática educativa denominada *três momentos pedagógicos* (3MP). Resumidamente, ela consiste na divisão do trabalho didático em *problematização*, *organização do conhecimento* e *aplicação do conhecimento*². Muenchen (2010) buscou compreender como se deu os processos de produção dos 3MP propostos por

² Os 3MP serão abordados em maior detalhe no próximo capítulo.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) e como se realizou a disseminação e o entendimento dos 3MP pelos docentes que trabalham nas escolas básicas e nas Universidades.

A estratégia investigativa para essa compreensão foi a caracterização dos conhecimentos e práticas pedagógicas dos docentes das universidades que trabalham na formação de professores. A partir destes, buscou-se compreender como professores da escola básica que obtiveram formação com estes docentes de ensino superior incorporaram os 3MP em suas aulas. Verificou-se, também, se as propostas baseadas nos pressupostos freireanos continuaram sendo empregadas na educação básica.

Com relação aos resultados, uma das dificuldades enfrentadas pelos professores se refere à elaboração de problematizações. Na perspectiva freireana, o ato de problematizar tem como base, dentre outros princípios, o vínculo com uma contradição social. Além disso, a problematização deve fazer com que o aluno perceba que seus conhecimentos não são suficientes para lidar com a situação enfrentada, tornando necessário um corpo de saberes sistematizados que possibilitem uma reinterpretação da realidade social vivida pelos sujeitos partícipes do processo educativo. Esta compreensão pode ser sintetizada da seguinte forma:

“Para Freire, as contradições sociais que envolvem os alunos precisam ser problematizadas para que esses sintam a necessidade de novos conhecimentos, conforme argumenta Delizoicov (2001), não somente para entendê-las, mas também para que atuem criticamente sobre elas”. (GEHLEN, 2009, pág. 101).

É importante destacar que problematizar não é simplesmente fazer perguntas motivacionais, isto é, não se limita a elaborar questões que promovam uma maior participação dos alunos. Como apontado anteriormente, as problematizações tem papel epistemológico na busca de se compreender as contradições sociais que estamos imersos.

Ademais, as perguntas, pensando-as no seu uso tradicional, têm como objetivo averiguar se o aluno sabe um determinado conteúdo conceitual, em geral obtido por memorização. Nas abordagens freireanas de educação os questionamentos têm um significado bastante diferenciado. Na perspectiva temática as respostas dos alunos

não devem ser avaliadas na tentativa de se classificar o certo e o errado. Cada manifestação do aluno é um elemento para que se possa resignificar a realidade por ele vivida. Como aponta Muenchen (2010):

“Assim, torna-se necessário estabelecer a distinção entre perguntar e problematizar, pois “toda a problematização é uma pergunta, no entanto, nem toda pergunta é uma problematização” (p.157).

Assim, verificamos que o sentido de problematização na educação freireana pode ser considerado uma ruptura em relação à maneira como normalmente os questionamentos são realizados em sala de aula. Contudo, nem sempre é fácil distinguir estas duas práticas, o que faz com que muitas vezes, embora se tenha a intenção de se realizar problematizações, questionamentos “tradicionais” sejam realizados.

A pesquisa de Muenchen (2010) mostra que os docentes universitários entrevistados tinham conhecimento e consciência prática do significado da problematização. No entanto, para muitos professores da escola básica a problematização relaciona-se com o interesse do aluno e não com sua realidade concreta ou com uma situação limite. Assim, alguns professores trabalhavam com os 3MP a partir da abordagem conceitual, não vinculada à perspectiva temática.

Como síntese de suas análises, Muenchen (2010) classificou em duas categorias os perfis de professores quanto ao modo como se desenvolvem as problematizações:

- 1) Associado ao movimento da problematização, mais próximo da abordagem temática;
- 2) Associado às perguntas, focado na abordagem conceitual.

Os dois perfis encontrados pela pesquisadora evidenciam que há relativa dificuldade em se realizar práticas que sejam coerentes com a abordagem freireana. Os modos tradicionais de se propor questões, em alguma medida, acabam se sobrepondo às tentativas de se promover uma educação com outros pressupostos.

Contudo, não é somente quanto às problematizações que se verifica dificuldades em relação aos 3MP. Os docentes de uma universidade federal entrevistados têm algumas concepções diferentes sobre o significado dos 3MP,

divergindo sobre se eles são uma dinâmica de sala de aula, se definem uma estrutura curricular, se é possível utilizá-los em abordagens conceituais ou são somente empregados em abordagens temáticas.

As diferentes posições em relação a estes pontos levam a práticas educacionais muito diferentes, mesmo que todas estejam baseadas, ou tenham origem, em uma mesma perspectiva teórica.

Observou-se também as dificuldades enfrentadas pelos professores da Região de Santa Maria ao implementar a abordagem temática nas aulas, principalmente em razão de existirem estruturas curriculares cristalizadas. Alguns professores disseram que o currículo precisava ser seguido por pressões de vestibulares, pais de alunos, tradições das escolas, dentre outros, mostrando que nem sempre é fácil implementar uma nova prática em um sistema escolar com valores contraditórios à mesma.

Sintetizando este conjunto de elementos apontados, que demonstram dificuldades diversas em relação à realização de práticas pedagógicas baseadas na filosofia de Paulo Freire, a autora conclui que:

“Apesar de alguns professores estarem realizando perguntas ao invés de problematizações, considera-se positiva a atitude dos mesmos, pois, ainda que a simples realização de perguntas no processo educacional não propicie mudanças, ela abre espaço para a voz do aluno, aspecto essencial na perspectiva problematizadora freiriana e que, na maioria das vezes, não é respeitado” (Muenchen, 2010, p.244).

A pesquisa de Karine Halmenschlager (2014) também se volta à análise da relação entre perspectivas freireanas de educação e ensino de ciências. Seu trabalho discute como é tratada a perspectiva temática em documentos oficiais do ensino médio. Buscou-se verificar, em um primeiro momento, se é possível estruturar ações didáticas com base em temas que levem em conta a realidade social, a contextualização e os saberes dos alunos. Constatou-se que os documentos oficiais abrem espaços para isso, entretanto, observou-se que a estrutura temática apresentada tem forte relação com a dimensão conceitual do conhecimento.

Um desafio sobre currículos temáticos envolve a questão sobre quais conteúdos a ensinar devem ser selecionados para cumprir as exigências educacionais do mundo contemporâneo. Se estamos preocupados com uma formação crítica,

voltada a cidadãos atuantes, que tenham responsabilidades e busquem a transformação social, essa pergunta permeia toda a atuação docente. Halmenschlager complementa que:

“Critérios de seleção deverão ser estabelecidos pelo professor para essa escolha. Quanto mais próximo da realidade concreta o tema estiver — e, por isso, envolvido pelas relações homem- mundo estabelecidas pelo aluno —, maior será seu potencial pedagógico”. (Halmenschlager, 2014, p.114)

Além disso, a autora identificou algumas perspectivas de abordagens temáticas desenvolvidas no contexto da educação básica. Uma delas é a metodológica, na qual se realiza algumas inserções pontuais no contexto do currículo, tais como, unidades didáticas, projetos temáticos, temas socioambientais, unidades de aprendizagem, a interdisciplinaridade e o ensino de ciências como investigação.

Outro ponto levantado é a reconstrução do currículo em que puderam ser identificados em algumas propostas CTS e algumas perspectivas temáticas freireanas baseada em temas geradores e situações de estudo.

Uma questão fundamental que a autora coloca baseada na tese de doutorado de Simoni Gehlen (2009) é se todo e qualquer tema pode ser considerado um tema gerador. A resposta é negativa, pois na perspectiva freireana o tema gerador apresenta algumas características bem definidas por estar associado aos problemas da comunidade que nem sempre são percebidos pelos sujeitos ou são tratados com indiferença, algo que nos pressupostos freireanos é chamado de situações limites.

Situações limites são situações nas quais os sujeitos encontram-se imersos e por vezes não possuem consciência crítica daquela realidade, tão pouco as compreendem como problemas passíveis de serem resolvidos. Portanto, não é qualquer tema que pode ser considerado gerador. No entanto, segundo a autora:

"(...) essa problematização não se limita, portanto, ao ato de questionar os alunos acerca de conceitos relacionados ao tema em estudo. A problematização proposta pelo educador tem a finalidade de discutir as contradições envolvidas no tema e de apreender as relações que podem ser estabelecidas sobre a temática enfocada". (Halmenschlager, 2014, p.124).

Giselle Watanabe (2008) lida com as questões ambientais e utiliza como um dos seus referenciais ideias de Freire. A autora defende uma articulação entre o ensino de ciências e a vida do aluno pois, atualmente, há escolas que são incapazes de formar cidadãos críticos que saibam lidar com os problemas e o mais importante resolvê-los.

Cabe ressaltar que para Watanabe (2008) é necessário trabalhar com temas, mas a estrutura curricular vigente deve ser considerada para que o professor, a partir dela, encontre meios de inserir sua proposta temática. Desta maneira, não haveria necessidade de reformulação curricular/escolar radical a priori, porque é possível articular um ensino baseado em temas com o atual contexto escolar. A autora elenca algumas vantagens:

- "A possibilidade de manter parte do currículo de Física estabelecido na escola, dando maior segurança ao professor e garantindo a adesão de grande parte da equipe pedagógica;
- Os momentos didáticos são opções do professor, ou seja, é ele quem define o momento adequado para inserir temas em sua aula;
- As esferas que interferem no âmbito escolar (pais, diretores, comunidade, entre outros) têm mais tempo para associar, entender e aceitar um currículo baseado em propostas temáticas. Como dito, acreditamos que a mudança no currículo deve ser gradual e garantir parte dos conteúdos tratados na escola atual". (WATANABE, 2008, p.50).

Para ajudar o professor a articular as abordagens temáticas e conceituais nas aulas, Watanabe (2008) propôs uma estrutura ou um esquema simplificado denominado de percurso temático, demonstrando o quanto inserir temas no currículo é uma questão delicada, que envolve um conjunto grande de decisões que tem como base uma negociação com o currículo vigente.

"Os percursos temáticos são as articulações entre as abordagens temática e conceitual que determinam as sequências didáticas".(WATANABE, 2008, p.113).

Seguindo a mesma linha de preocupações, encontramos o trabalho de Roseline Strieder (2008), que discute a articulação entre abordagem temática

freireana e CTS. São encontrados pontos de convergências e divergências, sendo que um ponto comum, por exemplo, está no fato de que o enfoque CTS pode oferecer justamente temas que apresentam relevância social a serem trabalhados, além de incorporar ao currículo discussões de valores e reflexões que proporcionem a análise crítica.

Alguns pontos divergentes referem-se ao fato de a proposta freireana abordar temas que partem da própria comunidade para, a partir daí, agregar conhecimento científico. Em muitas propostas baseadas no movimento CTS o tema já parte do próprio professor, que toma como referência situações controversas já reconhecidas por diferentes agentes sociais.

Outro ponto a ser destacado a partir do trabalho de Strieder (2008) indica que apesar das perspectivas CTS buscarem promover a interdisciplinaridade, esta última geralmente não ocorre, sendo somente comum nas disciplinas de exatas. Diferentemente, a interdisciplinaridade de Freire é mais abrangente e está relacionada aos diversos campos do conhecimento.

Muitos pesquisadores defendem que o enfoque CTS, cujo objetivo é estudar as desigualdades sociais e injustiças que os avanços tecnológicos trazem, mesmo tendo origem diferente da filosofia freireana, é um dos mais fecundos caminhos para se desenvolver trabalhos temáticos em salas de aula (Santos, 2007). A proposta freireana tem origem epistemológica, no sentido de como as pessoas adquirem o conhecimento para a transformação da sua realidade, enquanto o movimento CTS tem origens em movimento sociais que questionam os usos da ciência. No entanto ambos, isto é, a educação por temas e CTS buscam contextualizar o ensino promovendo uma participação ativa do aluno nas tomadas de decisões na sociedade.

Mesmo admitindo convergências e divergências entre as abordagens CTS e temática, Strider (2008) propõe uma possibilidade de levá-los ao contexto escolar atual, mais especificamente, em uma escola no Rio Grande do Sul.

Foi realizada uma pesquisa com alunos e professores por meio de questionários para saber seus conhecimentos sobre uma usina em construção. As respostas foram diversificadas e ambas as partes conseguiram argumentar sobre aspectos positivos e negativos que a usina causaria ao município.

A escolha em discutir a temática “Usina de São José” foi pré-definida, portanto, a investigação realizada teve por objetivo apontar a melhor forma de inserir o tema em sala de aula de forma significativa e que houvesse maior participação e engajamento dos alunos.

"Apesar de já termos definido o tema que pretendemos discutir com os alunos, entendemos ser indispensável escolher qual a situação, relacionada a esse tema, que é mais significativa aos alunos. Com esse propósito, após analisarmos os dados apreendidos na etapa anterior, durante os contatos iniciais, constatamos que o que mais preocupava os alunos, professores e a comunidade em geral, era o fato de não saberem o que realmente iria ou poderia acontecer, como consequência da construção da usina". (STRIEDER, 2008, p.90).

Mesmo com o tema definido, ao apresentar o projeto de intervenção elaborado pelas pesquisadoras aos professores e alunos daquele município, confirmou-se que o tema, de fato, era significativo e motivou o interesse e a curiosidade dos participantes em desenvolver o projeto.

Como resultado, constatou-se que os alunos ampliaram seus conhecimentos técnicos, sociais e econômicos sobre a usina, mas não foi possível afirmar que houve uma compreensão aprofundada da temática trabalhada, pois ao analisar os materiais construídos pelos alunos não se observou *uma elaboração estruturada, com a articulação clara e discussão das idéias apresentadas, como se espera quando há uma efetiva compreensão sobre o assunto*. (STRIEDER, 2008, p.148)

Contudo, os alunos conseguiram se apropriar das informações discutidas no projeto e se posicionaram a respeito da construção da usina. É importante ressaltar que antes do projeto existiam alunos que eram a favor ou contra a essa construção, após o projeto, todos os alunos passaram a ser favorável mesmo sabendo das questões negativas do empreendimento.

No quesito responsabilidade social, os alunos confeccionaram panfletos informativos sobre a usina, que foram distribuídos à comunidade. Além disso, a pesquisadora observou uma preocupação por parte dos alunos com relação às promessas do governo para minimizar os impactos ambientais causados, de outra

forma, eles acreditaram ser necessário acompanhar de perto as ações governamentais no intuito de serem contemplados com as promessas feitas.

Em suma, a articulação entre a abordagem temática Freireana e CTS pode ser considerada possível por haver elementos em comum entre si, como já discutido anteriormente. Além disso, ambas propostas têm como princípio a participação ativa dos alunos na sociedade, nesse sentido, a participação dos alunos nas aulas, seus questionamentos e reflexões nas discussões são fundamentais.

Outros aspectos percebidos nessa pesquisa é que existem professores com dificuldades de promover ambientes propícios aos debates e discussões pela falta de segurança, vinculada à formação inicial e/ou continuada, ou por achar que só ele (professor) tem o dever de transmitir o conhecimento.

Apesar de esta dissertação focar com mais intensidade a perspectiva freireana de educação, as teses ou dissertações expostas ao longo desta introdução nos permitem indicar que as abordagens temáticas no ensino de ciências adquirem diversas configurações provenientes de natureza conceitual, temas controversos, temas CTS, tópicos de ciência ou Física, socioambiental, dentre outros.

Ainda assim, pode-se dizer que mesmo tendo diversos modelos temáticos, suas aplicações no contexto escolar ainda são incipientes Halmenschlager (2014). Ou seja, apesar dessas iniciativas estarem em sintonia com as demandas atuais do ensino médio, suas realizações parecem configurar um grande desafio para as escolas e professores.

A dificuldade de elaborar propostas temáticas nas escolas se torna compreensível quando verificamos que a construção de situações de aprendizagem envolve um entendimento claro de qual modelo temático se quer adequar ao contexto escolar.

Observa-se que existem diversas formas de compreender a abordagem temática sendo ela freireana ou articuladas com o enfoque CTS, Situações de Estudo, temas Conceituais, dentre outros, que pode ajudar o professor a escolher o melhor caminho de inserir nas suas aulas os temas.

Entretanto, ainda que existam diversos tipos de abordagens temáticas é possível encontrar trabalhos que se dizem vinculados à perspectiva freireana, mas que não o são, por exemplo, se limitando a contextualizar conceitos físicos em situações

mais próximas do cotidiano dos estudantes. Nesse sentido por mais que se estruturarem projetos que se intitulam temáticos, é possível achar práticas educacionais de outra natureza em sala de aula.

Assim, consideramos importante estudos que busquem compreender como práticas educacionais baseadas em alguns pressupostos freireanos são elaboradas e quais ações os professores promovem para que esta perspectiva educacional se realize em sala de aula.

Como apontado por Watanabe (2008), quando um professor busca elaborar uma nova prática educacional ele o faz em um contexto de negociação com os currículos tradicionais. Desta forma, uma prática de ensino é sempre uma reinvenção e o trabalho de um professor nunca se resume à aplicação de um modelo pronto de educação.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é compreender como ocorreu o processo de apropriação das ideias freireanas por um grupo de professores durante a elaboração de uma proposta de aulas sobre o aquecimento global.

Em especial evidenciaremos como algumas ideias Freireanas são inseridas na construção de atividades cuja organização segue a dinâmica dos três momentos pedagógicos.

Para responder a esse objetivo, analisaremos o desenvolvimento dessa proposta criada por um grupo de pesquisa que tem como um de seus referenciais a perspectiva freireana articulada com a formulação elaborada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

As aulas sobre o aquecimento global foram estruturadas para o ensino básico com a colaboração de professores com diferentes formações e experiências e que atuam em diversas realidades escolares. Assim, a proposta construída é um resultado híbrido de visões e não a aplicação metódica das ideias de um autor. Assim, não se pode considerar o trabalho realizado como estritamente freireano.

Contudo, mesmo com diferentes limitações³, ainda assim foi possível encontrar e incorporar elementos da proposta de Freire no desenvolvimento de aulas

³ Será apresentado no capítulo 5

sobre o aquecimento global. Verificaremos também algumas mudanças de perspectivas educacionais dos professores ligadas principalmente a transmissão do conhecimento físico a um ensino que leva em consideração diferentes dimensões do conhecimento como a política, a social, a econômica etc. Acreditamos que esse debate seja fundamental para que apareçam novas propostas de aulas com atributos da perspectiva freireana.

Como forma de organização, no segundo capítulo aprofundaremos alguns elementos da obra de Paulo Freire, principalmente aqueles descritos no livro “A Pedagogia do Oprimido” e sua aproximação com o Ensino de Ciências através das ideias de Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2002).

No terceiro capítulo, apresentaremos o grupo de pesquisa e como foi a escolha do tema. Discutiremos também que a preocupação com as questões ambientais, no caso desta dissertação - o aquecimento global - teve origem na tese de doutorado da coordenadora do grupo, Profa. Giselle Watanabe (2012).

No quarto capítulo serão analisados os trabalhos que discutem a Educação Ambiental crítica a partir da revisão feita na Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental (REMEA), buscando compreender de que forma essa discussão é tratada em sala de aula, na formação inicial e continuada dos professores e que estejam atrelados as transformações sociais, de pensamentos ou de atitudes sobre o meio ambiente.

No quinto capítulo, serão analisados os dados das reuniões, obtidos por gravações em vídeo, em áudio ou por anotações pessoais coletadas ao longo das reuniões.

Por fim, no último capítulo, trataremos de algumas conclusões, considerações e reflexões debatidas ao longo desta dissertação.

2. A PERSPECTIVA FREIREANA E O ENSINO DE CIÊNCIAS.

Paulo Freire foi um pensador, educador e político no sentido mais profundo dos termos. Buscava o diálogo e trabalhava para construir e encontrar soluções para os desafios de seu tempo. Freire defendia que a qualidade escolar deveria estar associada à quantidade, isto é, só é possível falar em qualidade de ensino quando a maioria da população estiver nas escolas. A partir dessa premissa deve-se discutir qual tipo de escola interessa para a maioria. Enquanto estivermos discutindo uma escola para poucos e privilegiados, não estamos discutindo políticas públicas, estamos discutindo favorecimento de alguns.

Suas obras não estão restritas ao século XX, elas estão vivas também no século XXI, pois se analisarmos a sociedade vigente da época e a contemporânea, encontraremos similaridades em vários aspectos no que tange, por exemplo, a estrutura social dividida e a concepção bancária de educação.

A dimensão educacional defendida por Freire será apresentada quando tratarmos das concepções de educação, mas é possível dizer preliminarmente que ela colide com a concepção bancária que tem características bem específicas as quais serão analisadas e definidas sob a ótica do Professor, do Aluno e do ensino-aprendizagem.

2.1. PAPEL DO PROFESSOR, DO ALUNO E O ENSINO-APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO BANCÁRIA.

Ainda que bem estabelecido na literatura, os objetivos, a postura e a compreensão de ensino-aprendizagem do professor bancário, faz-se necessário um breve resumo desses pressupostos porque quando discutirmos a educação humanista e as análises das reuniões do projeto espera-se que as definições discutidas aqui ajudem a compreender as análises dos resultados.

2.1.1. Professor:

O professor bancário apresenta uma postura autoritária no sentido de não dialogar com o aluno ou de reconhecer a relação professor-aluno como uma relação entre iguais.

Nos trabalhos de Teixeira e Reis (2012) é possível analisar como eram as disposições das mesas da escola. As mesas eram presas ao chão enfileiradas na forma de colunas de frente para lousa e impediam a espontaneidade e interação entre professor e aluno. Sabemos que na escola contemporânea não é mais comum encontrar mesas presas ao chão, entretanto, as outras características permanecem favorecendo ainda mais o distanciamento entre professor e aluno.

A seleção do conteúdo curricular, que carrega a verdade absoluta, é feita pelo próprio professor, ou seja, o professor seleciona o saber científico elaborado que ele próprio julga ser ideal a sua prática educativa. Em geral os critérios são valorações internas às próprias áreas do conhecimento, em geral sem um ato de reflexão sobre o papel social dos mesmos.

Após a escolha dos conteúdos do currículo, ele é transmitido ao aluno como um produto acabado, mesmo sabendo que os saberes estão em constante transformação e as teorias aceitas hoje pela comunidade científica podem não o ser no futuro. Ainda assim os professores, de uma forma geral, passam a ideia de uma ciência estática.

Por outro lado, existem professores que acreditam promover uma abordagem problematizadora, mas falham por fazerem perguntas conceituais sem tentar dialogar com os alunos sobre as situações vivenciadas por eles. Nesse sentido, a educação pode ser considerada bancária por promover uma visão de mundo que não é compartilhada ou dialogada ou que tenha significado para o educando.

O produto final para esse educador é apresentar os conteúdos de sua narração, e os educandos, considerados vazios, memorizam mecanicamente os saberes não importando se aquilo que é transmitido tem significado científico, literário ou artístico suficientes para motivar o jovem no processo de transformação social.

Ainda nessa linha que acaba por dar ênfase à memorização do conhecimento, Freire complementa:

"A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão". (Freire, 1983, p.33)

Uma crítica importantíssima que Freire coloca e está presente, principalmente, na educação contemporânea, refere-se ao fato de muitos educadores não saberem os efeitos que a educação bancária provoca e dificulta ainda mais o processo de libertação e transformação.

2.1.2. Aluno:

Os alunos na educação bancária, como já foi dito, eram considerados “vasilhas vazias”, onde são despejados os conhecimentos sem nenhum significado afetivo ou vivencial.

Se pensarmos na hierarquia militar, os alunos seriam os subordinados, obrigados a seguir regras e comportamentos que não foram construídos coletivamente, mas sim impostos, não havendo, portanto, a liberdade de questionamentos sendo considerados objetos que nada sabem.

No contexto escolar atual qualquer manifestação daquilo que se julga impróprio é traduzido com desconto de nota, desqualificação do aluno com títulos/rótulos de bagunceiro, indisciplinados, alunos considerados críticos demais, dentre outros. Todas essas classificações têm um objetivo muito claro que é enquadrar o aluno a aquilo que se considera normal.

Os alunos aprendem a adaptar-se ao mundo, serem passivos, não terem opiniões próprias, perpetuar sua condição de vida sem questioná-la ou buscar sua transformação.

O pensamento novo, a criação, a vontade de fazer diferente não são importantes e, portanto, acabam não sendo estimuladas pela escola. No livro pedagogia do oprimido (Freire, 1987, p.34) é possível obter uma síntese destas ideias em 10 pontos:

- "a) O educador é o que educa; os educandos, os que são educados;
- b) O educador é o que sabe; os educandos, os que não sabem;
- c) O educador é o que pensa; os educandos, os pensados;
- d) O educador é o que é o que diz a palavra; os educandos, os que a escutam docilmente;
- e) O educador é o que disciplina; os educandos, os disciplinados;
- f) O educador é o que opta e prescreve sua opção; os educandos os que seguem a prescrição;
- g) O educador é o que atua; os educandos, os que têm a ilusão de que atuam, na atuação do educador.
- h) O educador escolhe o conteúdo programático; os educandos, jamais ouvidos nesta escolha, se acomodam a ele;
- i) O educador identifica a autoridade do saber com sua autoridade funcional que se opõe antagonicamente à liberdade dos educandos; estes devem adaptar-se as determinações daquele.
- j) O educador, finalmente, é o sujeito do processo; os educandos meros objetos."

2.1.3. Ensino-Aprendizagem:

Esta terceira parte já foi, de certa forma, contemplada nas colocações acima. Contudo é necessário destacar algumas características que não foram analisadas individualmente.

O ensino-aprendizagem, na educação bancária, centra-se na figura do professor, que seleciona e transmite os conhecimentos sistematizados. Não há espaços para questionamento, curiosidade, alegria e o respeito mútuo. O aluno vai à escola com um único propósito, receber as informações e retransmiti-las à prova, que é a forma de medir o conhecimento memorizado. Se o aluno tirou um conceito elevado implica que ele aprendeu, se não consegue, não aprendeu.

A memorização, a uniformidade do pensar humano, a transmissão de valores de uma sociedade dominante são prioridades da educação bancária. Não existe uma aprendizagem que leve ao conhecimento autêntico, um conhecimento pelo indivíduo para o indivíduo. Todo aparato estrutural reforça a manipulação, a dependência, sem dar oportunidade a um pensar verdadeiro.

O conhecimento autêntico, aquele capaz de transformar o mundo, é gerado pela ação-reflexão-ação, isto é, a *práxis*. Por outro lado, os conhecimentos vazios inautênticos, ociosos de sentido, perpetuam a educação bancária, pois, não possibilitam a reflexão e ação na busca da mudança das condições ou do mundo que o cerca e consequentemente sem sua ação. Stuaní salienta que:

"É na ação-reflexão-ação, a partir de seus próprios limites que o educador desenvolve o seu pensar sobre sua ação, passando de um olhar ingênuo para um olhar crítico perante o seu fazer. Repensar a prática na ação cotidiana, requer conceber a educação não como algo pronto e acabado, mas em constante construção, e os educadores como sujeitos de sua ação. Assim, o planejamento não era visto como algo estanque, mas como um processo em constante aprofundamento teórico e prático. Pensar e repensar sobre a prática pedagógica, de maneira dialógica e problematizadora possibilita a superação da consciência ingênua para a consciência crítica (FREIRE, 1999a), e o educador vê justificada a necessidade de transformação de sua ação docente". (STUANI, 2010, p.82).

Na estrutura educacional atual se espera que o aluno no final do ensino médio, por exemplo, tenha a obrigação de montar todo saber transmitido, em pacotes, pelos professores, das mais diversas áreas, distribuídos ao longo da sua vida escolar.

Carneiro (2012) complementa que esse tipo de aprendizagem não contribui para a formação de um ser crítico, mas sim aumenta o seu grau de ingenuidade perante as várias concepções que fazem parte de sua vida, como questões políticas, econômicas, religiosas, pessoais etc. Desta maneira, o indivíduo que não é capaz de interagir com o seu meio de forma autêntica acaba sendo uma vítima para satisfazer os interesses daqueles que se julgam manipuladores de um povo, ou seja, os opressores que se beneficiam do sentimento de inocência.

2.2. A ESTRUTURA SOCIAL QUE ENVOLVE A EDUCAÇÃO BANCÁRIA.

O livro *Pedagogia do Oprimido*, que foi escrito durante o exílio de Paulo Freire no Chile, não se restringe a uma pedagogia, como o nome sugere, voltada à escola oprimida mesmo estando, sem dúvida, inserido no contexto dela. Na verdade a

pedagogia do oprimido, no entender deste trabalho, significa pedagogia dos homens que se empenham na luta pela sua libertação.

Freire entendia o mundo como um local de tensões sociais entre duas classes antagônicas, opressores e oprimidos. Os opressores foram definidos como aqueles que ditam as políticas, que detém o capital econômico e essa relação entre oprimidos e opressores favorece os opressores que transformam a realidade privilegiando seus interesses, reduzindo os oprimidos a “coisas”.

Essa condição social presente na sociedade não foi determinada por entidades religiosas, é fruto de uma ordem injusta, socialmente e historicamente construída que leva o ser humano a ser um pouco menos de sua natureza, isto é, a desumanizar-se.

A desumanização é a privação dos oprimidos de estar em constante processo de aprendizado. O oprimido vive uma realidade estruturada de tal forma que o direciona a um caminho muito limitado, restrito de possibilidades, sem meios de tomar consciência do mundo, tão pouco de superar suas condições dadas. O oprimido é um sujeito que está sendo e não um que busca ser mais.

Nesse sentido, Freire ressalta que:

"Pois bem, se falamos da humanização, do ser mais do homem – objetivo básico de sua busca permanente – reconhecemos o seu contrário: a desumanização, o ser menos. Ambas, humanização e desumanização são possibilidades históricas do homem como um ser incompleto e consciente de sua incompleticidade. Tão somente a primeira, contudo, constitui a sua verdadeira vocação. A segunda, pelo contrário, é a distorção da vocação".
(FREIRE, 1987, p. 127).

A realidade é profundamente domesticadora, principalmente aos pobres e mais pobres do Brasil, que são levados a pensar que são incapazes de fazer algo diferente, de ser diferente e, portanto, precisam continuar fazendo aquilo que já fazem, no máximo se tornar um empregado/operário padrão.

Mas o processo de desumanização não é exclusivamente do opressor para com o oprimido, mas também do opressor com ele próprio porque a formação do sujeito não é feita isoladamente ou no coletivo, mas sim pela prática social na qual esse

sujeito se insere. Então, se o opressor se nega ao diálogo, ao ouvir e ao aprender ele também se desumaniza.

E a escola tem um papel central na ação libertadora no sentido de se estruturar e oferecer condições para que o indivíduo rompa com seus condicionamentos, isto é, ser criador de sua própria história e não ser determinada por ela. Portanto não há outra maneira de se conceber uma revolução se não por uma prática pedagógica humanista em que professores e alunos precisam ter o mesmo objetivo e agir na realidade que implique uma transformação social.

Essa pedagogia humanista na perspectiva freireana, segundo Medeiros (2013), caracteriza-se por um movimento de liberdade que surge a partir dos oprimidos, sendo a pedagogia realizada e concretizada com o povo na luta pela sua humanidade. É uma pedagogia de homens e mulheres que lutam num processo permanente pela sua libertação através da reflexão sobre a opressão e suas causas que gera uma ação transformadora, denominada por práxis libertadora.

Em outras palavras, vivemos em um mundo criado e os sujeitos podem criar este mundo de diferentes maneiras. Questionar se existem maneiras melhores ou piores de olhar o quanto as pessoas estão colaborando para a melhoria ou não do mundo faz parte da educação humanista. Nesse sentido, a perspectiva freireana de educação inverte radicalmente com a lógica educacional descrita anteriormente como educação bancária.

2.3. CONCEPÇÕES DE EDUCAÇÃO HUMANISTA, LIBERTADORA E PROBLEMATIZADORA.

Existem pesquisadores que definem Educação Humanista, Educação Libertadora ou Educação Problematicadora de diversas maneiras, mas qual a diferença entre elas? Sem a pretensão de esgotar o tema, faremos uma breve explanação a partir de agora.

A educação humanista para Paulo Freire é inverter a lógica contida na educação bancária, isto é, a transmissão do conteúdo deixa de ser o objetivo principal e passa a ser substituída por um processo de ensino-aprendizagem preocupado com o

ser humano, pautado no diálogo. Além disso, busca inserir o homem na sua realidade concreta, dinâmica e complexa, refletindo sobre a mesma e identificando as contradições sociais existentes.

Jardim (2009) afirma que a educação humanista se afigura como um espelho multifacetado, no qual se refletem as mais diferentes ações do homem como construtor do mundo, que revela a vida nos seus múltiplos sentidos – social, histórico, político, econômico, jurídico, religioso – e tudo o mais que o cinja no seu relacionamento com a realidade. Igualmente, o sentido humanístico não é a consideração dessa realidade que envolva apenas o homem em si e para si, de maneira a ser considerado ente isolado que se autossatisfaça ou se autoconduza, deixando de lado a compreensão com os seus semelhantes.

A educação libertadora é a condição para o indivíduo libertar-se da realidade opressora, buscando transformá-la. O resultado final seria a humanização de todos, tanto oprimido quanto opressores.

O processo de libertação leva em consideração, principalmente, dois aspectos: a reflexão e a ação. A primeira delas se refere ao oprimido tomar consciência sobre sua condição de vida, reconhecendo que existe uma razão para que ela esteja desta maneira. Tomada de consciência que vai além da perspectiva de mudança pelo outro, mas que se percebam como autores dessa mudança, isto é, que desempenhe um papel ativo e responsável, sobretudo que se reconheçam como seres humanos.

Liberdade é conquista. Não é a doação de algum sujeito que permite ao outro ser livre, ela transcende a ideia de liberdade social e cultural. A liberdade é necessária porque somos seres inconclusos no sentido de que nós podemos ser um pouco mais hoje do que ontem, amanhã um pouco mais que hoje de forma permanente de modo a possibilitar uma melhor atuação social, melhor atuação de mudança social, mas, ainda assim, inconclusos.

Por último, a educação problematizadora é o alicerce para a educação libertadora. Para Linhares (2008), uma educação popular e verdadeiramente libertadora se constrói a partir de uma educação problematizadora, alicerçada em perguntas provocadoras de novas respostas, no diálogo crítico, libertador, na tomada de consciência de sua condição existencial.

Já Stuari (2010) coloca:

"A problematização é algo que, para Freire (2006a), é inseparável do ato cognoscente. Sua função primordial é de envolver os educandos na tarefa de pensar criticamente e de tirar suas próprias conclusões sobre os fatos. É a problematização que desacomoda, conflitua e põe em movimento o pensamento humano sobre o real. É ela também que possibilita articular as relações e entender os problemas nas suas dimensões mais profundas e contextualizadas. Nesse sentido, Freire (2006b) enfatiza que a problematização implica um retorno crítico à ação. Parte dela e a ela volta, sendo, portanto, inseparável das situações concretas". (STUANI, 2010, pag.66)

Dentre as três concepções apresentadas, o problema de pesquisa do projeto dá maior ênfase à perspectiva problematizadora e, portanto, buscamos dar maior destaque à mesma.

Consideramos importante restringir as reflexões apresentadas, pois dificilmente práticas pensadas para escolas com contextos sociais e históricos específicos conseguem promover o projeto emancipador de Paulo Freire em sua completude. O trabalho de Freire é mais profundo do que estamos propondo, isto é, sua concepção libertadora envolve uma transformação educacional e social. Contudo, como educadores podemos ter como busca a incorporação de elementos freireanos de educação em nossas práticas, sendo o aperfeiçoamento desta *práxis* um processo histórico. Assim, consideramos que o trabalho desenvolvido e apresentado nos capítulos a seguir pôde incorporar alguns elementos da filosofia de Paulo Freire, sendo que este será nosso recorte de investigação.

Como apontamos anteriormente, a Pedagogia do Oprimido não se restringe a uma pedagogia escolar, mas sim um processo educacional que envolve a transformação do homem e sua prática no mundo. Portanto, seria muito presunçoso afirmar que uma proposta de aulas, por si só, possibilita a libertação como descrita nas obras de Freire.

O trabalho realizado pelo grupo de professores que desenvolveu a sequência de aulas sobre aquecimento global se preocupou, em especial, no desenvolvimento de problematizações relacionadas ao tema. Durante as reuniões foi possível constatar que os professores, em todas as atividades, sempre apresentavam preocupações em

elaborar um material que buscasse permitir que o debate fosse promovido coletivamente, isto é, que os alunos em todas as atividades tivessem espaço para dialogar, questionar e, o mais importante, reconhecer a sua realidade naquilo que está sendo proposto.

Nessas perspectivas, discutiremos um pouco mais sobre as formas de problematização a partir de alguns subtemas: a participação do aluno, o currículo escolar e o conhecimento dos alunos e, por fim, os temas geradores.

2.3.1. Currículo Escolar X Conhecimento do Aluno:

Já vimos que na educação bancária não existe relação entre o conhecimento escolar e o conhecimento do aluno e para qual sociedade essa concepção está dirigida.

Freire não foi o único que criticou a sistematização do currículo na escola. Silva (1999) afirma que Paulo Freire não desenvolveu uma teorização específica sobre currículo, embora discuta questões associadas às teorias propriamente curriculares.

Quando nos referimos a Teorias de Currículo, diferentes questões e vertentes são encontradas. Um exemplo é a vertente criada por Bobbitt, uma das primeiras consideradas “concepções tradicionais de currículo”. Para ele, a educação deveria ser voltada para o mercado de trabalho, sendo necessário mapear as habilidades das diversas ocupações, possibilitando organizar um currículo que permitisse sua aprendizagem (Silva, 1999).

Uma visão oposta à anterior é encontrada na sociologia de Pierre Bourdieu. Para ele a escola se desenvolveu como um mecanismo de exclusão, pois seu currículo tradicionalmente se baseou na cultura das classes dominante, que se expressa, por exemplo, nas linguagens dessa classe, transmitidas através do código cultural dominante (Silva 1999, p.35).

Ainda encontramos, dentre as teorias de currículo, as críticas, que encontram nas obras de Michael Apple uma das principais referências. A ideia central na perspectiva de Apple é problematizar o “por quê”, isto é, por que esse conhecimento e não outros? Para respondê-la é extremamente importante se perguntar:

“Trata-se do conhecimento de quem? Quais interesses guiaram a seleção desse conhecimento particular? Quais são as relações de poder envolvidas no processo de seleção que resultou nesse currículo em particular?” (Silva 1999, p.47, grifo nosso).

Na esfera social da década de 70, com a preocupação da entrada dos alunos no ensino superior, o ensino médio acabou se voltando para as fórmulas e a resolução de problemas numéricos, seguindo a tendência apontada por Menegotto (2006) e Herber (2007), de se adotarem os programas de vestibulares como orientadores únicos dos currículos das escolas.

Na década de 80, no Brasil, as manifestações pela democracia e pela compreensão do uso da tecnologia tiveram reflexos no ensino, influenciando o movimento CTS, que ganhou efetiva força nos debates educacionais na década de 90, inclusive inspirando diversas reformas curriculares.

Com essas considerações buscamos apontar que o currículo estará sempre em discussão pelos pesquisadores, pelos políticos, pelos professores, pelos pais, pelos alunos, enfim, pela sociedade do modo geral, seja para melhorar ou piorar, seja com mudanças de maior ou menor intensidade.

Contudo, mesmo com décadas de discussões acumuladas, ainda se sobrepõe, no século XXI, a ideia de um currículo oficial dominante que precisa ser transmitido às classes populares. Contudo, em alguns contextos isso adquiriu menor grau de intensidade porque houve, por exemplo, mudanças curriculares que passaram a se preocupar em considerar a realidade do aluno como um critério de seleção de conhecimentos. Isso ocorreu no Brasil, pois nos próprios PCNs encontramos as seguintes indicações:

O aprendizado das Ciências, da Matemática e suas Tecnologias pode ser conduzido de forma a estimular a efetiva participação e responsabilidade social dos alunos, discutindo possíveis ações na realidade em que vivem, (...) de forma que os alunos sintam-se de fato detentores de um saber significativo. (Parâmetros Curriculares Nacionais, 1996, p.52).

Em contextos de currículos muito definidos as possibilidades de abordagens temáticas, isto é, práticas baseadas na filosofia de Paulo Freire são bastante limitadas.

Contudo, se a seleção de conteúdos prevê assuntos que se relacionam com a realidade social dos estudantes, problematização pontuais podem ser realizadas, de modo a permitir que um diálogo mínimo se estabeleça entre educadores e educandos.

2.3.2. Participação do aluno:

A educação problematizadora tem como princípio a aproximação entre educador-educando pelo diálogo. Diálogo este que não apresenta mais a autoridade do professor como detentor do conhecimento, mas sim aquele que também aprende. Portanto, nessa perspectiva o educador também aprende e o educando também ensina.

Não há momentos bem definidos, os alunos fazem parte da construção e investigação do saber. O educador é desafiado, a partir dos seus conhecimentos, a contribuir no processo de busca, o qual o currículo agora não se torna vazio, mas sim imbricado na realidade do educando.

O conhecimento dos alunos é um pré-requisito fundamental. Conhecê-los implica reconhecer se aquilo que está sendo proposto tem alguma razão de ser, embora discussões sobre sua realidade social não sejam prática comum nas escolas. Questionamentos sobre o local onde mora, onde trabalham, quais são suas experiências, dentre outros, não são parte do desenvolvimento curricular da escola por se considerar que não se pode perder tempo com isso.

O educador, ao discutir a realidade concreta do educando, não tem o objetivo de simplesmente abrir os olhos para os problemas, as necessidades ou angústias sociais, mas sim fazer o indivíduo transformar o problema em si em um problema para si, isto é, fazer o educando reconhecer/incorporar o problema com sendo seu de fato e ter a vontade e o interesse de transformar a realidade concreta.

E assim vão tomando consciência do mundo e percebendo e compreendendo situações até então ocultas, que podem se tornar objetos de investigação. Ou seja, nessa proposta, os educandos são estimulados a desenvolver suas percepções e compreensão do mundo de forma autêntica. Além disso, esta educação busca mostrar que o mundo não é estático, mas sim está em constante transformação. Como o próprio Freire afirma:

A educação problematizadora se faz assim, um esforço permanente através do qual os homens vão percebendo,

criticamente, como estão sendo no mundo com que e em que se acham. (Freire, 1987, p.41)

Com todos esses elementos reunidos, a educação problematizadora se torna horizontal, favorecendo um clima de solidariedade. Segundo Oliveira e Santos (2007):

O diálogo em Paulo Freire está relacionado à autonomia dos sujeitos. Ele tem significação precisamente porque os sujeitos dialógicos não apenas conservam sua identidade, mas a defendem e assim crescem um com o outro. O diálogo, por isso mesmo, não nivela, não reduz um ao outro. Nem é favor que um faz ao outro. Nem é tática manhosa, envolvente, que um usa para confundir o outro. Implica, ao contrário, um respeito aos sujeitos nele engajados. (Oliveira e Santos 2007, p. 118).

Uma dúvida que aparece quando se trabalha com a educação problematizadora é: Como identifico a realidade do aluno? Como dialogá-la com o conteúdo sistematizado? Para respondê-las precisaremos discutir os temas geradores.

2.3.3 Temas Geradores:

Será analisado um pouco melhor a dinâmica elaborada por Freire para obtenção do tema gerador, mas ressalta-se que a análise disso já foi amplamente discutida em trabalhos de pesquisa em Ensino de Ciências, inclusive nos trabalhos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, que são referência para esta pesquisa e que são discutidos na próxima seção.

A seleção de conteúdos escolares não se resume a fazer algumas escolhas do currículo oficial, objetivando discutir os desafios da realidade do aluno. É necessário considerar tanto aspectos sociais, políticos, econômicos, ambientais e, principalmente, que haja comunicação entre as diversas áreas que implica o aluno perceber a interação entre as partes.

Portanto, lógica comum de se trabalhar os conteúdos de forma independentes, característica da educação bancária, precisa ser repensada. Todos os professores, agora, contribuem com o seu conhecimento de modo a ampliar o entendimento de um determinado assunto.

Para determinarmos o tema gerador é necessário fazer uma investigação temática, pois não é possível elegê-lo aleatoriamente. O mesmo precisa ser significativo e conectado a outras áreas do saber e deve, sobretudo, fazer os alunos perceberem a verdadeira situação as quais estão imersos.

Além de relacionar vários campos do saber, pretende-se escolher uma problematização que tenha profundidade e que possibilite uma compreensão totalizadora da situação e não um aspecto ou um enfoque específico. À medida que o tema gerador perpassa aspectos da situação problematizada, espera-se que o educando se engaje na busca da superação da condição social imposta.

Depois de estabelecida uma relação de confiança entre professor-aluno, convida-se alguns voluntários a participar da busca do tema gerador, dirigindo-se à comunidade para conhecê-la melhor e observar as conversas informais, visitas a casas, associações de moradores, bares, restaurantes, dentre outros.

As informações coletadas são compartilhadas em reuniões entre os investigadores que agregam novos pontos de vista e incrementando quando necessário. Quando já se tem diversos elementos que poderiam se tornar temas geradores, realizam-se novamente reuniões com a participação de toda comunidade para verificar se, de fato, tais situações são significativas.

Ainda assim, não é possível o professor constituir o conteúdo programático porque os dados coletados estão sob a ótica do professor. Para verificar a validade das informações, apresenta-se a pesquisa, ainda abstrata ou codificada por meio de pintura, demonstrações orais, fotografia, aos alunos e à comunidade. Mesmo codificada, espera-se que os sujeitos presentes consigam refletir sobre as informações, pois, de certa forma, foram escolhidas a partir da realidade deles.

Ao realizar esses passos, emergem-se propostas de temas geradores que são levados à discussão nos círculos de investigação temática. Estas consistem em reuniões realizadas com especialistas, a fim de observar as percepções dos sujeitos sobre o tema. À medida que analisam a situação apresentada, os participantes podem perceber como viviam, como se comportavam, quais eram seus conhecimentos, ou seja, a percepção do passado pode gerar uma nova realidade. Este processo foi chamado por Freire de descodificação.

Identificados os temas significativos a partir das análises de cunho sociológico e psicológico, feitas por participantes do círculo de investigação, eles são levados a especialistas para obterem os núcleos fundamentais de cada proposta e reduzi-los a unidades de aprendizagem.

No processo de redução os especialistas podem sugerir bibliografias, formas de produção do material, ou até outros temas que não foram incorporados na proposta inicial. Após concluir a redução dos temas em unidades de aprendizagem é feito novamente o processo de codificação e a escolha da melhor forma de apresentar a investigação temática.

"Em posse deste trabalho completo ele já pode ser discutido. Segundo Paulo Freire preparado todo este material, a que se juntariam pré-livros sobre toda esta temática, estará a equipe de educadores apta a devolvê-la ao povo, sistematizada e ampliada. Temática que sendo dele, volta agora a ele, como problemas a serem decifrados, jamais como conteúdos a serem depositados". (Freire, 1987, p.68)

Observa-se que a busca pelo tema gerador é mais do que um método de ensino já está estabelecido que se completa em dizer ao professor a maneira que ele deve ensinar, como se comportar ou se deve sorrir, não é isso do que se trata. Podemos afirmar que o professor é livre para decidir suas aulas porque cada turma é uma turma e é impossível, na visão freireana, dialogar com todos alunos da mesma forma.

Por mais que existam indicações sobre como estabelecer um tema gerador, não existe uma "receita" para a busca do mesmo. Além disso, não se pode dizer que quaisquer temas se enquadram na perspectiva freireana, como chama a atenção Halmenschlager:

"O Tema Gerador não é compreendido somente como um elemento motivador do processo de ensino e aprendizagem, mas como uma situação problema que necessita de enfrentamento pela comunidade escolar e que será o ponto de partida e de chegada para o processo de *construção de conhecimento* pelo aluno. Sob essa perspectiva, o conteúdo científico representa um instrumento para a compreensão do objeto de estudo, estando, obrigatoriamente, subordinado ao tema. Desta forma, a apropriação do conhecimento, nessa

perspectiva temática, intenciona a posse do conhecimento historicamente produzido e a consciência do problema enfrentado. Isto é, pretende fornecer condições de compreensão das contradições envolvidas no tema na perspectiva de atuar, enquanto cidadão, em processos de transformação. Trata-se, portanto, de planejar as atividades de ensino com essa finalidade conscientizadora. Evidentemente, como em qualquer planejamento de ensino, a partir de qualquer concepção de ensino e aprendizagem, os objetivos precisam ser avaliados. Destaca-se, contudo, que o objetivo explícito, nesta concepção de abordagem temática, é uma articulação entre tema e conceituação científica na qual esta é subdeterminada pelo tema. O *desafio*, portanto, para uma aprendizagem dos conceitos científicos, é o tema problematizado, e não *somente* os próprios conceitos, conforme pretende uma abordagem cuja referência é estruturada exclusivamente pelos conceitos científicos, ainda que estes procurem, eventualmente, alguma relação com algum tipo de tema, que nestes casos seria subdeterminado pela conceituação. É importante ressaltar, mais uma vez, o papel da problematização para a construção e apropriação do conhecimento pelo estudante. É ela que possibilita a tomada de consciência acerca das questões abordadas em sala de aula e também permite vislumbrar uma nova realidade possível, por meio da transformação". (HALMENSCHLAGER, 2014, pag.171)

Concluindo, Paulo Freire tem uma visão de educação própria, no sentido mais amplo, que não se restringe a escola. Para ele, conhecer é mais do que saber leis ou resolver exercícios, envolve outras relações como já foi apresentado.

Pensando a perspectiva freireana em um contexto da sala de aula, os educadores Luis Carlos de Menezes, Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Marta Pernambuco conseguiram materializar a filosofia de Freire no ensino de Ciências atribuindo uma 5ª etapa para a educação formal.

O avanço desses educadores em conseguir propor uma teoria que possibilite, por exemplo, obter o tema gerador nas aulas de Ciências é sem dúvidas uma contribuição imensurável, além de ter uma aceitação ampla entre os pesquisadores da área. Suas sugestões também não são uma “receita de bolo”, ou estão determinadas. Na verdade,

sua proposta da concepção freireana para o ensino de ciências não é fechada, está sempre em processo como discutiremos a seguir.

2.4. PERSPECTIVA FREIREANA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Atualmente existem diversas pesquisas em Ensino de Ciências que se opõem ao modelo tradicional de educação, propondo aulas significativas, sejam elas presenciais, à distância ou em laboratórios e, sobretudo, que visam a participação ativa do aluno no processo de ensino-aprendizagem⁴. Por exemplo, com relação às aulas laboratoriais no Ensino de Ciências, Borges (2002) aponta vários níveis de investigação que vão desde a restrição completa do aluno, no sentido de seu papel em propor problemas, procedimentos e conclusões, até a sua total autonomia, isto é, o aluno propõe o problema, a forma de investigá-lo até obter suas conclusões. Nesse aspecto a pesquisadora Anna Maria Pessoa de Carvalho tem grandes contribuições em propor modelos de abordagem investigativa.

Mesmo com as diversas possibilidades de oposição ao ensino tradicional, este trabalho se vincula à inserção dos pressupostos freirianos no Ensino de Ciências a partir dos trabalhos de Delizoicov, Angotti, Pernambuco. Estes educadores apresentaram uma proposta inovadora para o Ensino de Ciências a partir da concepção freireana de Educação, em oposição a modelos estáticos, acabados e prontos, que ainda permeiam o Ensino de Ciências.

Elaborar problematizações durante as aulas não é nada fácil. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002, p.125) apresentam algumas perguntas que os professores devem se fazer antes de materializar uma proposta:

- "O que estão propondo como ponto central para aprendizagem?
- Que importância esses conhecimentos terão para vida do aluno, na formação de sua cidadania, em sua capacidade de aplicar o mundo e agir sobre ele?
- Será que o aluno tem interesse no que lhe está sendo proposto como um conteúdo a ser aprendido?

⁴ Centros de interesse, pedagogia de projetos ou resolução de problemas.

- Será que o aluno entende as relações entre tópicos ou está somente adestrado para decorar palavras e procedimentos sem significados que serão rapidamente esquecidos até por falta de uso?
- Reconhecer o aluno como foco na aprendizagem significa considerar que os professores têm um papel fundamental de auxílio em seu processo de aprendizagem, mas, sobretudo, perceber que, para de fato, poderem exercer esse papel é preciso pensar sobre quem é esse aluno".

O professor, antes de iniciar suas aulas, ao trabalhar com a perspectiva problematizadora, deve levar em consideração essas perguntas e a maioria não o faz porque, dentre outros motivos, considera o tempo de aula muito restrito a uma conversa com os alunos, pois se atém em esgotar os conteúdos previstos.

Para os autores, assim como para Freire, é fundamental considerar o aluno no processo pedagógico, mas considerá-los como?

A escola é um espaço em que os alunos têm a oportunidade de aprender os conteúdos sistematizados, organizados e adquiridos ao longo dos tempos, mas também propicia a criação da identidade dos sujeitos, pois eles escolhem os amigos, modos de se vestir etc. A escola também é o local onde ocorre conflitos entre aquilo que o aluno sabe e aquilo que lhe é ensinado. Delizoicov afirma que:

"Os alunos têm conhecimentos apriorísticos sobre temas abordados pela Ciência. Isto significa que os alunos utilizam "seus" conceitos para uma interpretação dos mesmos fenômenos que a Ciência interpreta com seus modelos. O aluno, portanto, não é uma 'tabula rasa' que irá interagir com o objeto de estudo apenas no momento em que o professor ou o livro didático com seu instrumental de análise interpretativo advindo do conhecimento produzido pela Ciência lhe apresenta tal objeto e o seu referencial teórico utilizado para estudá-lo, na maioria das vezes". (Delizoicov, 1991, p.57)

Portanto, é muito difícil dissociar o conhecimento apriorístico do ensino formal, ambos existem mutuamente. À medida que o ensino formal explica, por exemplo, um dado fenômeno de forma estruturada, organizada e generalizada, os alunos fazem

relações com aquilo que conhecem surgindo novos conflitos entre os saberes, retroalimentando o processo.

Acredita-se que o primeiro passo para articular o conhecimento do aluno e o conhecimento formal é dialogar com o aluno sobre processo de ensino-aprendizagem na dinâmica da prática educacional.

"Nessa perspectiva a sala de aula passa a ser espaço de trocas reais entre alunos e professores, diálogos que são construídos entre conhecimento sobre o mundo onde se vive e que, ao ser um projeto coletivo, estabelece a mediação entre as demandas afetivas e cognitivas de cada um dos participantes".(Delizoicov, Angotti, Pernambuco, 2002, p.153)

Pensando na dinâmica da sala de aula, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) elaboraram uma estrutura pedagógica baseada na abordagem temática inspirada na concepção freireana de educação, conhecida como os três momentos pedagógicos ou 3MP.

2.4.1 Caminhos para os três momentos pedagógicos:

Os objetivos dos temas geradores no Ensino de Ciências, assim como na proposta freireana, leva em consideração os conhecimentos dos alunos, mais do que isso, permite o educando agir a partir das problematizações ou relações individuais, sociais e históricas que eles se encontram buscando sua transformação.

Nessa mesma perspectiva, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) destacam a importância em se trabalhar com temas. Para eles, em vez de selecionar os conceitos, devem-se selecionar temas de relevância social e, a partir deles, selecionar conceitos relevantes para seu tratamento.

Dentre outras características, a abordagem temática tem como princípios básicos:

- Uma visão da totalidade e abrangência da realidade;
- Rupturas com o nível de senso comum;
- Adotar o diálogo como sua essência;

- Exigir do educador uma postura crítica, de problematização constante de estar na ação, de se observar e se criticar nessa ação. (Delizoicov, Angotti, Pernambuco, 2002, p.166)

Os temas geradores foram idealizados como um objeto de estudo que compreende o fazer e o pensar, o agir e o refletir, a teoria e a prática, pressupondo um estudo da realidade em que emerge uma rede de relações entre situações significativas individual, social e histórica, assim como uma rede de relações que orienta a discussão, interpretação e representação dessa realidade.

Portanto, trabalhar com temas geradores na perspectiva freireana exige a elaboração de uma proposta investigativa dividida em cinco etapas. Como sintetiza Gehlen (2009)

1ª etapa: Se faz um levantamento dos aspectos da comunidade por meio de entrevistas, questões, questões levantadas a partir de dados estatísticos que irão compor um dossiê da comunidade;

2ª etapa: A partir das análises do levantamento realizado na etapa anterior é feito um processo de codificação e elege-se possíveis situações limites e discute-se quais delas se tornarão o tema gerador.

3ª etapa: É a decodificação a qual se legitima se o tema escolhido é de fato gerador por meio do círculo de cultura, no contexto formal, é discutido com os alunos e professores a importância daquele tema.

4ª etapa: Na redução temática que se faz a seleção dos conceitos e o planejamento das atividades pedagógicas necessários para apresentar o tema gerador em sala de aula.

5ª Etapa: Por último vem os três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Ainda com relação à redução temática, Halmenschlager complementa:

"Freire, portanto, participa da compreensão de que a escolha da conceituação científica se dá pelo grupo de professores e, se necessário, com a participação de outros profissionais,

como psicólogos e antropólogos, sendo estes e os docentes considerados especialistas em sua área de atuação. Sob essa perspectiva, a RT, em sua essência, é uma ação interdisciplinar. Neste sentido, suas considerações sobre a necessidade de um planejamento interdisciplinar para a abordagem de temas parecem estar em sintonia tanto com a perspectiva interdisciplinar de Angotti (1993), para a natureza dos temas que ele considera, quanto para a temática do meio ambiente a ser abordada em sua complexidade, segundo Watanabe-Caramelo (2012)". (HALMENSCHLAGER, 2014, pag.131)

A quinta proposta, de acordo com Strider (2008), foi acrescentada pelos autores a fim de propor uma forma de se trabalhar com o tema gerador em sala de aula, que são conhecidos como os três momentos pedagógicos (3MP).

Delizoicov e Angotti (1994) explicitaram as características essenciais de cada um dos momentos:

2.4.1.1. Problematização inicial:

Caracteriza-se pela apresentação de situações conhecidas e/ou vivenciadas pelos alunos. É neste momento que os estudantes são mais estimulados a expor suas ideias, a se manifestarem acerca do tema em questão. De acordo com Gehlen:

"A Problematização Inicial é mais ampla, não envolve apenas os conceitos científicos e espontâneos, pois o pano de fundo é um problema que está organizando a problematização. Isto é, as perguntas realizadas no primeiro momento que buscam trazer à tona as concepções dos estudantes, acerca de determinada situação, são decorrentes de um problema que fundamenta todo o processo didático-pedagógico(...). Em suma, os questionamentos realizados na *Problematização Inicial* emergem de um problema, de uma contradição". (Gehlen, 2009, pág. 183)

Já o professor tem o papel de lançar mais dúvidas do que soluções. Nesse contexto o aluno perceberá que seu conhecimento não é suficiente para responder a situação levantada e que portanto é preciso adquirir um novo conhecimento.

Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo expresso quando este é cortejado implicitamente pelo professor como o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado. (Delizoicov, Angotti, Pernambuco, 2002, p.166)

2.4.1.2. Organização do Conhecimento:

Este momento é destinado à discussão e sistematização do conhecimento específico previamente preparado pelo professor e capaz de auxiliar o aluno a obter respostas sobre a problemática inicial. É fundamental que a seleção de conteúdos seja adequada ao tema tratado, pois não se pode incorrer em uma tentativa falaciosa de se esgotar um currículo que não tenha vínculo com o tema.

Muenchen (2011) diz que o professor pode utilizar como recurso diversas técnicas de ensino, tais como: estudo em grupo, seminários, visitas, excursões ou outras atividades e recursos que desempenha um papel na formação como, por exemplo, ferramentas de informática (Giordan, 2006).

2.4.1.3. Aplicação do Conhecimento:

A partir dos conhecimentos que vem sendo adquiridos, o aluno retoma a problematização inicial para analisá-la e interpretá-la de modo que ele consiga perceber nessa situação local referências para análises dos problemas regionais, nacionais ou mundiais.

Generaliza-se também a abordagem conceitual para abarcar outras situações cujas respostas estão contidas nesses conhecimentos científicos que são empregados para abordar/resolver problemas reais e não uma lista de exercícios, que depois de resolvidos, os conhecimentos científicos caem no esquecimento e o aluno volta a utilizar o conhecimento prévio como forma de resolver as situações do dia-a-dia.

Resumindo, a aplicação do conhecimento não se limita a discutir os problemas reais vivenciados pelos alunos a partir do conhecimento científico, se faz também relações com outras situações que não foram incorporadas ao problema inicial.

Desta maneira, a diversificação das atividades, isto é, dos materiais selecionados pelo professor é fundamental. Não se pode dizer que haja um ensino problematizador sem diversificação do material, seja ele jornal, artigos, vídeos, desenho em quadrinhos, entre outros, em que ora cumpre o papel de problematizador, ora de conhecimento científico, ora como material cuja proposta é de extrapolar/generalizar o conhecimento aprendido.

É preciso ter critérios na seleção do material, tomo como exemplo os experimentos no ensino de ciências cuja importância é inquestionável, mas as críticas que se fazem relacionam-se ao como empregá-los em sala de aula, pois, alguns têm como objetivo ilustrar alguma teoria, outros buscam provar fenômenos e na maioria dos casos são estruturados como receitas prontas e definitivas e os alunos só manipulam as vidraçarias.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) afirmam que o desafio de selecionar materiais e montar uma sequência está na organização das atividades que tenham início, meio e fim, mas que não, necessariamente, tenha uma possibilidade de sequenciamento. Uma estrutura maleável que permita o professor escolher diversos caminhos dependendo da classe, das aulas, dos alunos.

Nesse sentido, a estruturação de uma sequência pedagógica que compartilhe elementos dos 3MP oferece infinitas possibilidades organizacionais não só em dividir as aulas em 3 níveis, mas também incorporar, como já dito, atividades que contemplem o tema escolhido. É possível ter sobre o mesmo tema gerador atividades diferentes porque sua elaboração dependerá de diversos fatores como os professores, os alunos, os materiais disponíveis dentre outros.

Sugestões e exemplos de como abordar os três momentos pedagógicos em sala de aula são encontrados nos livros chamados *Física e Metodologia no Ensino de Ciências*, de Demétrio e Angotti, que apresentam diversas estruturas de atividades pautadas nos 3MP. É possível, também, a partir da tese de Muenchen (2008) e do livro *Ousadia do Diálogo*, organizado pela professora da Faculdade de Educação Nídia Nacib Pontuschka, obter alguns exemplos de como, respectivamente, os professores, da região de Santa Maria/RS e da prefeitura de São Paulo articularam suas práticas pedagógicas baseando-se na perspectiva temática definida nesta dissertação.

Uma diferença dos trabalhos acima desta dissertação está no fato de que não estamos interessados em analisar como os professores empregam os 3MP na sala de aula. Este projeto está preocupado em analisar as apropriações de ideias freireanas que um grupo de professores realizou para estruturar proposta de aulas cuja temática é o Aquecimento Global. A seguir, apresentaremos o grupo de pesquisa.

3. CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO DE PESQUISA

Neste capítulo trataremos da formação do grupo de pesquisa e da escolha do aquecimento global como proposta de aulas. Será ressaltado também que a estruturação das aulas sobre o tema complementa a tese de doutorado da professora e pesquisadora Giselle Watanabe que defende, dentre outras concepções, a mudança de ensino simplista a um ensino que leva em consideração a dinâmica e as relações que existem no mundo.

3.1. BASES TEÓRICAS DA PROPOSTA DE AULAS SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL.

Watanabe (2012) trouxe propostas a uma nova escola que se objetiva a discutir e articular temas socioambientais com as transformações da natureza causadas, por exemplo, pelo modo vida dos indivíduos baseado no consumismo ou pela exploração desenfreada dos recursos ambientais.

A pesquisadora verificou que os debates que se inserem na educação básica estão vinculados a disciplinas específicas ou por projetos interdisciplinares. Pouca ou quase nenhuma proposta pedagógica relaciona os temas com os aspectos sociais, econômicos ou políticos, dentre outros.

Nesse sentido, transformar um ensino tradicional cuja estrutura é linear, hierarquizada, estática e fragmentada, a um ensino que lida com as interações do indivíduo com seu meio e que a todo instante toma decisões articuladas a diversos saberes buscando agir a partir de uma reflexão coerente aos problemas colocados não é nada trivial, principalmente com as dificuldades enfrentadas diariamente nas salas de aula.

Diante deste cenário, que visa uma nova demanda educacional, a tese realizou um estudo teórico que buscou olhar a questão ambiental a partir de três esferas de investigação: Educacional, de Ensino e Epistemológica.

A dimensão educacional vincula-se a perspectiva crítica, complexa e reflexiva, em que a criticidade é discutida sob a ótica do espanhol Jose Eduardo Garcia, a

complexidade é baseada nas ideias de Edgar Morin e compreende um conjunto de princípios gerais, dentre eles temos o entrelaçamento dos saberes científicos com as esferas sociais, políticas e culturais e, por último, a dimensão reflexiva chama atenção ao cuidado que o ser humano deve ter para a tomada de decisões.

Uma das preocupações deste primeiro eixo é a constatação de que os temas socioambientais são tratados nas escolas de forma limitada, visto que não possibilita os alunos questionarem, se posicionarem ou, como já dito, não se vinculam a ciência com as outras áreas do saber.

A situação que exemplifica esse fato é o objeto de estudo da dissertação de mestrado da autora (Watanabe, 2008). Nesta, evidencia-se que o ciclo da água apresenta-se, no ensino de ciências, de forma simplificada por não levar em consideração, por exemplo, as intervenções humanas, isto é, considera-se apenas a chuva, o solo, os rios e nuvens que inclusive, este tipo de ciclo, é amplamente divulgado nos livros didáticos. Esta forma simplista de interpretar o ciclo da água dificulta a discussão e a inserção de outros elementos como os córregos, esgotos ou o que é consumido pelas pessoas que também fazem parte desse processo.

A dimensão de ensino discute ações pedagógicas na escola que visam contribuir com a mudança do modelo escolar hegemônico. Nesse sentido, a valorização do sujeito e a aproximação da sua realidade buscando modificá-la ganham destaque através dos trabalhos sobre Abordagem Temática do Delizoicov, Angotti e Pernambuco, cujas inspirações são freireanas e dos trabalhos de complexificação do conhecimento vinculada à temática socioambiental de Garcia.

Não cabe neste momento retomar os fundamentos da abordagem temática na perspectiva desses autores, principalmente os três momentos pedagógicos porque elas foram discutidas no segundo capítulo. Contudo, para Garcia, combater esta estrutura escolar para poucos tornando-a cada vez mais democrática, é preciso que os temas a serem trabalhados nas escolas estejam vinculados as temáticas socioambientais que já fazem parte tanto do repertório da escola quanto das preocupações da comunidade.

Uma segunda questão refere-se à seleção do currículo que precisa considerar os conhecimentos cotidianos dos alunos, pois eles são o ponto de partida para iniciar uma reflexão e buscar soluções aos problemas sociais e ambientais a serem trabalhados em sala de aula.

Ressalta-se que não se objetiva a substituição do conhecimento cotidiano do aluno para o conhecimento científico, mas sim complexificar aquele conhecimento simples ou comum. Essa perspectiva que visa complexificar o conhecimento seria uma alternativa para substituir o ensino simplificador conforme criticado por Morin.

Para estruturar uma proposta de aulas complexificadas destacam-se três elementos: O primeiro deles refere-se ao conjunto de saberes que compõem o conhecimento escolar, caracterizados como científicos, cotidianos e os problemas socioambientais. O segundo busca relacionar, estabelecer e hierarquizar esses saberes denominados de "trama de conteúdos", com conexões fortes ou fracas entre si. Por último aproximar a proposta de aulas ao aluno.

Para concluir, Watanabe (2012) utiliza os referenciais de Delizoicov, Angotti e Pernambuco pela sua relevância em propor uma organização temática nas salas de aula baseadas nas contradições sociais. Com isso a autora defende que os temas socioambientais são temas que podem emergir as contradições sociais:

"(...) os temas que defendemos são aqueles capazes de tratar de problemas mais amplos, globais, mas afetam diretamente a realidade próxima ou vivencial do aluno. Isso ocorre, por exemplo, com os temas poluição atmosférica, da água e solo, mudança climática". (Watanabe, 2012, pág. 87).

A dimensão epistemológica coloca a necessidade da reformulação do ensino escolar no que tange as questões socioambientais, pois a conceituação física adotada nas escolas pelos professores é limitada, no sentido de discutir um recorte de uma determinada situação sem levar em consideração o dinamismo da realidade que os indivíduos estão inseridos, tão pouco fornecer elementos para lidar com os problemas estabelecidos.

Uma sugestão apresentada para a reformulação do ensino seria uma ciência que não seja determinista, mas sim aberta, imbricada de incertezas, da imprevisibilidade que a sociedade enfrenta a cada instante, que promova a mudança de um aluno com posicionamento ingênuo e cômodo frente aos processos da natureza para um indivíduo que saiba lidar com a complexidade e ter a consciência de que o ser humano não tem controle sobre a natureza.

A partir dessas dimensões foi possível identificar o que foi denominado de ênfases que perpassam as dimensões, isto é, não existe uma ênfase para cada dimensão,

mas não quer dizer que elas não interagem entre si. Tais ênfases são importantes porque ajudarão a efetivar aulas que articulam abordagem temática com a complexidade. Para exemplificar as ênfases, toma-se como exemplo em alguns casos as mudanças climáticas que compõem a proposta de aulas desta dissertação.

A primeira ênfase intitulada como *dinâmica* contrapõe a visão estática da ciência que é ensinada nas escolas de educação básica a uma ciência que lida com a dinâmica dos processos em que há transformações e interações entre as diversas variáveis do sistema.

Utiliza-se como exemplo a afirmação de que é o homem o causador do aumento da temperatura, por lançar na atmosfera o gás carbônico CO₂, mas não é isso que diz parte da comunidade científica. Para esta, o homem contribui com 7%, sendo que os demais são emitidos por ações naturais como, por exemplo, a atividade de vulcões. Deste modo, não se pode afirmar que é o homem o principal causador do aquecimento global, como muitos defendem, porque o clima da Terra é muito complexo e tem muitas variáveis envolvidas, não só o homem.

A próxima ênfase trata da importância da perspectiva histórica nas questões socioambientais já que as condições que temos hoje sobre o ambiente são frutos de vários processos que aconteceram no passado. As modificações que fazemos implicarão consequências no futuro, ainda que esses efeitos sejam incertos.

Para ilustrar essa ênfase temporal, podemos questionar a ideia de que a temperatura da Terra irá aumentar 2°C. Verifica-se que esses valores são determinados a partir de modelos e gráficos recentes. Se olharmos o comportamento da temperatura da Terra ao longo do tempo, verificamos que os resultados são imprecisos por mostrarem que o ciclo da temperatura da Terra é variável, isto é, há períodos de resfriamento e aquecimento Terrestre. Portanto, a vida humana, que surgiu recentemente, não teria condições de influenciar o aumento da temperatura da Terra num período tão curto de tempo, pois o surgimento da Terra aconteceu a 4,8 bilhões de anos atrás e a primeira revolução industrial, que para muitos agravou o aquecimento global, ocorreu “apenas” pouco mais de 100 anos.

A ênfase entrópica discute a forma como enxergamos o mundo, pois em algumas propostas educacionais acredita-se que é possível retomarmos a natureza antes das intervenções humanas, isto é, que é possível voltar a uma natureza intocável, que haja

apenas fauna e a flora. De acordo com essa ênfase, é impossível de isso acontecer porque a entropia sempre aumentará e cabe a nós decidirmos se este aumento será acelerado ou retardado.

A última ênfase tem o objetivo de relacionar as diversas dimensões que compõem, por exemplo, um determinado tema, além de apresentar e encaminhar para discussão outros temas correlatos que podem emergir a partir do tema inicial.

Todas essas ênfases sendo articuladas com a complexidade criaria as condições para propostas de aulas com enfoque crítico e reflexivo, como defendido na tese da autora. Esta perspectiva se contrapõe, por exemplo, àquelas aulas sobre meio ambiente pautadas apenas em discussões fornecidas pela mídia, que fazem os indivíduos reproduzirem um discurso simplista sem conexão com a realidade que se vive.

Analisando o trabalho de Watanabe (2012), Halmenschlager chama a atenção para a semelhança entre os conceitos estruturantes com os conceitos unificadores de Angotti (1993):

"Watanabe (2012), em sintonia com Angotti (1993), defende a abordagem de temas de caráter global para o ensino de Física que envolvam questões socioambientais. Apoiada em Garcia (1998), argumenta em favor dos conceitos metadisciplinares, que teriam uma função estruturante na proposição do programa escolar, semelhante aos Conceitos Unificadores. Integram os conceitos metadisciplinares as noções de *interação, sistema, diversidade, troca e reorganização permanente*. Na visão da autora, enquanto os Conceitos Unificadores são pautados essencialmente na conceituação científica, os conceitos estruturantes metadisciplinares atuam como classes organizadoras do conhecimento. A organização do programa escolar por meio dos conceitos estruturantes metadisciplinares permite, segundo Watanabe, a complexificação do conhecimento. A apropriação do conhecimento pelo aluno se dá, nessa perspectiva, a partir de um processo de complexificação sucessivo, através de aproximações às dificuldades. O que se deseja destacar, ao apresentar as possibilidades apontadas por Angotti (1993) e Watanabe (2012), é que tanto os Conceitos Unificadores quanto os conceitos estruturantes metadisciplinares partem do pressuposto de que a organização

do programa escolar, para contemplar uma abordagem interdisciplinar de conceitos científicos, precisa de parâmetros estruturantes não reduzidos apenas às especificidades contidas em cada uma das particulares disciplinas, mas sim parâmetros com universalidade relativamente maior. Estes, ao serem tomados como referência, deverão propiciar a inserção de conceituação específica na sua relação com as temáticas incluídas nos conteúdos de ensino". (HALMENSCHLAGER, 2014, pag.131)

Essas reflexões teóricas levantadas na tese foram referências teóricas que possibilitaram materializar a proposta de aulas complexificadas, pautadas na temática ambiental.

Embora saibamos que as características de um ensino voltado à complexidade compõem a estrutura das aulas, não tivemos a pretensão de discuti-la. Na verdade, dedicamos nossos esforços para analisar a contribuição da perspectiva freireana⁵ que aparece na pesquisa de Watanabe (2012) e é objeto de análise desta dissertação.

A seguir apresentaremos como surgiu o grupo de pesquisa coordenado pela Profa. Giselle Watanabe e que apresenta como um de seus objetivos criar propostas de aulas com base nos trabalhos teórico realizados.

3.2. GRUPO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E SUAS COMPLEXIDADES (GRECC).

O Grupo de Ensino de Ciências e suas Complexidades foi criado em 2013 com o objetivo de elaborar pesquisas e desenvolver propostas de aulas sobre questões ambientais. Para a primeira ação realizada, a temática ambiental escolhida após um amplo processo de discussão foi o Aquecimento Global. O trabalho foi realizado com apoio da CAPES por meio de um projeto intitulado “Temas Ambientais na Educação escolar: Perspectivas da Complexidade”.

A articulação defendida pelo Grupo não é a simples seleção dos conteúdos curriculares ou informações veiculadas pela mídia e organizá-los numa sequência de aulas. Busca-se, na verdade, promover uma formação crítica que leve em consideração

⁵ A perspectiva Freireana insere-se na dimensão de ensino.

outros elementos além do conhecimento científico como, por exemplo, as questões sociais, políticas e culturais.

Essa preocupação de integrar as diversas áreas vai além da inserção do conteúdo Físico sobre os temas ambientais. Coloca-se sob a ótica da complexidade na perspectiva de Garcia (2008), como já apresentado no item anterior. Este autor defende que os elementos do mundo estão relacionados entre si de modo que não seja possível ter um entendimento amplo de uma determinada situação utilizando-se apenas os conhecimentos da Física de forma isolada. Para ele é necessário haver ligações entre os conhecimentos.

A construção das aulas sobre a temática ambiental contou com a participação bastante diversificada de professores e pesquisadores, atuantes em escolas públicas e universidades. Entre estas últimas contou-se com docentes da Universidade Federal do ABC, da Universidade de São Paulo, do Instituto Federal de São Paulo e da Universidade de Brasília, como apresentaremos na tabela abaixo:

NOME	LOTAÇÃO	TITULAÇÃO
Giselle Watanabe (coordenadora)	UFABC	Doutorado
Maria Regina Dubeux Kawamura	IFUSP ⁶	Doutorado
Pedro Roberto Jacobi	FEUSP ⁷ / PROCAM ⁸	Doutorado
Ivã Gurgel	IFUSP	Doutorado
Roseline Beatriz Strieder	UnB ⁹	Doutorado
Graciella Watanabe	UnB	Doutorado
Rebeca Vilas Boas Cardoso	IFSP ¹⁰	Doutorado

⁶ Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

⁷ Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

⁸ Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental.

⁹ Universidade de Brasília.

¹⁰ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (*campus* São Paulo).

Fernanda Rocha Carvalho	UFABC	Mestranda/Professora
Fabiana Alves	UFABC	Mestranda/Professora
Leandro dos Reis Oliveira	IFUSP	Mestrando/Professor
Luiz Henrique David	UFABC	Mestrando
Charles Pena Saraiva	IFSP	Graduando/Aluno de Iniciação Científica

Quadro 1: Participantes do Projeto

Dentre os treze participantes, reuniam-se periodicamente para a elaboração das aulas, cinco colaboradores, sendo 3 pós-graduandos/professores da rede pública, 1 mestrando e 1 pesquisadora em Ensino de Ciências. Os demais tinham importantes contribuições como, por exemplo, apoio na concepção geral da sequência, a revisão do que estava sendo feito e a sugestão de melhorias.

Destaca-se, a partir da tabela acima, que a diversidade de formação entre os participantes não é a única variável que chama atenção. Existe também o caráter complementar dessas formações, pois não é possível dizer que o grupo é constituído apenas por pesquisadores ou somente por professores da escola básica, mas sim da colaboração entre ambos. Acreditamos que isso ajude a entender o sucesso deste grupo em criar propostas de aulas, em que as atividades formuladas podem ser aplicadas em diferentes realidades escolares da educação básica.

A participação do autor desta dissertação no grupo de pesquisa começou em julho de 2013, quando a Profa Dra. Giselle Watanabe realizou uma reunião no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), apresentando as linhas de trabalho que iria desenvolver, baseado-se em seus trabalhos anteriores realizados em colaboração com a Profa. Dra. Maria Regina Kawamura.

Como o meu projeto estava na mesma direção da perspectiva freireana e também para aproveitar a oportunidade de iniciar as pesquisas do mestrado, firmamos essa parceria que se tornou bem produtiva.

Cada um dos participantes acima desempenhou tarefas importantes, que serão destacadas mais à frente. Cabe, neste primeiro momento, salientar as fases do projeto

necessárias para a construção da proposta de aulas. Elas estão divididas, didaticamente, em três etapas, mas na dinâmica das reuniões, em alguns momentos, essas etapas se entrelaçavam entre si:

1ª etapa do projeto:	Pesquisas sobre a questão socioambiental;
2ª etapa do projeto:	Construção das aulas;
3ª etapa do projeto:	Aplicação da proposta na escola;

Quadro 2: Etapas do projeto

3.3. PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO: PESQUISA SOBRE A QUESTÃO SOCIOAMBIENTAL

Os participantes do projeto realizaram um levantamento dos trabalhos publicados acerca da temática ambiental e complexidade dos períodos de 2008 a 2013, tomando como base revistas nacionais e internacionais e dos dois últimos eventos em Ensino de Ciências, resultando em uma amostra de 227 trabalhos:

Revistas Nacionais	Revistas Internacionais	Eventos
IENCI	Science Education International	EPEA
Ciência&Ensino	Enseñanzas de la ciencias	ENPEC
Ambiente & Sociedade		
Ciência e Educação		
REMEA		
REVIPEA		
Alexandria		
Abrapec		

Quadro 3: Revistas Consultadas

As análises das revistas e eventos focaram artigos que trataram das questões socioambientais e complexidade voltadas ao espaço escolar. Esse levantamento geral realizado pelo grupo de pesquisa serviu como base desta dissertação para a revisão bibliográfica da Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental (REMEA), mas as palavras chaves e as categorias foram adequadas a esta dissertação como mostrado no próximo capítulo.

3.4. SEGUNDA ETAPA DO PROJETO: CONSTRUÇÃO DAS AULAS

3.4.1. Escolha do Tema:

No dia 22 de julho de 2013 o grupo realizou uma reunião para discutir qual tipo de educação ambiental queríamos promover. Para isso, a professora Maria Regina Dubeux Kawamura apresentou os resultados de uma pesquisa por ela orientada sobre as representações que os alunos têm a respeito do tema meio ambiente e sustentabilidade (Ramos, 2011).

Algumas das representações de meio ambiente evidenciadas pelos autores são:

- É a organização dos seres vivos e toda a matéria existente ao redor do sistema do qual estão localizados.
- O ambiente que estamos inseridos, no caso a Terra, mas como este ambiente sofre influência da Lua do Sol, nosso ambiente considera-se como o sistema solar.
- Tudo que nos rodeia: florestas, cidades, atmosfera, mares, etc.
- É o meio ambiente em que vivemos; logo, penso na natureza e em suas transformações.
- Meio ambiente é o meio que interage com o homem.
- Meio ambiente vem a ser o que envolve a atmosfera, camada de ozônio, os rios do mundo todo, desertos, calotas polares, oceanos, etc.
- Um espaço ou local físico que abriga determinados tipos de matéria, viva ou não.
- Meio ambiente é o conjunto de espaço, matéria e energia onde se situa tudo que conhecemos.
- Meio ambiente é o nome dado ao conjunto de fatores naturais que propiciam e interagem com a vida.
- É o espaço no qual estamos inseridos, sendo ele natural ou não. Não tenho certeza, mas acho que

também fazemos parte do meio ambiente e, portanto, *espaço* não seria a melhor palavra.

- Em síntese, meio ambiente seria um sistema fechado em que os seres vivos e não vivos devem ou deveriam existir em harmonia, sob condições que não desvirtuassem sua natureza essencial.
- Meio ambiente é o conceito de um sistema onde todos seus “sujeitos” possuem relações físicas entre si. É onde podemos tentar ou explicar esse sistema com leis físicas e que quando um sujeito deste sofre uma modificação o meio todo também se modifica.
- Meio ambiente é o nosso habitat, ambiente que nos cerca e com o que interagimos em todas as nossas atividades.

Representações sobre sustentabilidade:

- É a forma como se utilizam recursos, pensando no futuro. Preservando e utilizando bem os recursos, pensando nas gerações futuras.
- Sustentabilidade é um modo de crescer economicamente (ou geograficamente) sem causar grandes impactos no meio ambiente.
- É a capacidade de usar os recursos naturais de um modo que os mesmos não se acabem. Reciclagem, reflorestamento.
- Viver em harmonia com o meio ambiente. Coexistência. Manter a vida constante por infinitas gerações.
- Conjunto de medidas tomadas para diminuir o desgaste do ambiente e tornar o uso de bens duráveis, não duráveis e matéria prima consciente, evitando o desperdício e reutilizando os materiais para novos fins.
- Sustentabilidade é a preservação do meio ambiente por meio da renovação e reutilização dos recursos obtidos através do meio ambiente.

As representações sobre meio ambiente e sustentabilidade são dos alunos de Graduação do curso de Física e Farmácia da Universidade de São Paulo. Constatou-se que a maioria dos alunos tinham representações simplistas acerca das temáticas ambientais.

Nas conclusões apresentadas, Ramos (2011) afirma que as visões críticas de sustentabilidade são menores, isto é, desconsidera o homem como transformador do meio, passando a ideia de que o meio ambiente existe para ser utilizado, mas com cuidado.

"(...) há pouca compreensão quanto a transformações contínuas do meio por ação da vida social humana e suas formas econômicas de produção e organização, ou seja, uma visão de educação ambiental transformadora, crítica ou emancipatória".(RAMOS, 2011; 55).

Na mesma linha deste trabalho, Moraes (2009) busca caracterizar as concepções evidenciadas em eventos sobre a educação ambiental (EA) a partir dos trabalhos de Sauv (1997) e Sato (2001). Nas anlises, percebeu-se que ainda existem discursos de natureza conservadora promovidos pela classe dominante que tenta impor um discurso ambiental de carter ingnuo e superficial, centrados numa viso reducionista ou simplista sobre EA.

Portanto, a problemtica apresentada, a partir desses e outros levantamento, est relacionada a uma viso simplista/reducionista no que tange educao ambiental. como se ainda houvesse a incorporao da ideia de uma natureza externa e que o homem no fizesse parte dela.

Diante desse quadro, foram discutidos por todos integrantes do grupo de pesquisa alguns temas ambientais que pudessem intervir na problemtica detectada, alguns dos temas foram:

1. Aquecimento Global
2. Questo social x ambiente (problema local – imagem da cidade)
3. Energia Nuclear
4. Tecnologias – lixo eletrnico
5. Aoes de reciclagem

6. Radiações

7. Clima/ Tempo (frente fria, previsão do tempo etc).

A temática escolhida foi a do Aquecimento Global por se tratar de um tema amplo, além de se aproximar com mais intensidade dos pressupostos da pesquisa e, sobretudo, por conseguir englobar alguns dos itens mencionados.

A sugestão da professora que propôs a temática Aquecimento Global estava pautada nas seguintes ideias:

Tema do meio ambiente: Aquecimento global

Objetivo: *Mostrar que o homem faz parte do meio ambiente e que este modifica o meio em que vive de uma forma apenas local e não global.*

Justificativa: *O aquecimento global, na maioria das vezes é tratado pela mídia como algo causado apenas por ações humanas. O intuito dessa proposta é mostrar para o aluno que esse é um tema incerto e que o aquecimento global, se estiver realmente acontecendo, pode ser explicado por causas naturais e não (apenas) por ações humanas.*

As argumentações apresentadas pela professora têm objetivos bem específicos, mas elas foram ampliados à medida que as aulas foram construídas. Desde já é importante ficar claro que a apresentação da professora Maria Regina não foi uma investigação de um contexto escolar específico, mas sim uma apresentação que serviu para exemplificar as representações que os alunos têm sobre o meio ambiente.

De outra forma, o tema da proposta foi definido pelo grupo de pesquisa e os critérios para essa escolha, como apontado anteriormente, foi de identificar uma situação significativa que relacionava ao problema detectado na investigação inicial, portanto o tema não “resultou” de uma investigação temática realizada por uma comunidade articulada com seus professores como está presente na proposta freireana. Optamos, como grupo de pesquisa, identificar uma situação social importante, que em nosso caso é a temática: Aquecimento Global.

Além disso, tínhamos objetivo de elaborar proposta de aulas que tivesse um caráter amplo e pudesse ser desenvolvida/adaptada em diversos contextos escolares.

Entendemos essa forma de definição do tema como uma alternativa para o espaço tradicional de ensino, ainda que não reproduza a perspectiva da investigação

temática de Freire. Essa opção, no entanto, não deixa de estar de acordo com aquela perspectiva, uma vez que traz significado ao conhecimento a ser construído, como será mostrado na análise dos dados.

Por mais que o tema tenha partido de “especialistas”, o mesmo faz parte da realidade dos alunos e se configurou como um problema quando aplicado em sala de aula, inclusive pelo autor desta dissertação. Entretanto, vale lembrar que essa aplicação não será tratada neste trabalho.

Em síntese, a investigação realizada neste projeto pode ser descrita da seguinte forma:

1ª fase: Levantamento das representações dos alunos sobre o meio ambiente e sustentabilidade;

2ª fase: A partir da pesquisa realizada, se discutiu possíveis temas que poderiam enfrentar a problemática detectada foi proposto 7 possíveis temas.

3ª fase: O grupo de pesquisa elegeu o próprio tema.

4ª fase: Os conceitos e planejamento das atividades eram realizados em reuniões periódicas. É nesta parte que esta dissertação se insere, no sentido de analisar o processo de apropriação de ideias freireanas pelos professores durante a construção da proposta de aulas com o enfoque temático.

5ª fase: As atividades elaboradas têm sua organização vinculada aos 3 momentos pedagógicos.

Trabalhos em que temas são escolhidos por professores ou pesquisadores não são incomuns na área de educação. Um trabalho que segue esta linha é a dissertação de mestrado da Strider (2008), em que ela propõe, a partir da investigação feita, um projeto que buscava investigar a implementação e as implicações da usina de São José na comunidade local.

A escolha em discutir a temática “Usina de São José” foi prédefinido, portanto, a investigação realizada teve por objetivo apontar a melhor forma de inserir o tema em sala de aula, de forma significativa e que houvesse maior participação e engajamento dos alunos.

"Apesar de já termos definido o tema que pretendemos discutir com os alunos, entendemos ser indispensável

escolher qual a situação, relacionada a esse tema, que é mais significativa aos alunos. Com esse propósito, após analisarmos os dados apreendidos na etapa anterior, durante os contatos iniciais, constatamos que o que o mais preocupava alunos, professores e a comunidade em geral, era o fato de não saberem o que realmente iria ou poderia acontecer, como consequência da construção da usina". (STRIEDER, 2008:90).

3.4.2 As Reuniões:

Foram realizados 28 encontros ao longo dos anos de 2013 e em 2014 totalizando, como material de pesquisa, 19 gravações em vídeos e 5 gravações em áudios todos transcritos na íntegra.

Este esforço possibilitou estruturar um material com cerca de 65 páginas para que os professores escolham, dentre as possibilidades que o material oferece, a melhor estratégia para sua aula.

Mostramos abaixo em linhas gerais a estrutura das aulas:

Momento 0. Atividades de Ensino: Como serão? O que desenvolver?

Momento 1. Questões sobre o aquecimento global.

Momento 2. Medindo a temperatura do entorno da escola.

Momento 3. Os conceitos da Física para discutir o aquecimento global.

Aulas 1 e 2: Revisitando os conceitos de Física.

Aula 3: Física da atmosfera: balanço dos fluxos de energia na Terra.

Aula 4: Efeito estufa e suas representações.

Aula 5: Processos de medidas e suas incertezas.

Momento 4. Aquecimento Global: algumas polêmicas e discussões.

Momento 5. Sistematização e síntese: O que dizer sobre o aquecimento global?

Quadro 04: Estrutura geral das aulas

Esquemáticamente:

As reuniões periódicas aconteceram com as participações de Fernanda Rocha de Carvalho, Fabiana Alves da Silva, Luis Henrique David, Leandro dos Reis Oliveira e da coordenadora Giselle Watanabe. Os demais, como dito anteriormente, participaram de algumas reuniões, mas os demais integrantes tinham o papel fundamental de revisar os materiais, a discutir conteúdos específicos da Física do Aquecimento Global, criar os materiais que foram utilizados na sala de aula.

A elaboração e organização das atividades seguiram a dinâmica dos três momentos pedagógicos e podem ser divididas em:

Quantidade de aulas	Momentos:	Objetivos:
01	Problematização Inicial	A primeira atividade tem como objetivo fazer um levantamento das ideias dos alunos sobre o tema aquecimento global, buscando diferenciar, nas falas deles, as possíveis causas, consequências ou de relações que aparentemente não estão relacionadas com o Aquecimento Global.
05	Organização do conhecimento - Dimensão Conceitual	<p>Nesta etapa, será realizada uma atividade experimental e as contribuições da Física para compreender o tema.</p> <p>Após a problematização é proposto uma atividade experimental cujo objetivo é medir a temperatura do local onde vivem os alunos com auxílio de termômetros. Essa medição acontece uma vez ao dia durante 10 dias. Após as medições, os alunos construirão um gráfico para análise e discussão dos resultados que será feito na última aula deste bloco.</p> <p>A terceira atividade introduz a questão conceitual da Física definindo os elementos necessários para se entender a temática como, por exemplo, o que é calor, temperatura, fluxo de energia, portanto, a ideia é olharmos o aquecimento Global na</p>

		<p>perspectiva da Física.</p> <p>Destaca-se que a introdução da 3ª atividade não será feita de maneira tradicional, mas sim por uma situação problema que são próximos do cotidiano do aluno. Um exemplo disso é que em vez de tratarmos do fluxo de energia do Planeta Terra, traremos inicialmente da discussão do fluxo de energia dentro de um copo com água. Portanto, tivemos o cuidado de sempre partir de uma situação local e depois generalizar para uma situação mais global.</p> <p>Nesta última aula analisaremos os dados coletados na segunda atividade.</p>
01	Organização do Conhecimento - Dimensão Temática	<p>A quarta atividade faz uma dinâmica muito interessante porque a sala de aula é dividida em quatro grupos e cada um deles precisam defender, por meio de debates, pontos de vista dos cientistas céticos e ortodoxos, dos setores governamentais e da sociedade.</p> <p>Ao terminar a quarta atividade, os alunos farão uma avaliação em que eles devem se posicionar frente às argumentações apresentadas. Nesta altura espera-se que o aluno seja capaz de defender seus pontos de vista.</p>
01	Aplicação do Conhecimento.	<p>Por último, espera-se que os alunos tenham conhecimento das diversas perspectivas que envolvem o tema e concluindo o quanto é muito difícil afirmar, de fato, se a Terra está realmente aquecendo e, principalmente, se os seres humanos têm influência nisso. Porém a degradação do planeta causado pelo homem é algo real, nesse</p>

		sentido, a quinta e última atividade busca refletir sobre algumas ações que podem contribuir para uma mudança de postura dos cidadãos frente ao meio ambiente, discutindo a importância ‘do ser’ em prol ‘do ter’
--	--	---

Quadro 05 : Estrutura geral da Proposta de Aulas

Chamo a atenção que a organização do conhecimento evidenciado na tabela acima é dividida em duas dimensões: A perspectiva conceitual e temática do aquecimento global, mas iremos aprofundar essas duas dimensões no capítulo 5.

3.5 Terceira etapa do projeto: Aplicação da proposta na escola

Embora a aplicação das atividades nas escolas não seja explorada neste trabalho, é importante destacar que ela foi aplicada em três escolas públicas com duração aproximada de 1 bimestre.

Os professores que participaram do grupo de pesquisa foram quem implementaram as atividades. Deste modo, a própria construção das atividades propiciou diversos objetivos, dentre eles, a formação conceitual¹¹ e temática¹² dos professores e a incorporação dos elementos freireanos discutidos ao longo das reuniões.

Após a implementação em sala de aula, o grupo de pesquisa se reuniu algumas vezes para discutir como se estabeleceram as atividades em sala de aula, se os objetivos da proposta foram, de fato, cumpridos. Talvez uma próxima etapa seja reorganizar ou fazer intervenções pontuais de eventuais falhas buscando as melhorias do material e que não foram detectados no processo de construção.

A seguir serão apresentados os três professores que aplicaram as atividades nas suas escolas com exceção da Professora Giselle Watanabe e dos demais membros do grupo destacados por que seus currículos e experiência no ensino de Ciência já estão amplamente divulgados no currículo Lattes ou já são reconhecidos pela comunidade científica.

¹¹ Física do aquecimento Global

¹² Referenciais de Freire e Garcia

3.5.1 Apresentação dos professores:

Leandro dos Reis Oliveira: Sou Licenciado em Ciências exatas e professor de Física da EE Vicente Leporace a 5 anos. A escola urbana se situa no distrito Jardim Ângela na zona sul na cidade de São Paulo. A rua é bem calma e o entorno do bairro apresenta uma grande movimentação contando com boa infraestrutura como supermercado Terminal de ônibus, posto de saúde próximos. Entretanto a região tem assaltos frequentes a noite, principalmente roubo a celulares. Os alunos são, em sua maioria, de classe média baixa.

A escola apresenta poucos sinais de vandalismos como pichações, quebras de cadeiras e carteiras e ventiladores, entretanto não tem uma manutenção preventiva regular porque quando chove, os corredores, o pátio e algumas salas de aula infiltram água dificultando a passagem dos alunos.

As salas de aula são tradicionais em sua configuração visto que as carteiras onde os alunos sentam são enfileiradas e o recurso de trabalhos utilizados pelos professores são giz e lousa. Apesar disso a escola tem duas salas e um anfiteatro com datashow e computadores para apresentação de vídeos ou apresentações de modo geral.

No ano de 2015 contou-se com treze turmas com média de 35 alunos por sala, a maioria no período noturno e estão divididas em:

Series:	Turmas:
1o Anos	Um EJA e 3 regulares
2o Anos	Um EJA e 2 regulares
3o Anos	Um EJA e 5 regulares

Quadro 06: Turmas no ano de 2015

Como professor de escola pública contribuí para a construção das aulas sobre aquecimento global pensando principalmente nas dificuldades que os alunos têm com a matemática e no entendimento e interpretação dos fenômenos físicos.

Mesmo com essas dificuldades em momento algum pensei em propor uma atividade superficial, simplista, que evitasse discussões ou que pudessem gerar confusão ou dúvida dos alunos.

A proposta que defendi estava no sentido de propor atividades que tratariam do tema de forma ampla e abarcasse os conteúdos que achávamos importantes,

independente da dificuldade apresentada, mas obviamente fazendo uma transposição didática levando em consideração a minha experiência docente.

Por fim sou um professor que se preocupa com os processos de ensino aprendizagem dos alunos, proponho, quando possível, atividades experimentais, textos que tratam da história da ciência, faço parceria com os professores de matemática para me auxiliar em algumas operações que os alunos tem dificuldades.

Mesmo com toda a vontade de ser um professor que se preocupa com o processo de ensino-aprendizagem, sabemos que a realidade das escolas públicas estaduais apresentam dificuldades estruturais e sociais, de modo que me esforço em ser um profissional competente, mas dentro das minhas disponibilidades de trabalho.

Fabiana Alves dos Santos: É Licenciada em Física e professora da Escola Estadual Araci Zebral Teixeira a 5 anos. A escola, segundo a professora, situa-se no bairro de Guaianases, zona leste de São Paulo. As ruas e o entorno da escola apresentam características comuns aos bairros periféricos, nos quais há uma infraestrutura comercial mediana e pouco investimento em cultura, lazer e saúde. A região ainda possui um elevado índice de furtos e roubos, em especial nos horários de entrada e saída dos alunos, o que faz com que alunos e professores tornem-se as principais vítimas, em especial no que diz respeito a roubos de carros e celulares. Os alunos são, em sua maioria, de classe média baixa.

A escola apresenta grandes sinais de vandalismo e depredações feitas pelos alunos como pichações, quebras de carteiras, cadeiras, ventiladores, lâmpadas etc. Além disso, por se tratar de um prédio antigo e por não receber manutenções frequentes ou preventiva, a escola apresenta problemas em sua estrutura física como infiltrações, problemas de saneamento e presença de insetos.

As salas de aula possuem a capacidade para comportar 40 alunos em média e apresentam uma configuração tradicional com as carteiras organizadas em fileiras e uma grande lousa. Algumas salas ainda possuem quadro de recados e ventiladores. Além desses ambientes didáticos a escola possui uma sala de leitura, uma sala multimídia com datashow e uma quadra para atividades esportivas.

No ano de 2014 a professora Fabiana lecionou para cinco turmas com 35 alunos em média por sala no período matutino. Todas as turmas eram do 2º ano do ensino médio regular (ano de aplicação da pesquisa do mestrado).

Atualmente no ano de 2016 ela leciona aulas de física e química para 14 turmas do ensino médio regular as quais apresentam a seguinte divisão:

Turma / período	Disciplina
Três 3º anos do ensino médio / matutino	Física e química
Quatro 3º anos do ensino médio / noturno	Física
Um 2º ano do ensino médio / matutino	Química
Três 2º anos do ensino médio / noturno	Física

Quadro 07: Turmas no ano de 2016

Como professora de escola pública ela busca contribuir para uma educação crítica e reflexiva. Uma das maneiras de atingir esse objetivo é trabalhar com temas que permitam enfatizar a ideia de construção do conhecimento científico ao longo da história, apresentando aos alunos que todo o conhecimento é uma construção humana e que por isso pode sofrer influências da sociedade no qual está inserido. Para isso a professora busca apresentar nas aulas que o conhecimento científico, principalmente quando trata de temas complexos, pode ser questionado e reformulado, como no caso do aquecimento global, para tanto, ela procura levar para a sala de aula a leituras de artigos científicos, reportagens e experimentos que permitam e fomentem diálogos, debates e análises das diferentes teorias científicas que buscam responder às mesmas questões.

No entanto, diante do contexto escolar do qual a professora Fabiana faz parte, a principal dificuldade encontrada para atingir o objetivo descrito acima é a de falta de recursos e materiais didáticos para a elaboração das aulas, em especial as experimentais. Além disso, alguns alunos possuem sérias dificuldades de leitura e interpretação de textos o que muitas vezes acaba por gerar a falta de interesses nesses alunos. Como forma de superar esse desafio normalmente ela propõe atividades em que os alunos trabalhem em grupo no qual possam se ajudar mutuamente e utilizar coletivamente os materiais didáticos.

Mesmo diante das dificuldades presentes no contexto de uma escola pública, a proposta que a Fabiana defender baseia-se em atividades que permitam tanto o aprendizado dos conteúdos de física próprios de cada ano escolar, como também uma educação que prepare o aluno para enfrentar de forma crítica e reflexiva os problemas presentes em seu cotidiano.

Fernanda Rocha Carvalho: Graduou-se no IFSP (instituto Federal de São Paulo campus São Paulo) entre 2008 e 2012 no curso de Licenciatura em Física e faz, atualmente, Mestrado em Ensino de Ciências na UFABC.

Também é Professora de Física para as turmas de 1º, 2º e 3º anos do ensino médio (única professora de Física da escola).

Leciona na escola estadual Martha Figueira Netto (DE centro sul) localizada no bairro da Água Funda na zona sul da cidade de São Paulo. A escola oferece um ensino para os níveis Fundamentais, no período da tarde com aproximadamente 300 alunos e ensino médio, no período da manhã com aproximadamente 250 alunos.

Referindo-se a estrutura física da escola, pode-se determinar como um ambiente de pequeno porte, pois possui apenas 10 salas de aula.

Observa-se que os professores aplicadores são de escolas públicas localizadas nas periferias da zona sul e leste de São Paulo. Pelo relato dos professores, pode-se perceber que mesmo com as dificuldades de falta de materiais e recursos, eles buscam promover um ensino que visa preparar os alunos para os problemas da sociedade.

Em síntese, considera-se importante os relatos desses professores porque eles nos ajudam a entender o contexto escolar que as atividades elaboradas pelo grupo de pesquisa foram implementadas em sala de aula.

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA: UMA REVISÃO

Neste capítulo analisaremos os trabalhos que discutem a Educação Ambiental (EA) crítica, buscando compreender de que forma essa discussão é tratada em sala de aula, na formação inicial e continuada dos professores e que estejam atrelados as transformações sociais, de pensamentos ou de atitudes sobre o meio ambiente. Conforme apontado anteriormente, uma das primeiras atividades realizada pelo grupo GrEEC foi a de realizar revisões semelhantes a estas. Assim, consideramos importante que parte desta revisões fossem apresentadas no corpo da dissertação.

As categorias que estruturaram esta revisão bibliográfica são:

- EA na sala de aula;
- Formação inicial e continuada dos professores;
- Trabalhos que contemplam a perspectiva Freireana;
- Trabalhos sobre Aquecimento Global que estão relacionadas diretamente com esta dissertação.

Explicando um pouco mais sobre essas categorias, consideramos que a EA na sala de aula se aproxima da finalidade deste projeto visto que o mesmo foi construído e aplicado no ensino público partindo dessa premissa.

Portanto, é fundamental fazer um levantamento dos trabalhos que foram aplicados em sala de aula com orientações/sugestões de como desenvolver projetos da EA. Assim temos uma visão ampla daquilo que foi desenvolvido nas publicações em função do desenvolvimento do nosso material.

A segunda categoria vincula-se com o papel formativo que as reuniões propiciavam, isto é, as reuniões não tinham somente o objetivo de produzir as atividades. As reuniões também ajudavam o grupo na formação dos conceitos da Física sobre o aquecimento global e na incorporação os referenciais, entre outros, da perspectiva freireana.

Além disso, grande parte dos participantes do GrEEC já tinha feito disciplinas específicas na graduação sobre a EA nos seus cursos de licenciatura. Assim, considerou-se importante explicitar essa questão tanto para verificar se os professores saem preparados para implementar propostas pedagógicas sobre a EA quanto as dificuldades enfrentadas por eles nesse processo.

Coloco também uma questão pessoal, visto que na minha graduação não tive disciplinas sobre EA na minha grade curricular e quando comecei a participar do grupo de pesquisa senti, inicialmente, uma grande dificuldade em desenvolver as propostas em sala de aula ao passo que os outros colegas já perpassavam com maior facilidade pelos assuntos que emergiram nos encontros.

As duas últimas categorias são importantes porque estamos interessados em saber os tipos de trabalhos publicados nesta perspectiva e por fim como se apresentam os trabalhos sobre o aquecimento global.

As respostas que buscamos nessa pesquisa não têm o objetivo principal de fazer apresentações estatísticas sobre as revisões, mas sim explorar como se têm manifestados os trabalhos referentes a EA crítica na Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental (REMEA).

Entende-se que esta revisão se faz necessária por que, com ela, conseguiremos verificar qual a dinâmica dos trabalhos que estão sendo levados às salas de aula e, sobretudo, caracterizar a forma com que os professores lidam com a EA nas suas disciplinas.

O levantamento bibliográfico teve como base a Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental (REMEA) dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012.

Escolhemos essa revista por entender que ela traz trabalhos consolidados das discussões em eventos, encontros ou em dissertações de mestrado, portanto são pesquisas mais completas e não análises parciais como, geralmente, são encontrados nos congressos de Ensino.

Outro ponto que chama atenção nesta revista é que ela tem, entre outros aspectos, o objetivo de analisar criticamente o atual cenário das questões socio-ambientais a partir de trabalhos científicos sobre a Educação Ambiental.

Por último, a Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental não trata exclusivamente de trabalhos no ensino de ciências, mas também de outras comunidades como, por exemplo, escolas, indústrias e hospitais. Acreditamos que isso seja bastante positivo por que conseguimos ter uma visão dos artigos publicados pelos diversos setores daqueles anos e sua relevância, portanto não tivemos a intenção de analisar artigos diretamente relacionados ao Ensino de Ciências, mas sim tentar formular um panorama geral na busca de uma EA transformadora.

A partir disso, foram identificados 24 artigos que estão divididos entre os anos de 2009 a 2012 como mostrado no gráfico a seguir:

Gráfico 1: Distribuição de artigos por ano

Nesse período, o número de publicações do REMEA variou bastante e foram distribuídos em dois volumes¹³ que contabilizaram 69 artigos no ano de 2009, 85 artigos no ano de 2010, 53 artigos no ano de 2011 e 60 artigos no ano de 2012.

Se pegarmos os artigos analisados e a quantidade de publicações feitas pelo REMEA, conclui-se que existem muito pouco material que insere a ou discute a EA crítica nas salas de aula ou nos cursos de formação Inicial ou continuada.

O quadro a seguir evidencia a frequência com que os temas aparecem na primeira coluna.

Educação Ambiental Crítica:	Frequência dos temas da primeira coluna (2009 a 2012)
Na formação inicial de professores	4
Na formação continuada dos professores	5
EA nas escolas	13
Sobre o aquecimento Global	3
Na perspectiva Freireana	5

¹³ No ano de 2010 houve a publicação de um volume especial contabilizado 3 volumes.

Na questão do consumo	9
-----------------------	---

Quadro 08: Frequencia dos temas na primeira coluna

Observa-se que as palavras chaves identificadas na primeira coluna podem aparecer mais de uma vez num único artigo, por exemplo, encontrou-se um artigo que construiu uma sequência didática para tratar o aquecimento global na escola sobre o consumismo. Portanto, os temas apresentados podem se entrelaçar entre si somando, no total, 24 artigos como apresentados na tabela abaixo:

Nome dos Artigos:	Autores:	Categorias:
Uma análise sobre a importância de trabalhar educação ambiental nas escolas.	Kaliane Roberta dos Santos Narcizo	EA na Escola.
A “água” como tema ambiental no ensino de química: o que pensam os pesquisadores.	Daniele Torralbo, Maria Eunice Ribeiro Marcondes	Formação Continuada.
Processo grupal, pesquisa-ação-participativa e educação ambiental: Uma parceria que deu certo.	Cristine Gerhardt Rheinheimer, Teresinha Guerra	Formação Continuada.
Educação ambiental em uma escola de formação inicial de nível médio: Estratégias e desafios do processo de sensibilização.	Luciene gonçalves rosa, Monica Maria Pereira da Silva, Valderi Duarte Leite	Formação Continuada.
A educação ambiental nos projetos político pedagógicos das escolas municipais de ensino fundamental da cidade de Araraquara/SP.	Alexandre Harlei Ferrari Maria Cristina de Senzi Zancul	EA na Escola.

Escolas sustentáveis: Incubadoras de transformações nas comunidades.	Rachel Trajber e Michèle Sato	Formação Inicial; Aquecimento Global.
Mudanças climáticas, mudanças globais: Desafios para a educação.	Antonio Fernando S. Guerra, Pedro Jacobi, Samia Nascimento Sulaiman, Tiago Nepomuceno	Aquecimento Global; Consumismo.
Discutindo a formação em educação ambiental na Universidade: O debate e a reflexão continuam.	Fátima Elizabeti Marcomin	Formação inicial;
As pegadas da (auto)formação: um caminho de formação continuada na educação ambiental.	Cleiva Aguiar Lima, Claudia da Silva Cousin, Maria do Carmo Galiuzzi.	Formação Continuada.
Educação ambiental crítica: A questão ambiental entre os conceitos de cultura e trabalho.	Alexandre Maia do Bomfim, Fernanda Delvalhas Piccolo	EA na Escola; Consumismo.
Aquecimento global: uma visão ética e educacional na ação cidadã.	Celeste Dias Amorim, Elenice Almeida Carregosa Fernando de Azevedo Alves Brito Marília Flores	EA na Escola; Consumismo; Aquecimento Global.

	Seixas de Oliveira	
Sequência didática para inserção da educação ambiental nas séries iniciais: Relato de uma experiência em sala de aula.	Simone do Valle Leone Peinado Maria Celina Piazza Recena	EA na Escola.
Coexistência de diferentes tendências em análises de concepções de educação ambiental.	Valéria Ghislotti Mayla Willik Natália Salan Amadeu José Montagnini Haydée Torres de Oliveira	EA na Escola (livro didático).
Pesquisa-ação e contexto escolar: Oficinas de educomunicação Socioambiental em bacia hidrográfica.	Vivian Battaini Laura Alves Martirani, L	EA na Escola.
Construindo alternativas à crise socioambiental contemporânea: Educação ambiental crítica, transformadora e emancipatória e história oral.	Maicon Dourado Bravo	EA na Escola; Consumismo.
Ambiente e vida - o ser humano nesse contexto: Uma estratégia de ensino transformadora do currículo escolar	Eva Teresinha de Oliveira Boff, Pauline Brendler Goettems, José Cláudio Del Pino	EA na Escola; Consumismo.

Educadores ambientais críticos: Na disputa de sentidos, a superação.	Jéssica do Nascimento Rodrigues Patrícia de Oliveira Plácido	EA na Escola.
A Educação Ambiental a partir de um olhar Freiriano.	Elisangela Castedo Maria Angela Maria Zanon	Perspectiva Freireana; Consumismo.
Atributos da Educação Ambiental escolar no contexto educacional brasileiro: Do movimento ambientalista internacional ao nacional.	Juliana Rezende Torres Sylvia Regina Pedro-sa Maestrelli	EA na Escola; Perspectiva Freireana.
Meio Ambiente no Ensino de ciências: análise de livros didáticos para os anos finais do ensino fundamental.	Miriam Suleiman, Maria Cristina de Senzi Zancul	EA na Escola (Livro didático); Consumismo.
Uma abordagem exploratória ao conteúdo epistemológico das diretrizes curriculares nacionais para educação ambiental.	Ricardo Gauterio Cruz Rossane Vinhas Bigliardi	EA na Escola; Perspectiva Freireana.
Projetos de pesquisa como princípio educativo com vista à alfabetização científica e tecnológica para a educação ambiental .	Reginaldo dos Santos ¹ Rita de Cássia Frenedozo	EA na Escola; Consumismo.
Ações pedagógicas no ensino de Física com foco na Educação Ambiental.	Rosangela Ines Matos Uhmman ¹	EA na Escola.

	Lenir Basso Zanon	
Diálogos da extensão universitária: desafios e potencialidades nas práticas ambientais escolares do município de Lavras/MG.	Inês Caroline de Lima Rebeca Cássia Vitor Barrile Viviane Helena Rafael Cuissi Brígida Souza	Formação Inicial; Perspectiva Freireana.

Quadro 09: Artigos da revisão bibliográfica

As diferentes cores apresentados nos quadros acima se referem ao ano que os artigos foram publicados:

2009
2010
2011
2012

Quadro 10: Anos dos artigos pesquisados

4.1 COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE OS ARTIGOS

Serão feitos alguns comentários a respeito desses artigos sem dar muita ênfase aos aspectos individuais de cada um, ou seja, apresentaremos, de forma geral, os conteúdos discutidos por eles obedecendo aos critérios de seleção voltados a formação inicial e continuada dos professores, as escolas, ao Aquecimento Global, a Perspectiva Freireana e ao consumo.

Na formação inicial são feitas críticas sobre os projetos pedagógicos dos cursos de graduação, pós-graduação ou de formação continuada, evidenciando se os professores saem preparados desses cursos para inserir as questões ambientais nas suas aulas. Verifica-se, de forma geral, que os professores concluem suas licenciaturas com discursos sobre o meio ambiente com conotação conservadora e apresentam muitas dificuldades em tratar a Educação Ambiental de forma crítica e transformadora.

Já a formação continuada é promovida por pesquisadores (principalmente mestrands e doutorandos) interessados em desenvolver projetos de EA nas escolas, para isso propõem cursos aos professores. Esses cursos apresentam diferentes objetivos que vão desde a sensibilização desses professores com relação à importância de discutir a EA nas aulas até a análise das mudanças de concepções dos professores a partir das discussões apresentados nos cursos.

Observou-se cursos da modalidade semipresencial que propõem debater o consumo e as práticas sustentáveis na nossa sociedade tendo em vista três eixos de discussão: o professor, o aluno e a comunidade.

Nas escolas a Educação Ambiental é, na sua maioria, promovida pelos professores de forma pontual, isto é, ações de curta duração em que são dedicadas algumas aulas para o desenvolvimento do projeto. Pouquíssimos artigos apresentaram escolas que tem, no seu plano pedagógico, projetos ou oficinas sobre EA.

Quanto à forma de inserção da EA nas escolas é possível encontrar basicamente dois tipos: Aquele conservador que trata de conscientizar e sensibilizar, mas que não busca a mudança de comportamento e atitudes e/ou não insere o ser humano como parte dos problemas ambientais.

Ou aquele transformador que busca a transformação da sociedade, principalmente, a mudança dos padrões de consumo além de inserir o aluno a natureza e que o faça, também, ser responsável por ela.

Alguns elementos são levados em consideração ao tratar da questão ambiental, uma delas é problematizar o contexto que o sujeito vive, suas relações de trabalho, bem como a distinção entre classes sociais.

Destaca-se também as dificuldades desses professores em implementar trabalhos nas escolas, principalmente, a ausência de materiais ou formação específica em EA. Por

outro lado, verificou-se uma tendência de projetos interdisciplinares em detrimento a discussão da EA numa disciplina específica

A temática do Aquecimento Global apareceu em três artigos no período analisado. O primeiro deles afirma que o Aquecimento Global deve ser levado para sala de aula para discutir o consumismo provocado pelo sistema capitalista. Neste cenário busca-se a reflexão e a transformação do comportamento das pessoas para um estilo de vida sustentável, ou melhor, que haja mudança da visão antropocêntrica para a ecocêntrica.

O segundo deles relata a realização de uma amostra cultural sobre o aquecimento global desenvolvida ao longo do ano letivo de uma escola que teve o objetivo de apresentar suas causas, quais as responsabilidades das pessoas e o que é possível fazer para impedir isso.

O terceiro apresenta um relatório, com a colaboração de diversos países, para saber como estão e quais são as discussões sobre as mudanças climáticas e as dificuldades de implementá-las em sala de aula.

Diagnosticou-se que é preciso expandir as ações educativas, ampliar e disseminar materiais didáticos adequados e melhorar a qualificação profissional inicial e continuada dos professores.

Por fim o terceiro artigo faz um panorama sobre as mudanças climáticas que estão se intensificando nestes últimos séculos, principalmente por causa da ação humana com as emissões do gás do efeito estufa e nos alerta que não podemos deixar "para depois" precisamos agir agora se quisermos ainda recuperar o planeta.

Os trabalhos que tratam da perspectiva freireana utilizam a ideia dos temas geradores para desenvolver projetos pedagógicos nas escolas, embora o processo de investigação temática seja uma adequação daquilo que foi proposto por Freire.

Outra linha de pesquisa que se destaca bastante é a educação problematizadora, que considera a realidade dos alunos um elemento fundamental para a reflexão e a ação dos estudantes no sentido de que, a partir da conscientização, tenham a capacidade de compreender, agir, ler, interpretar e mudar a forma de ser e transformar o mundo.

Analisa-se também as diretrizes curriculares sobre a EA ressaltando o papel do diálogo como subsidio metodológico para discutir a neutralidade do currículo que, na

verdade não existe, pois o mesmo está sempre condicionado a uma visão política e voltado a um grupo social específico.

Um último item que precisa ser mencionado são os trabalhos que abordam o consumismo visto que muitos autores colocam como marco inicial dessa questão a 1ª revolução industrial quando se inicia a exploração dos recursos naturais de forma insustentável, isto é, que na natureza não consegue decompor aquilo que foi gerado, tão pouco recompor, na mesma velocidade, aquilo que é extraído.

Não há um consenso de como tratar esse assunto em sala de aula, mas, nos artigos selecionados, é possível dividi-los em dois eixos principais: O primeiro deles se refere a trabalhos cujo objetivo é promover uma reflexão sobre o consumismo e algumas iniciativas que as pessoas podem fazer como reuso dos materiais, reciclagem e consumo consciente.

Já outros trabalhos fazem uma crítica ao sistema capitalista no sentido de que esse sistema favorece ao consumo desenfreado e que também oculta as consequências que esse estilo de vida acarreta a natureza.

Algumas das discussões sobre o consumismo foram encontradas em artigos que analisaram livros didáticos, projeto pedagógico da escola ou do professor, em diretrizes curriculares, em sequências didáticas em que todos esses trabalhos buscavam práticas educativas que culminassem na transformação social.

Tendo em vista o panorama aqui apresentado é possível destacar alguns pontos:

O primeiro é que no universo de 24 artigos temos a recorrência em 3 deles sobre o Aquecimento Global e 9 deles sobre a questão do consumo. Isso demonstra que naquele período tendo como base o REMEA como parâmetro não houve muitas publicações sobre o tema aquecimento global, embora questões sobre o consumo fossem recorrentes nos trabalhos.

Mesmo dando ênfase aos trabalhos ligados a educação ambiental crítica, nos deparamos com diversas publicações que assumiam diversos posicionamentos pedagógicos. Muitos buscavam a sensibilização/reflexão sobre os problemas ambientais. Poucos objetivavam ações para modificar esse quadro demonstrando que muitos professores por ter uma visão conservadora, ou pela falta de formação ou por estarem atrelados aos projetos da escola, acabaram levando para a sala de aula propostas Ambientais sem vínculos com as demandas econômicas, sociais ou políticas.

Essas conclusões reforçam ainda mais a necessidade de uma educação ambiental crítica e transformadora nas escolas e acredito que a proposta de aulas criada pelo grupo de pesquisa pode contribuir para tais finalidades embora a sequencia de aulas seja uma proposta pontual.

5. ANÁLISE DOS DADOS

Para esta análise, utilizamos a metodologia da pesquisa de natureza qualitativa. Com relação a minha participação na pesquisa na elaboração das aulas sobre o aquecimento global, Buford Junker (1971) revela que observar e participar de uma investigação configura-se em uma metodologia denominada “Observador como participante”. Ressalta-se ainda que, nesse método, os objetivos do projeto são divulgados e o investigador tem acesso a uma gama variada de informações, até mesmo confidenciais.

Para Demo (*apud* Strider, 2008) a pesquisa participante (PP) é aquela em que se busca, ao mesmo tempo, produzir conhecimento e participação, apostando no conhecimento como instrumento essencial de mudanças. Dessa forma, uma característica marcante de trabalhos que utilizam a PP é a busca pelo envolvimento ativo de todos os participantes da pesquisa.

Ainda assim, Pacca e Villani (2001) afirmam que a diferença entre uma pesquisa bem sucedida de uma trivial não é o grau de interferência que o pesquisador tem, mas quanto essa interferência atinge e revela o desconhecido.

Apesar de utilizar as gravações para detectar as opções pedagógicas que os professores incorporaram na sequência de aulas, as observações realizadas na pesquisa seguem as sugestões de Bogdan e Biklen (1982) que são divididas em duas partes: a primeira descritiva e a segunda mais reflexiva.

A parte descritiva compreende um registro mais detalhado do que ocorreu ao longo das reuniões. A parte reflexiva das anotações inclui as observações pessoais do pesquisador, feitas durante fase de coleta que envolve a parte emocional, as dificuldades, concepções, assim como impressões, pré-concepções, dúvidas incertezas, surpresas e decepções.

A totalidade deste material está sendo utilizada para análise dos resultados e possibilitou detectar algumas respostas da pergunta inicial deste trabalho e será defendida na dissertação do mestrado.

Como dito, o grupo se encontrava periodicamente para pesquisar, propor ideias, debatê-las e estruturar as atividades, mas as nossas discussões não ficavam restritas

apenas em encontrar os melhores meios ou materiais para serem levados e executados às salas, era mais que isso.

Tínhamos também a preocupação com o tipo de aluno que gostaríamos de formar, pois, como já evidenciado, na nossa investigação verificamos que o aluno tem um olhar ingênuo sobre a questão ambiental e um posicionamento cômodo sobre os problemas que se estabelece.

Propusemos atividades que incitassem discussões, nas quais os alunos tivessem espaço para apresentar seus pontos de vista, ampliando seus conhecimentos com embasamentos científicos, político, social e econômico, de modo que, mesmo de forma pontual, os alunos conseguissem se posicionar criticamente sobre o tema.

Ressalta-se novamente que o grupo teve vários momentos de estudos. Alguns deles uniformizamos os saberes sobre os referenciais utilizados e a Física do Aquecimento Global, visto que alguns integrantes do grupo não tinham conhecimentos sobre os conteúdos específicos relacionados ao tema.

Alguns momentos estudamos, por exemplo, artigos do Demétrio, Angotti e Pernambuco sobre abordagem temática no ensino de Ciências e como seria a dinâmica das aulas no contexto escolar a partir dos três momentos pedagógicos. Em outros estudamos assuntos relacionados à Física do Aquecimento Global, necessários para a estrutura do material como, por exemplo, alguns capítulos do livro do R. Serway e John Jewett e o roteiro de *Física do Meio Ambiente* da professora Maria Regina Kawamura. Esta docente ministrou durante muitos anos um curso no Instituto de Física sobre esta temática, consolidando um material de referência sobre isso.

A caracterização colocada acima é importante para evidenciar o processo de formação que o grupo passou, que foi além de uma simples troca de ideias ou de experiências sobre a sala de aula.

Deste modo, acreditamos que a formação e o amadurecimento dos integrantes enquanto grupo de pesquisa provocou um processo de mudanças de perspectivas dos mesmos para construir uma proposta de aulas com enfoque temático.

Ressalta-se que o grupo não construiu todas as atividades de forma linear, ou melhor, não houve a estruturação da primeira atividade, para depois pensarmos na segunda e assim por diante. As reuniões eram dinâmicas, por exemplo, em uma mesma reunião discutíamos a primeira atividade e fazíamos encaminhamentos para as outras.

Para facilitar o entendimento, farei uma divisão da análise dos resultados seguindo a estrutura dos três momentos pedagógicos, isto é, dividirei os resultados em três blocos. O primeiro deles discutirá a Problemática Inicial, os outros referentes a Organização e Aplicação dos Conhecimentos estarão nos blocos dois e três respectivamente. Como apontado no capítulo 3 desta dissertação, as atividades da proposta de aulas refletem os 3MP. Assim, optamos em realizar a análise a partir de como cada um destes momentos foi construído.

5.1. BLOCO I: ESTRUTURANDO A PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

A primeira reunião que teve o objetivo de elaborar a proposta de aula sobre o Aquecimento Global aconteceu no dia 14 de agosto de 2013. Nesta reunião, participaram cinco professores. Naquele dia, durante as discussões, observou-se as dificuldades encontradas pelo grupo em iniciar a primeira aula: A problematização inicial.

O objetivo dela, como já discutido, é de problematizar e questionar os conhecimentos dos alunos sobre o aquecimento global, que é uma característica da abordagem temática.

Assim, a professora P1 propôs uma dinâmica de levantar as ideias dos professores sobre assuntos que têm relações com o aquecimento global, com o objetivo de simular uma possibilidade de realização em sala de aula.

As ideias levantadas pelos professores foram: Derretimento das geleiras, Aumento da Temperatura, Agravamento do Efeito Estufa, Poluição (ar), Veículos (gases), Rio + 20, Eco 92, Protocolo de Kyoto, Destruição do planeta, Camada de ozônio, Tsunami.

Após isso, na próxima etapa, com objetivo de promover uma discussão sobre as ideias apresentadas, a professora P1 decidiu, como estratégia, perguntar aos professores quais situações se referem a causas ou consequências do aquecimento global ou se todas elas têm relação com o tema.

Para respondê-las, os professores organizaram suas respostas da seguinte forma:

Causas:	Consequências:	Outras relações:
Veículos (gases)	Derretimento das geleiras	Tsunami,
Poluição (ar)	Aumento da temperatura	Buraco na camada
	Agravamento do efeito estufa	de ozônio
	Destruição do planeta	

Quadro 11: Organização das respostas dos professores

A proposta sugerida por P1 foi interessante e mostrou que o grupo tinha dificuldades em determinar o que seria causa ou consequências do Aquecimento Global. Por exemplo, na tabela acima encontramos o *agravamento do efeito estufa*. Durante as discussões, alguns professores acreditaram que seria causa, outros consequências, só depois de muito debate e pesquisa, concluímos que o local mais adequado para esse item seria na coluna de Consequências.

A importância de classificar as ideias do grupo de pesquisa, segundo a professora P1 é:

"Definir quais são os parâmetros de causas e consequências fundamentais para a apresentação do tema em sala de aula, talvez esse seja o primeiro contato que o aluno tenha sobre o tema buscando identificar o que eles sabem o que eles entendem sobre o aquecimento, isto é, chamar do outro (aluno) para o debate".

O grupo acreditou que as dificuldades de organizar as ideias dos alunos em causas e consequências também aconteceria nas escolas de modo a possibilitar a participação, o diálogo e, principalmente, os alunos perceberem que seus conhecimentos não são suficientes para compreender a temática apresentada. Desta forma, mesmo que em pequena escala os alunos iriam transformando a problemática em si para uma problemática para si.

Já vimos que a problematização não pode ser um problema em si, porque desta forma o educando não se apropria, não traz para si, isto é, não enxerga naquela situação um problema, portanto a problematização deve ser um problema para si.

Na mesma linha de raciocínio a proposta apresentada pela professora P1, também se aproxima da problematização defendida por Demétrio Delizoicov, que afirma que:

"Um processo pelo qual o professor, ao mesmo tempo que apreende o conhecimento prévio dos alunos, promove a sua discussão em sala de aula, com a finalidade de localizar as possíveis contradições e limitações dos conhecimentos que vão sendo explicitados pelos estudantes, ou seja, questiona-os também. Se, de um lado, o professor procura as possíveis inconsistências internas aos conhecimentos emanados das distintas falas dos alunos para problematizá-las, tem, por outro, como referência implícita, o problema que será formulado e explicitado para os alunos no momento oportuno e o conhecimento que deverá desenvolver como busca de respostas. A intenção é ir tornando significativo, para o aluno, o problema que oportunamente será formulado". (Delizoicov, 2001: 104).

A dinâmica proposta na reunião e que seria levada à sala de aula foi bem recebida pelo grupo, a professora P2 disse:

"Fazer o levantamento é importante porque seria uma maneira de chamar a atenção deles, para que eles se interessem pelo o tema. Teríamos que fazer uma pergunta que fizesse parte da vida deles, da vivência deles".

Entretanto houve outras sugestões para a primeira atividade, por exemplo, o professor P3, disse:

"Como são alunos do ensino médio, com uma média de 15 anos, pensei em perguntar se eles sentem que, ao longo desses anos, a Terra está mais quente".

A sugestão do professor P3 apesar de levar em consideração os saberes e a vivência dos alunos durante um período de tempo, não remete a uma problematização na perspectiva freireana porque ela se vinculada muito mais a uma vivência sensorial do que uma vivência social, algo caracteriza um problema nesta perspectiva.

Essa sugestão, inclusive, vai ao encontro do próprio tema, pois é razoável perguntar ao aluno se ele sente o aumento da temperatura, isto é, se ele sente uma variação de temperatura. Entretanto, analisando as atividades como um todo, a pergunta do professor P3 não exploraria ou faria menção as outras dimensões trabalhadas, por exemplo, os aspectos sociais, econômicos e políticos, se o questionamento do professor permanecesse, poderia restringir as discussões seguintes.

Talvez seja possível concluir que esse professor formulou a questão sob a ótica conceitual da Física ao vincular o aumento da temperatura com a variação de um termômetro que é uma grandeza Física.

No entanto os professores fizeram algumas ressalvas dizendo:

Professor P6:

"É preciso atenção para essa pergunta porque nas grandes cidades a temperatura média que é sentida pelas pessoas são maiores por causa das construções, falta de vegetação, então dependendo para qual escola se pergunta, é possível encontrar opiniões muito diferentes".

A professora P1 argumentou:

"A pergunta realizada pelo P3 pode ser dividida em duas partes, a primeira delas é a questão espacial onde se tem regiões mais quentes que outras e, nesse sentido, não tenho certeza que os alunos tem isso claro. A outra questão é a temporal porque será que conseguimos dizer se há 3 anos a Terra está mais quente ou mais frio? E quais seriam suas causas?

Para afirmarmos se a Terra está, de fato, aquecendo é preciso de mais tempo e medidas de temperatura precisas, por isso eu acho muito difícil fazer a pergunta. Eu não tenho a resposta clara para ela, talvez porque minha memória seja fraca.

Se a pergunta fosse mais ampla como "Será que a Terra está aquecendo? talvez trouxesse uma discussão, porque o aluno viu na mídia ou em outros meios"." (Grifo nosso)

A pergunta grifada acima levou o grupo a uma nova percepção do problema por considerar outros elementos que compõe a realidade do aluno. Deste modo, verifica-se um movimento interessante que, inicialmente, estava permeando uma abordagem conceitual relacionada à mudança de temperatura na escala termométrica para um problema que faça sentido ao aluno que considere suas relações sociais.

É importante destacar o parágrafo anterior porque, ao envolver outros elementos na pergunta, trouxemos um novo olhar que ainda não pode ser encarado como uma perspectiva freireana, mas já caminha para isso.

Por exemplo, quando a professora P1 formulou uma questão que relaciona os conhecimentos dos alunos com as informações reproduzidas pelos meios de comunicação, há uma preocupação, por parte dela, em debater aquilo que está sendo colocado para a sociedade e propor uma estratégia de problematização que os alunos reconheçam.

A preocupação do grupo de pesquisa em levar elementos que fazem parte da realidade social dos alunos fez com que o grupo atentasse para a dinâmica apresentada pela professora P1. Durante a reunião, levantou-se a hipótese de que os alunos poderiam ter dificuldades em apresentar situações ou fatos sobre o tema e isso acarretaria em uma discussão pobre, no sentido de não ter elementos suficientes para a problematização.

No intuito de solucionar essa possível dificuldade dos alunos, o grupo de professores debateu e surgiu, como estratégia, meios de problematizar o tema através de vídeos, textos e imagens, mas não houve consenso a priori visto que não estava claro que tipo de material seria aproveitado.

A Professora P1, pensou em:

"A gente poderia utilizar algumas imagens para nos auxiliar a responder a pergunta se a Terra está mesmo aquecendo, algo que poderia chocar, não sei o que vocês acham disso?"

Tem muito material divulgado pela mídia que poderíamos aproveitar, por exemplo, de um urso que está em cima de um bloquinho de gelo. De repente trazer um monte de imagens, acredito que não teríamos nenhum problema em levar esse tipo de material as escolas".

A seguir, são mostradas algumas imagens que compõe a primeira atividade.

Figura 01: Algumas imagens que compõem a primeira atividade

Levar imagens impactantes como um urso em cima de um bloquinho de gelo, retrata um problema, carrega uma denuncia, mas porque isso é importante?

Sabemos que na perspectiva freireana a problematização está vinculada às contradições sociais cujas causas não são fáceis de serem determinadas. Para Freire a problematização tem, por um lado, o objetivo de fazer os indivíduos reconhecerem essas contradições, transformando a visão ingênua deles para uma visão crítica, isto é, o indivíduo passa a conhecer/reconhecer as diversas faces daquele problema.

Posto isso, a ideia de apresentar figuras que chocam, que provoca o aluno, que o faz sentir-se desconfortável caminha na direção das ideias de Freire porque o problema Físico que é mudança de temperatura pode, com o uso das imagens, apresentar outras relações que não estavam aparentes, ou seja, a vida terrestre, a vida marinha podem ser afetadas, desta maneira o problema passa a ser interpretado também como um problema social.

Outro elemento que emergiu anteriormente e que podemos vinculá-lo novamente nessa discussão sobre o uso das imagens é a tentativa da problematização tornar-se um problema *em si* para um problema *para si*, pois, segundo o professor P3 disse:

"Eu acredito que a imagem atinge todos porque, pensando na minha sequencia da energia nuclear, quando se tem um conteúdo muito abstrato com as imagens e com os vídeos eu conseguia convidar mais alunos para a aula.

Quando os assuntos eram mais teórico que ficava mais no plano da discussão eu percebia que só os alunos que conheciam o assunto debatiam, os outros apenas concordavam.

Com as imagens é possível convidar também aqueles alunos tímidos a se expressarem nas discussões".

Ainda que o uso das imagens apresente vantagens para a primeira atividade, nem todos concordaram com a ideia, o professor P6 argumentou:

"Não estou convencido de que as imagens são bons recursos para iniciar a primeira atividade porque acredito que, pela minha experiência, os alunos precisam se expressar sem qualquer intervenção ou agente externo, porque me parece que estamos restringindo a reflexão dos alunos com o uso das imagens, pois se mostrarmos as imagens, corremos o risco dos alunos concordarem com aquilo que estamos mostrando".

Contra-argumentando, a professora P5 acredita que:

" Eu acho que seja com ou sem imagem, com ou sem texto, com ou sem vídeo com ou sem frase há sempre influências".

Há um reconhecimento de que as imagens ajudariam a denunciar um problema como apareceu na reunião anterior, mas agora questiona-se a validade delas, ou melhor, qual é o limite deste recurso? Ele é tendencioso?

Para tentar contornar o problema a professora P1propôs:

"E se mostrarmos uma imagem da Terra sem apresentar catástrofes? E aí perguntamos: A Terra está mesmo aquecendo? Os alunos começarão a levantar as ideias e eles verão a Terra como um sistema, com uma postura mais neutra e então podemos perguntar se a Terra está realmente aquecendo".

Em outro momento a P1 complementou:

"Eu pensei só nas imagens que mostram a Terra para os alunos terem a dimensão do tão grande ela é e já perceber que é difícil medir a sua temperatura.

Porque se a Terra esta aquecendo, então como podemos fazer essa medida para algo deste tamanho, para algo complexo e grande? O que vocês acham?"

Ao tentar resolver o impasse formulado pelo professor P6, a professora P1 propôs utilizar imagens neutras¹⁴ para não induzir os alunos a serem favoráveis ou contrários ao Aquecimento Global. Além disso, houve a preocupação de elaborar uma pergunta que servisse de link para a próxima atividade que é a medição da temperatura.

Entretanto a ideia de imagens neutras afasta-se de uma problematização de fato, porque apresentar a imagem da Terra "neutra" se descola do reconhecimento de uma contradição pelo fato da imagem não carregar um problema. Embora isso resolveria o dilema da atividade não ter característica tendenciosa e uma figura que se vincularia com a atividade seguinte, mas, ao mesmo tempo, pobre em termos de problematização.

Inclusive o professor P3 acredita:

Eu acredito que a imagem da Terra neutra não faz diferença neste tipo de pergunta.

Acho que no primeiro momento o aluno não teria o raciocínio de compreender que para calcular a temperatura média da Terra é preciso calcular a temperatura de regiões diferentes.

O argumento do professor P3 foi importante porque indiretamente ele disse que o uso da figura do planeta Terra não carrega uma denuncia, portanto o aluno não reconheceria naquela foto uma contradição, ou olhando na sala de aula, não despertáramos o interesse do aluno para a atividade porque a imagem não traria um problema, de outra forma, o professor P3 argumentou que se utilizarmos a imagem da Terra para os alunos perceberem suas dimensões, naquele momento, seria inviável porque os alunos não teriam condições de fazê-lo por ainda não entender o problema.

¹⁴ As imagens neutras neste caso se referem as figuras do Planeta Terra sem evidenciar os efeitos que o aquecimento global pode causar.

Em todo caso, a colocação do professor P3 ajudou o grupo a descartar a ideia de utilizar imagens neutras mostrando que o grupo já estava com o objetivo de formular uma problematização que se aproximasse do aluno.

A tensão evidenciada durante a reunião não teve uma solução óbvia, pois, enquanto alguns professores achavam que seria melhor utilizar imagens neutras porque já servia como um link para a próxima atividade, outros caminharam para uma problematização que dialogasse com o aluno que, no final das contas, foi priorizado pelo grupo.

Outros recursos como vídeo e texto também apareceram nas discussões, inclusive, o professor P6 e a professora P2 produziram, respectivamente, um texto e um vídeo que poderiam substituir as imagens dependendo da dinâmica e disponibilidade do professor. A ideia seria tornar a primeira atividade flexível no sentido de deixar o professor, que conhece seus alunos, escolher o recurso adequado para a realidade dele.

O professor P6 ao apresentar os elementos que o texto dele privilegiava, disse que:

"As reportagens sobre o Aquecimento Global têm vários pontos em comum, como, por exemplo, reportagens que dizem que o CO₂ é o responsável pelo aumento da temperatura. Eu achei as matérias tendenciosas ao caminhar em uma única direção, então eu pensei em criar uma reportagem que abrangesse os dois aspectos. Imaginei uma reportagem em que há dois especialistas um a favor e outro contra o aquecimento global porque uma das nossas preocupações nas reuniões anteriores era deixar que os alunos se posicionasse sem induzi-lo a uma vertente.

Inclusive, nessa reportagem terei a preocupação de escrever as respostas dos especialistas com a mesma quantidade de argumentos para não parecer que o texto está tendencioso".

Já a professora P2 que produziu o vídeo tinha como objetivo:

"Eu pensei inicialmente em perguntar aos alunos o que eles entendem sobre o Aquecimento Global, o que vocês sabem sobre ele, suas causas e depois organizá-las naquela tabela de causas e consequências discutida anteriormente.

E depois passar o vídeo sem entrar na discussão sobre o AG e perguntar, após o vídeo, se a Terra está aquecendo porque minha intenção é passar novamente o vídeo no final para que, a partir daquilo que foi discutido, os alunos possam distinguir aquilo que é verdade ou mito. (grifo nosso). Porque neste vídeo o professor apresenta os fatos como certeza, mas será que realmente é?

Essa proposta é interessante porque podemos analisar, a partir daquilo que foi estudado se eles percebem se aquilo que o vídeo diz é correto afirmar ou não".

O professor P6 propôs um texto com informações diversificadas na tentativa de não induzir o aluno a concordar com uma determinada visão, mas uma atividade tendenciosa, isto é, que inicialmente concorda com a existência do aquecimento global descaracterizaria a problematização?

Acredito que não. A preocupação do professor é válida, porque as próximas atividades discutirão se o homem é ou não responsável pelo aquecimento global. Portanto se houvesse um único posicionamento, segundo ele, "*poderíamos restringir a reflexão dos alunos*".

Mas a problematização não tem apenas a intenção de conhecer o que os alunos pensam ou sabem a respeito do tema. O que está por trás dela é fazer os alunos reconhecerem que no aquecimento global existe uma contradição social que não é trivial, pois, mesmo que o aluno tenha acesso às informações divulgadas pelos meios de comunicação, isso não garante que ele conheça ou saiba opinar frente ao tema.

Nesse sentido, o uso das imagens, ainda que sejam tendenciosas, conseguem produzir uma tensão social e trazer a tona um problema que vai além de um aumento da temperatura. Assim as imagens se tornaram justamente o ingrediente que faltava na problematização.

Conclui-se que embora seja apresentado dois pontos de vista, um favorável e outro contrário ao Aquecimento Global, não caracterizaria uma boa problematização pois, como é o primeiro contato do aluno, talvez forçássemos um posicionamento para uma determinada direção sem eles terem amadurecido suas ideias que as próximas atividade proporcionariam. Buscar um posicionamento do aluno na primeira atividade cairíamos em um erro porque eles ainda não teriam elementos para sustentar uma posicionamento sólido.

Outro problema em iniciar com o texto na configuração planejada seria o aluno ter a concepção de que existem somente duas possibilidades de compreender o tema e ambas são de cunho científico¹⁵, mas sabemos que existem outras dimensões envolvidas como fatores políticos e econômicos que também têm relevância sobre o aquecimento global.

Talvez no final das atividades o aluno conseguisse se posicionar frente ao tema pelo fato dele já ter passado pelas aulas, ou talvez ainda não possa fazê-lo por perceber que ainda existem muitas dúvidas a respeito do tema. Só para adiantar o texto proposto pelo professor P6 foi aproveitado como avaliação na quarta atividade e no momento oportuno, voltaremos a comentar sobre isso.

A proposta da professora P2 em usar um vídeo poderia ser interessante porque tornaria dinâmica a discussão e o reconhecimento do problema por parte do aluno se intensificaria. Contudo, o encaminhamento dado não foi nessa perspectiva porque a ideia central era de utilizar o vídeo como forma de avaliação, isto é, verificar se os alunos antes da atividade tinham um posicionamento e ao final dela, outro. Nesse sentido, o caráter do vídeo volta-se mais para um instrumento de pesquisa cujo objetivo é medir a compreensão dos alunos sobre o tema antes e após as atividades.

Outra questão que contraria a finalidade da problematização refere-se a professora P2 dizer que, ao passar o vídeo, "*não promoveria uma discussão*", entretanto sabemos que a problematização tem uma características fundamental de discutir e questionar os conhecimentos dos alunos além de deixar explícito que haverá momentos de busca pelas respostas.

Mais tarde, soubemos que o vídeo seria utilizado para coleta de dados na pesquisa da professora P2, e como era especificamente voltado ao trabalho dela, o vídeo não foi incorporado à primeira atividade.

Concluindo, a problematização da primeira atividade manteve a estrutura sugerida pela professora P1, isto é, discutir e organizar as ideias dos alunos em causas e consequências, utilizando como ingrediente as imagens que levantam um problema e potencializa a discussão na sala de aula.

¹⁵ O texto traz a visão de dois cientistas, um cético e outro ortodoxo sobre o tema.

Mas, afinal de contas, há elementos freireanos na primeira atividade ou ela é uma estrutura planejada cujo resultado contemplou apenas características de uma aprendizagem significativa?

Para responder isso, farei uma outra pergunta: Será que o levantamento das ideias dos alunos é necessariamente uma problematização?

A resposta é não, porque o levantamento pode ter objetivos diferentes. Embora seja possível produzir uma problematização a partir das ideias dos alunos, existe também a chance desse levantamento servir apenas para auxiliar o professor a sistematizar um conhecimento. Essa segunda possibilidade, se aproxima com mais intensidade a uma característica da aprendizagem significativa do que uma perspectiva freireana. Quer dizer, problematizar na perspectiva Freireana envolve polêmica, contradição social, contradição de interpretações e principalmente o aluno precisa perceber isso e buscar soluções ao problema.

Mesmos que, em alguns momentos, durante as discussões, dá-se a impressão que o grupo tem apenas o objetivo de levantar e classificar as ideias dos alunos, em outros, o grupo preocupa-se em criar polêmicas e evidenciar as contradições a partir das imagens.

Entretanto defendo que a problematização surgiu quando os elementos: Discutir e organizar as ideias dos alunos e as imagens se complementaram.

Discutir e organizar as ideias do aluno não só constitui uma estratégia para iniciar o tema na sala de aula, mas também tem o objetivo de mostrar as dificuldades em determinar quem é a causa ou a consequência do aquecimento global.

Para ficar mais claro, os professores também organizaram as falas deles em causas ou consequências na primeira reunião, mas não foi nada fácil. Isso gerou muitas dúvidas, levantou uma série de questões que, para respondê-las houve a necessidade de muita pesquisa e reflexão. Deste modo, acreditávamos que na sala de aula esse ambiente de discussão também iria acontecer e consequentemente os alunos perceberiam que seus conhecimentos não seriam suficientes para enfrentar o problema.

Já as imagens tiveram o papel de trazer a polêmica, de denunciar um fato que está inserido na realidade social do aluno e que apresenta implicações sérias na vida terrestre, portanto, afeta todos nós.

A articulação das imagens com o processo de discussão e organização das ideias vincula-se a uma perspectiva freireana porque as imagens trouxeram para a discussão uma polêmica, elas fazem uma denúncia do que está acontecendo com a Terra e geram uma preocupação com as mudanças de temperatura, mas elas em si não desenvolvem um processo de construção do conhecimento. Por isso é necessário a discussão e a organização das ideias dos alunos que tem a perspectiva de se ligar ao conhecimento sistematizado. Apesar de o grupo caminhar alguns momentos para uma atividade de cunho conceitual, conseguiu equilibrar isso a ponto de ter como produto final uma atividade que apresenta elementos da perspectiva freireana.

5.2. BLOCO II: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Neste bloco faremos uma discussão sobre a seleção e construção dos conteúdos que compõem o 2º momento: Organização do Conhecimento.

Nesta etapa se estrutura os conhecimentos curriculares necessários para começarmos a responder as questões levantadas na problematização inicial ou pelo tema, a partir de uma discussão crítica dos conhecimentos específicos visando a mudança de uma consciência ingênua para uma consciência crítica de modo a proporcionar uma releitura/reconstrução do mundo.

"Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são empregadas de modo que o professor possa desenvolver a conceituação física, identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. É neste ponto que a resolução de problemas e exercícios, comumente apresentados nos livros didáticos, pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos, desde que criticamente selecionados e abordados pelo professor". (Delizoicov, 2001, p.108)

No entanto, antes de discutirmos a organização propriamente dita, se faz necessário um breve comentário sobre a estrutura curricular e a organização da rede pública do Estado de São Paulo porque os professores ministram e aplicaram as aulas

sobre o Aquecimento Global na rede estadual de ensino. Nesse sentido, pode-se dizer que a dinâmica da escola estadual foi levada em consideração no processo de construção do tema.

A apresentação do currículo é importante para situar o leitor de outros Estados a entender a realidade da rede Estadual Paulista. A maioria das escolas públicas de São Paulo são estruturadas por disciplinas, não há preocupação, seja do professor ou da direção escolar, em se trabalhar interdisciplinarmente ou de abrir, de forma verdadeira¹⁶, a escola à família.

Foge desta dissertação explicitar as dificuldades enfrentadas pelos professores nas suas atribuições, enfatizarei, neste momento, o currículo porque na escola pública estadual, ele já está pré-definido e, nesse sentido, não tem características da abordagem freireana, na verdade é o oposto disso.

Chamei atenção para esse fato porque a estrutura da escola pública não favorece a implementação da Filosofia e de práticas freireanas. As tentativas de se iniciar uma discussão das ideias de Freire nas escolas são pontuais. Não é regra, por exemplo, fazer uma investigação temática para se determinar o tema gerador e articulá-lo com currículo oficial pretendendo discutir, de forma crítica, as contradições levantadas na problematização. Embora existam realidades que são propícias a isso.

Essa contradição, corrobora a argumentação desta dissertação no sentido de que não estamos afirmando que a atividade construída seja pautada numa perspectiva estritamente freireana. O que defendemos é encontrar elementos freireanos numa proposta de atividades que foram articuladas numa disciplina com um currículo estruturado. Portanto o desafio deste trabalho é saber justamente em que medida é possível ser freirenano em contextos que não são propícios a isso.

5.2.1 Proposta Curricular do Ensino Público do Estado de São Paulo

Com o objetivo de melhorar o desempenho dos estudantes em avaliações como, por exemplo, no SAEB e no ENEM e unificar o currículo nas escolas públicas

¹⁶ Abrir a escola para Família é muito mais do que apresentar o desempenho do aluno no fim de bimestre, mas sim integrar a comunidade no contexto escolar seja na tomada de decisões ou até na elaboração do plano pedagógico escolar.

estaduais, em 2008, a Secretaria Estadual de Educação SEE/SP criou a proposta curricular do Estado de São Paulo.

As mudanças curriculares além desses princípios buscam promover a substituição de um ensino voltado a memorização de fórmulas, de repetições, de conhecimentos sem relação com o cotidiano, para um ensino voltado a formação de cidadãos, para a leitura crítica do mundo, para o preparo ao mundo do trabalho, para serem atuantes na sociedade, dentre outros. São Paulo (2012).

A proposta curricular assemelha-se com os fundamentos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) pois, a lógica de seleção dos conhecimentos estão articuladas com os conteúdos a partir das competências e habilidades.

De acordo com a proposta curricular, a estruturação das competências foram inspiradas nas avaliações do ENEM e no PCN:

"As competências podem ser explicitadas como as que dão corpo a avaliações como o Enem, ou as sistematizadas de forma semelhante as dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (...). Nela, cada conjunto de competências se expressa em termos de redes articuladas de habilidades. Cada conjunto de aulas dedicado a um tópico disciplinar deve ser planejado de forma a contemplar o desenvolvimento conjunto de correspondentes habilidades e competências. Algumas habilidades, como a elaboração de tabelas e gráficos, ou observação e sistematização, serão repetidamente exercitadas, por seu sentido instrumental amplo em todas as disciplinas da área; outras serão mais naturais em certos tópicos". (SÃO PAULO, 2008c, p. 25)

Para efetivar o currículo em sala de aula o Estado de São Paulo criou um conjunto de recursos didáticos que auxiliam os professores e os alunos no processo de ensino de aprendizagem chamados de caderno do professor e caderno do aluno.

O caderno do professor contém o conteúdo específico contextualizados em diversas situações de aprendizagem explicitando as competências, habilidades, sugestões e estratégias de como trabalhar o material do aluno na sala de aula. O caderno do aluno contém as atividades propriamente ditas a serem desenvolvidas pelo professor.

Tanto o caderno do aluno, quanto o dos professores são divididos por série, por bimestre e por disciplina, deste modo, o aluno que se transfere de uma unidade escolar

para outra, em tese, não teria dificuldades em acompanhar o currículo nessa nova escola.

Imagem do caderno do professor e do aluno

<http://www.efpdv.org.br/2011/site/disciplinas/index.php?id=59&preview=1>

Figura2: Imagem do caderno do aluno e do professor

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 IDENTIFICANDO AS VARIÁVEIS RELEVANTES DE UM MOVIMENTO

Esta Situação de Aprendizagem inicia o estudo dos deslocamentos nos movimentos de translação. O primeiro passo é identificar as grandezas relevantes na descrição de um movimento, como deslocamento, tempo e velocidade, a partir da análise das placas de trânsito de ruas e rodovias. A seguir, com base no cálculo da velocidade de um veículo

por um medidor de velocidade fixo, será conceituada a velocidade instantânea. Neste desenvolvimento, partiremos novamente dos elementos da vida cotidiana do aluno, portanto uma proposta bastante diferente da encontrada nos livros didáticos, em que as grandezas que descrevem o movimento são definidas matematicamente.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação; conceituação de deslocamento, distância percorrida, intervalo de tempo, velocidade média, velocidade média escalar e velocidade instantânea.

Competências e habilidades: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

Estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

Recursos: roteiro 2 de atividade em grupo visando identificar e classificar três grandezas que caracterizam o movimento de translação.

Avaliação: deve-se avaliar a capacidade do aluno de determinar a velocidade média de veículos, identificar as características da velocidade instantânea.

Figura 03 Exemplo de uma situação de aprendizagem a ser desenvolvido pelo professor.

Apesar dos recursos disponibilizados, ainda existem professores que não utilizam esses materiais em sala de aula por uma série de motivos, os mais frequentes

seriam que as orientações e atividades dos cadernos são muito complexos, não há apoio da SEE/SP, da direção escolar no sentido de orientar e tirar dúvidas sobre o material ou também porque considerar que os cadernos não preparam os alunos as Universidades Cassiari (2011).

A seguir discutiremos com mais profundidade o Currículo da Ciências da Natureza composta pela Física, Química e Biologia que permite, na disciplina de Física, discutir o tema aquecimento global.

A série e o bimestre em que o tema seria trabalhado com mais tranquilidade pelo professor seria no 2º Ano, no primeiro bimestre cujo eixo estruturador é Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia. Na proposta curricular encontramos os seguintes objetivos:

"Identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem a troca de calor no cotidiano constitui uma forma de entender o comportamento da matéria com as variações de temperatura. Os diferentes processos de troca de calor, como condução, convecção e irradiação, e seus respectivos modelos explicativos permitem aos estudantes entender a natureza do calor e suas formas de manifestação. Reconhecer o processo histórico de unificação entre calor e trabalho mecânico e o princípio de conservação da energia amplia a discussão, feita no primeiro ano, da compreensão do calor como forma de trocar energia e habilita o tratamento dos ciclos térmicos em fenômenos atmosféricos. Finalmente, as máquinas térmicas tornam-se objeto para o entendimento do uso da ciência e da tecnologia na ampliação das atividades produtivas e no aumento do conforto cotidiano e dos riscos ambientais. Assim, Calor, ambiente e usos de energia passam a constituir um terceiro tema". (São Paulo, 2012. p.98).

Os conteúdos específicos que estão no currículo do 2º ano no primeiro bimestre são:

	<p>Calor temperatura e fontes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Fenômenos e sistemas cotidianos que envolvem trocas de calor
--	---

<p>Conteúdos: Calor, ambiente e usos de energia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Controle de temperatura em sistemas e processos práticos • Procedimentos e equipamentos para medidas térmicas • Procedimentos para medidas de trocas de energia envolvendo calor e trabalho <p>Propriedades térmicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dilatação, condução e capacidade térmica; calor específico de materiais de uso prático • Quantificação de trocas térmicas em processos reais • Modelos explicativos de trocas térmicas na condução, convecção ou irradiação <u>Clima e aquecimento:</u> • <u>Ciclos atmosféricos e efeitos correlatos, como o efeito estufa</u> • <u>Avaliação de hipóteses sobre causas e consequências do aquecimento global</u>
---	--

Quadro 12: Conteúdos do primeiro bimestre no segundo ano do Ensino Médio

Uma observação que merece destaque, é o fato de que durante as reuniões de planejamento das atividades consultaram-se o currículo do Estado de São Paulo, diversos livros didáticos e materiais da disciplina: Física do Meio Ambiente ministrado pela Profa. Dra. Maria Regina Dubeux Kawamura da Universidade de São Paulo.

Se fez necessário consultar o currículo do Estado porque as atividades foram construídas com ajuda dos professores da Rede e aplicadas em três escolas estaduais, daí a importância em saber quais séries ou bimestres deveríamos articular as atividades. Porém a finalidade da mesma não estava restrita a escola pública porque, como veremos futuramente, nem todos conteúdos incorporados as atividades estão contemplados no currículo estadual.

No próximo item começaremos a analisar a parte das reuniões que lidam com a seleção e a organização temática e conceitual do aquecimento global.

5.2.2 Análise das Reuniões

As discussões que compõem este segundo bloco: Organização do conhecimento está dividido em duas dimensões. A primeira abordaremos os aspectos conceituais selecionados pelos professores que estão divididos em 5 aulas:

- A primeira refere-se a uma atividade experimental;
- A segunda e terceira aula tratam da definição de calor, temperatura e fluxo de energia utilizando um copo com água como exemplo;
- A quarta aula será apresentado o efeito estufa;
- Por fim, na última aula retomaremos os dados da atividade experimental para discutí-los.

Na segunda dimensão analisaremos os aspectos temáticos que englobam o aquecimento global e, no final dessas discussões, farei uma reflexão com o intuito de verificar se os professores conseguiram articular a problematização inicial com a organização do conhecimento.

5.2.2.1 Dimensão Conceitual

Após a primeira aula em que houve a discussão sobre as causas e consequências sobre o aquecimento global vinculado às imagens, espera-se que ao final dela, os alunos tenham muitas dúvidas que precisam de respostas, para a professora P1 existem dois caminhos de discussão:

"Para responder a pergunta como podemos saber mais a respeito do Aquecimento Global temos duas maneiras:

A primeira é o aluno fazer medições diretas (...) e a segunda o conceito Físico; precisamos revisar sobre calor e temperatura e olhar a dinâmica do planeta para falarmos da temperatura da Terra, do fluxo de entrada e de saída, ou seja, vamos aprofundar o conteúdo da física.

Precisamos também falar das incertezas das medidas porque os alunos estarão medindo a temperatura nas suas residências que não é igual a medida da temperatura do planeta".

A sugestão da P1 em iniciar a segunda aula pela atividade experimental é promover maior participação do aluno em buscar respostas a pergunta: A Terra está mesmo aquecendo? Não houve questionamentos em fazer uma atividade experimental, entretanto houve divergências quanto ao seu objetivo.

Os professores P3 e P6 ressaltaram que:

"É importante realizarmos essas medidas? Porque para verificar se realmente a Terra está aquecendo seria necessário uma escala temporal muito maior do que 10 dias".

Professor P6 :

"Eu acho muita presunção dizer que vamos medir a temperatura da Terra".

Para responder as indagações a P1 afirmou:

"Então, mas isso depende do recorte que está sendo proposto porque podemos, por exemplo, pegar num site as temperaturas daquele período e comparar com os dados que os alunos coletaram, portanto o que os cientistas fazem não é nenhuma mágica e é possível levar essa discussão para sala de aula.

Os alunos precisarão vivenciar o processo de medida das temperaturas para depois sistematizarmos e verificar se a temperatura da Terra está de fato aumentando. Precisamos mostrar para o aluno como a ciência faz para chegar a esses resultados, isto é, se a Temperatura da Terra está aquecendo".

Concordado com a P1, a professora P2 coloca:

"Tem que ser assim"¹⁷, depois nós informamos os alunos que não dá para fazer isso.

Quando eu fiz a matéria com a professora P1, ao estudamos o meio ambiente, pensei que iríamos estudar a natureza e suas belezas, mas quando começou a disciplina fiquei em crise porque vimos os problemas que estão imersos nela".

Dizer que a atividade experimental irá medir a *temperatura da Terra* durante 10 dias causou certa estranheza por parte de alguns professores por achar que tal afirmação

¹⁷ O fato de afirmarmos que vamos medir a Temperatura da Terra

era equivocada, porque o que a atividade propõe, na verdade, é a medição de uma *temperatura local*¹⁸ que não envolve as dimensões terrestres.

Mas as afirmações feitas pelas professoras P1 e P2 vão em outra direção e tem a intenção de evidenciar a importância que a medida da temperatura tem, deste modo, o aluno precisa ser responsável na coleta dos dados.

Outra questão vinculada mais a fala da professora P1 é fazer os alunos se sentirem parte do processo na busca pelas respostas, que não é nada fácil pois há muitas incertezas. Não se pode afirmar, por exemplo, que a temperatura da Terra vai aumentar 2°C porque essa certeza não existe. A Terra é um sistema dinâmico. O que se tem é uma faixa ou uma variação nas medidas e os alunos se posicionarão frente a isso.

Explicando um pouco mais a atividade experimental, os alunos medirão as temperaturas máximas e mínimas em suas casas e anotarão os valores numa tabela durante 10 dias. Posteriormente construirão um gráfico para verificar a variação da temperatura bem como calcular a temperatura média do período.

Houve o consenso de medir a temperatura máxima e mínima durante 10 dias porque trabalhávamos com uma proposta de aulas com duração de aproximadamente 1 bimestre e enquanto os alunos coletavam os dados, os professores começariam a discussão sobre o conteúdo específico que durou aproximadamente 5 aulas¹⁹.

As discussões para a estruturação da atividade experimental abordavam com mais intensidade a maneira com que os alunos iriam construir o gráfico da variação da temperatura durante os 10 dias, bem como o cálculo da temperatura média.

Foram levantadas duas possibilidades de se construir o gráfico, a primeira foi sugerida pelo professor P6:

"Eu sinceramente não quero construir os gráficos em sala de aula. Vou levar os alunos a sala de informática e lá montaremos os gráficos no excel.

Eu defendo que seja feito no Excel porque mesmo que uma determinada escola não tenha computador, os alunos possuem

¹⁸ Residência do aluno.

¹⁹ No currículo estadual, a disciplina de física tem 2 aulas semanais, então 5 aulas corresponde a aproximadamente 10 dias.

um em casa, então de qualquer forma é possível fazer o gráfico sem grandes dificuldades. Acho também que cabe ao professor ao longo desses 10 dias perguntar como estão as medidas, se eles estão conseguindo realizá-las sem dificuldades e se tiver algum problema com um grupo, aí sim seja oferecido a opção de utilizar o papel milimetrado".

A outra possibilidade foi levantada pela professora P5:

"Eu acho importante que o gráfico seja feito em papel milimetrado porque podemos discutir o que é escala e outras relações. O Excel é apenas uma ferramenta, nele, só digitamos os dados e o gráfico já sai pronto, acho que discutiríamos bem mais fazendo no papel milimetrado".

Na mesma linha da professora P5, a professora P1 argumenta:

Eu acho que a obtenção do gráfico a partir do papel milimetrado é importante porque o aluno participa da sua construção e vai percebendo onde ele deve colocar os pontos e já começa a entender que os pontos não encaixam perfeitamente nos eixos x e y. Percebe também as variações de temperatura que irão ocorrer de um dia para o outro então esse processo também é interessante, se fossem meus alunos iria preferir o papel milimetrado, mas cada professor na sua sala de aula é quem vai decidir o melhor meio de construir o gráfico.

Embora essas duas possibilidades tenham a mesma finalidade que é a estruturação do gráfico, o processo de obtenção do mesmo é completamente diferente. É possível afirmar que o professor P6 queira usar o Excel porque é uma ferramenta conhecida pelos alunos facilita a obtenção do gráfico e dinamiza a discussão dos dados coletados.

Já as argumentações da professora P1 e P5 caminham no sentido de auxiliar o aluno no processo de elaboração do gráfico por entenderem que a utilização do programa de informática empobreceria a discussão e consequentemente o entendimento daquilo que os alunos construíram.

Não está claro nas falas das professoras, mas podemos inferir que a proposta apresentada auxilia os alunos não só no entendimento do resultado, mas também nas

eventuais dificuldades que eles têm em fazer tabelas, gráficos ou até mesmo trabalhar com papel milimetrado.

Com o objetivo de achar uma solução ao impasse a professora P2 propôs:

"Acho que deveríamos utilizar essas duas possibilidades, se o professor quer fazer de papel milimetrado ou usar o Excel ele pode fazer isso".

A professora P1 complementou:

"Não vejo problema, se os professores tiverem tempo para fazer isso, sem problemas. Isso inclusive é importante porque dependendo da escola é possível não ter sala de informática. Para esses casos utiliza-se papel milimetrado".

A solução para o problema foi deixar essas duas possibilidades como forma de construção do gráfico e caberá o professor decidir qual é o melhor meio de construí-lo.

A professora P1 ponderou:

"Entretanto, independente da forma que os alunos construirão os gráficos, acho fundamental que o nosso papel aqui seja de escrever um material e apresentar as possibilidades aos professores porque são eles quem decidirão a forma com que os alunos construirão os gráficos".

Cogitou-se a possibilidade do professor de física trabalhar em conjunto com o professor de matemática no sentido de tirar as eventuais dúvidas dos alunos sobre a construção do gráfico, pois o professor de matemática tem 4 aulas semanais enquanto o professor de física só tem duas aulas semanais, mas tratando-se de uma rede que em algumas realidades escolares não tem nem professores de matemática, decidiu-se que não priorizaríamos um trabalho interdisciplinar a fim de que toda a estrutura seja articulada pelo professor de Física.

Feito o gráfico o próximo desafio do aluno seria calcular a média da temperatura dos dados coletados, mas existem diversas formas de calculá-las. Segundo a professora P1:

"Ele pode somar todas as temperaturas máximas e mínimas e dividir por dois. Pode somar uma coluna de temperatura máxima e dividir pela quantidade de medidas fazer o mesmo processo com as temperaturas mínimas e depois pegar o

resultado desses cálculos somá-los e dividi-los por dois dentre outras possibilidades".

Por achar que a média da temperatura deveria ser calculada por uma única maneira, o professor P6 estranhou a quantidade de métodos que poderiam ser utilizados:

"Mas isso não vai dar conflito nos dados dos alunos? Se eles trouxerem essas possibilidades, como iremos discutir visto que pode dar respostas muito diferentes".

Mas a professora P1 ressaltou:

"Mas isso que é a graça dessa atividade, porque os cientistas trabalham desta forma e cada um deles fazem modelos que lhes convém.

Mas é claro que não falaremos isso aos alunos, mas sim durante as discussões dos dados".

A dinâmica de construção do gráfico e do cálculo da temperatura média ficou bastante interessante. Ainda que o professor possa decidir qual recurso será utilizado para a construção do gráfico (papel milimetrado, Excel, Origin), no cálculo da temperatura média é fundamental que ele não interfira nesse processo, deste modo ele teria uma grande quantidade de elementos para discutir com os alunos.

A liberdade do aluno em produzir o gráfico ou fazer os cálculos divergem das aulas tradicionais de Física ou de outras disciplinas pois todos os alunos constroem e analisam as informações da mesma forma, nesta atividade em especial, os alunos poderão além de apresentarem um modelo que acharem conveniente, ter uma dimensão crítica daquilo que fizeram e compreenderem o significado das incertezas visto que, no mundo científico, elas geram modelos diferentes, conclusões diferentes favorecendo assim manifestações entre pesquisadores que posicionam-se tanto a favor ou contra o aquecimento global.

Só para apresentar essa ideia da dimensão crítica, analisaremos agora a quinta e última aula deste bloco²⁰, quando retomaremos as discussões sobre as medidas de temperatura realizada pelos alunos ao longo dos 10 dias buscando identificar e

²⁰ Acredito que didaticamente seja melhor apresentar em conjunto a primeira e quinta aula porque é na primeira aula que os alunos receberão os termômetros e as informações para a coleta de dados enquanto a quinta aula eles trarão os dados para a discussão em sala, portanto as duas ainda que separadas, são uma só.

compartilhar as dificuldades deles em realizar as medidas²¹, de construir os gráficos e divulgar as informações obtidas por cada grupo com os demais integrantes da classe.

Além de promover uma reflexão sobre a dificuldade de determinar a temperatura da Terra como um todo. É neste momento que trataremos das incertezas das medidas, pois, como já comentado, quando apresentamos a atividade experimental, a dinâmica da Terra é muito complexa e não é possível dizer de forma determinista, por exemplo, que a temperatura da Terra vai aumentar 1°C.

Segundo a professora P1:

"Nessa atividade desejamos mostrar o quão complexo é estabelecer uma temperatura para uma dada região. Isso se dificulta ainda mais quando falamos da média da temperatura na Terra".

A professora P2 define esta aula como:

"Vamos desestruturar aquilo que os alunos tinham de tão certo na cabeças deles, porque mostraremos que tem muitas incertezas, que não pode ter certeza sobre nada".

Para isso, o grupo reuniu um conjunto de imagens, tabelas, gráficos obtidos com auxílio da Professora Maria Regina Kawamura, que discutem a complexidade de se determinar a temperatura da Terra e se existe o aquecimento global, a seguir, discutiremos alguns desses materiais.

Gráfico 02: Medidas do CO₂ no período de 1955 a 2005

Gráfico 03: Comparação entre a variação do CO₂ com a oscilação da temperatura entre os períodos de 1978 a 2000

²¹ Tanto pelos alunos quanto pelos cientistas.

No gráfico 02 tem o aumento da emissão do dióxido de carbono nos anos de 1955 a 2005. Se olharmos apenas ele, pode-se inferir que existe relação entre o CO₂ com o aumento da temperatura da Terra, mas ao analisarmos o gráfico 06 que apresenta o aumento do CO₂ e a variação de temperatura no mesmo período, notamos que enquanto o CO₂ tem um aumento quase linear, a temperatura oscila de forma não linear. O gráfico 03 apresenta um contraponto importante no sentido de mostrar que no caso da Terra, e utilizando este gráfico, não existe relação aparente entre CO₂ e o aumento da temperatura, ou existe?

Outro elemento discutido é a tabela abaixo que articula os gases do efeito estufa emitidos pelo homem e pela natureza. O CO₂ que geralmente é tratado como um vilão pela mídia tem uma emissão baixíssima se compararmos com aquilo que é lançado de forma natural pela Terra.

	Ação Humana	Natural
CO ₂	7.300	100.000
Metano	350	155
CO	930	1580
NO _x	140	90
- HC	92	860
SO _x	79	35

Ação Humana sobre a atmosfera – Fluxos anuais (em km³ por ano ou 1.000.000 m³ por ano)

Quadro 13: Emissão dos principais gases pelo ser humano e pela natureza

Então será que o homem é tão culpado assim?

Discute-se também com os alunos o tempo de residência dos principais gases do efeito estufa, isto é, o tempo que o gás permanece na atmosfera sem interagir com

nenhuma outra molécula. Na tabela 01 o gás carbônico reside na atmosfera por 7 anos e na tabela 02 observa-se que ele é o principal gás do efeito estufa.

Quadro 14: Concentrações e valores estimados para o tempo médio de residência para os principais gases estufa

	Concentração em ppm -v	Tempo de residência
Gás Carbônico CO ₂	339	7 anos
Metano CH ₄	1,55	10 anos
Óxido Nitroso N ₂ O	0,30	170 anos
CloroFluorCarbono CFCs	0,07	> 500 anos

CO ₂	50%
CH ₄ (metano)	16%
CFCs	20%
Ozônio (troposfera)	8%
N ₂ O	6%

Quadro 15: Contribuição relativa para o Efeito estufa global (sem levar em conta o vapor d'água)

Ao analisarmos as duas tabelas em conjunto, veremos que apesar do CO₂ ser considerado vilão, o tempo de residência dele é relativamente pequeno, então será que ele é capaz de alterar a temperatura da Terra?

Outra questão, mas agora corroborando a relação do CO₂ com o efeito estufa é dada pelo gráfico a seguir:

Gráfico 04: Compação entre as concentrações do CO₂ e do CH₄ com a variação da temperatura.

Nele a variação das concentração dos gases CO₂ e CH₄ segue a mesma linha da variação da temperatura para o mesmo período, portanto, parece haver indícios que a temperatura aumenta com o aumento da emissão do CO₂.

Por fim, são levantadas outras hipóteses que também poderiam interferir na dinâmica da Terra como a variabilidade do fluxo solar, a forma com que os cientistas estão coletando os dados e assim por diante.

Esses exemplos reforçam a ideia de que determinar se a temperatura da Terra está aumentando ou não, não é algo trivial, pois depende de uma série de fatores e, principalmente mostra que o homem não pode ser considerado o único responsável por isso como é usualmente apontado.

Ao final desta aula os alunos terão outros argumentos além daqueles colocados pela mídia, pois até agora trabalhava-se com uma polêmica em que o homem é o responsável pelo Aquecimento Global, mas agora olhando sob a ótica da Ciência, conclui-se que não existe um posicionamento definitivo sobre o Tema.

De acordo com a professora P1:

"Então é um momento que se desestabiliza de vez. O momento que desestabiliza o aluno, é o momento que a gente tem a chance de mostrar para ele as duas visões, isto é, mostrar que não dá para ficar com uma vertente só".

Destaca-se que esta última aula vai além de uma sistematização daquilo que foi abordado nas aulas conceituais porque é nela que se insere o homem, mas com uma visão menos determinista do que é geralmente tratado, isto é, não se tem certeza de que ele é o responsável pelo aumento da Temperatura. Desta forma, podemos dizer que o fechamento desta aula pode ser encarado como uma aplicação do conhecimento porque um dos seus objetivos é a articulação dos conhecimentos científicos com situações reais proporcionando assim uma mudança de perspectiva.

No que tange às expectativas, Delizoicov citado por Muenchen (2008) manifesta conhecimentos compartilhados pelo grupo de pesquisadores:

"A expectativa era que, qualitativamente, cada um dos momentos fosse diferente, propiciando num crescente, de um lado, a apropriação do conteúdo programático pelo educando e, de outro, o seu uso e aproximação de situações reais e vividas por ele. [...] Uma dinâmica que partindo do concreto, do real vivido, a ele retorna, mas como “outro” concreto, na medida em que entre o “primeiro” e o “segundo” concreto, se estaria garantindo a abstração necessária para sua reinterpretação, via conhecimentos científicos selecionados,

constituídos em conteúdos programáticos escolares" (DELIZOICOV, 1991: 184).

É fundamental destacar este movimento de, inicialmente, fazermos uma atividade experimental apresentar, logo em seguida, os conceitos científicos²² e por fim retomar as discussões iniciais porque indica a presença dos três momentos pedagógicos na organização do conhecimento como se fosse um fractal, isto é, tanto na sua completude como em suas partes é possível identificar os três momentos pedagógicos.

Contudo, ainda que esta característica seja louvável, não é inédita.

Conforme explica Pernambuco:

"Atualmente é pensado em seus desdobramentos como fractais. Cada momento - estudo da realidade, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento - aplicado para uma situação ampla, como o programa de uma série, contém dentro de si novamente os outros três – por exemplo, a organização do conhecimento da 5ª série, vai se subdividir novamente em três momentos, agora para pensar como explorar os conteúdos específicos gerados no estudo da realidade anterior – e assim sucessivamente, cada aula, cada atividade é organizada, repetindo a seqüência: fala do aluno, fala do professor, reconstrução conjunta" (PERNAMBUCO, 1994, p. 139).

Pode-se dizer que os três momentos pedagógicos não são, necessariamente, três momentos didáticos, isto é, não significa que exista apenas um momento para problematizar, outro para organizar e outro para aplicar o conhecimento. As coisas são mais dinâmicas que isso.

Haverá, na seleção e organização do conteúdo específico outro momento que nos remeterá a ideia de fractal, lá voltaremos a evidenciar o processo. A seguir apresentaremos a discussão para a seleção dos assuntos sobre o tema.

Enquanto os alunos fazem a atividade experimental, os professores introduzirão os conceitos físicos, antes de selecioná-los o grupo pesquisou quais conteúdos e de que forma estes poderiam ser inseridos no currículo.

²² Apresentaremos a seguir.

A professora P2 apresentou algumas possibilidades:

"No segundo ano da proposta curricular do estado de São Paulo tem o tema calor, ambiente e uso de energia no 1º bimestre. Inicialmente os alunos estudam calor e temperatura, depois formas de calor, aquecimento e clima. Isto casa exatamente com o que vamos fazer porque precisamos falar de temperatura, as trocas de calor e o clima.

No primeiro bimestre do 1º ano do ensino médio talvez possamos utilizar como porta de entrada a parte que trata do movimento, variações e conservação.

No 3º ano poderíamos trabalhar a proposta quando tratarmos de radiação".

A professora P5 chamou atenção para o fato de que:

"O problema é que radiação é tratada no 3º bimestre e precisamos aplicar a sequência antes disso".

Mas a professora P2 lembrou:

"Não vejo problema porque de acordo com o PCN a sequência de conteúdos não é linear, podemos sim inverter a ordem do conteúdo trabalhado com os alunos".

Além das possibilidades da flexibilização do currículo, o professor P6 lembrou que é possível ter escolas cuja gestão aprove trabalhar o tema pela sua importância mesmo que ele esteja desconectado com o currículo oficial.

"Eu não vejo problema de trabalhar o aquecimento global em outras séries porque se tivermos uma coordenadora que não tem um olhar conteudista talvez seja possível inserir o tema pela sua importância".

No currículo oficial do Estado de São Paulo ficou decidido que é possível trabalhar a proposta de aulas sobre o aquecimento global nas seguintes séries:

- 1º Ano: No segundo bimestre quando for trabalhado o assunto trabalho e energia mecânica;
- 2º ano: Série considerada ideal para introduzir o tema porque, como já foi explicitado, no 1º bimestre é trabalhado os tópicos de calor e meio ambiente.

- 3º Ano: No 3º bimestre poderíamos inserir o tema quando tratássemos sobre as radiações. É nesta parte que é discutida as energias que chegam e são emitidas pela Terra.

Ressalta-se mais uma vez a importância de analisar o currículo da rede pública de São Pulo porque os professores que aplicaram as atividades eram do ensino público. Desta maneira, cada professor na aplicação da proposta pode inserí-la sem grandes mudanças no seu planejamento curricular.

Analisou-se também a estrutura criada pela professora Maria Regina Kawamura que ministrou a disciplina Física do Meio Ambiente em que ela articula não só os conhecimentos físicos, mas também os temáticos como mostra os esquemas abaixo:

Organização Temática

Aumento populacional mundial ao longo da história Esgotamento dos recursos naturais;

Políticas públicas;

Painéis governamentais como IPPC;

Ações locais que melhoram as condições de vida;

Influências de outras esferas nas decisões acerca da questão socioambiental;

Mídia;

Ações das ONGs;

ETC...

Quadro 16: Organização conceitual do tema Aquecimento global

As organizações temáticas e conceituais elaborada pela professora Maria Regina Kawamura apresentam um panorama de conceitos em potenciais que poderiam compor a discussão sobre tema aquecimento global, além de permitir a articulação entre as duas dimensões temática e conceitual nas atividades²³.

Quanto à seleção dos conteúdos, utilizamos como parâmetro o conjunto de materiais disponibilizados pela professora Maria Regina Kawamura que se constituíam em roteiros teóricos sobre o aquecimento global, notas de aulas, imagens e apresentações de power point.

O fato de o grupo utilizar como guia os materiais da professora Maria Regina não significa um prejuízo às atividades, pelo contrário, esta professora ministra o curso de Física do Meio Ambiente há anos, já orientou diversos pesquisadores na área de ensino e meio ambiente, portanto temos a plena consciência que houve um ganho muito grande na estrutura conceitual das aulas.

²³ A proposta construída pelo grupo apresenta as duas dimensões: As conceituais que estão inseridos nas aulas 2, 3, 4, 5 e 6. A dimensão temática é discutida na aula 07.

Para selecionar os assuntos que iriam compor as aulas, a professora P1 sugeriu que cada integrante montasse uma proposta de quais conteúdos da Física deveriam ser contemplados na atividade.

Entretanto a professora P2 colocou:

"Eu acho que não consigo montar isso sozinha não, eu posso montar alguma proposta, mas não tenho a capacidade de montar uma aula sobre a Física que vai compor a sequência do aquecimento global".

Explicando um pouco melhor a proposta, o professor P7, explica:

Seria trazer sugestões e quais conceitos vocês gostariam de trabalhar e talvez neste momento, para não complicar mais as coisas, nem olhar muito para o caderno do aluno feito pelo Estado. Olhar mesmo o roteiro da Maria Regina.

Não precisa olhar muitos para as formalidades matemáticas, mas sim olhar para as questões conceituais dos roteiros para que os alunos entendam um pouco de forma científica as coisas.

Então acho que é isso, é elencar aquilo que quero discutir, como um conceito científico sistematizado, por exemplo, o efeito estufa, a energia do sol, como essa energia interagem aqui na Terra, na Atmosfera, o que é o equilíbrio quando falamos para o aluno o que entra de energia e matéria é igual ao que sai, as reflexões.

Então vamos encher essas coisas para que saia daí uma ou duas aulas com conceitos de física.

Os professores P2, P5 e P8 se juntaram para estruturar as aulas que resultaram na seguinte proposta:

1^a aula: Discussão de calor e temperatura vinculados ao planeta Terra;

2^a aula: Interação do sol, suas radiações e equilíbrio dinâmico.

3^a aula: Gases do efeito estufa,

4^a aula: Intervenção humana no aquecimento global.

A logística de aplicação dessas aulas foi explicada da seguinte forma:

"Iniciariamos a discussao problematizando quem esta aquecendo a Terra e apresentar como ou de que forma o sol esta aquecendo para entrarmos nos tipos de radiações e suas interações com a atmosfera para a producao do calor.

Após isso pensamos em entrar no equilibrio dinâmico para mostrar que aquilo que entra na Terra sofre interações e reflexões e volta para o universo.

No próximo momento falaríamos sobre o efeito estufa que não é algo ruim como geralmente os alunos pensam. É graças aos gases da atmosfera que a Terra mantém a sua temperatura.

Primeiramente definiríamos o efeito estufa; quais são esses gases; e depois iríamos relacionar o efeito estufa com o aumento da temperatura da Terra e discutir se existe esta possibilidade.

Falaríamos também das ações humanas sobre o planeta e qual é o alcance dessas ações. Por exemplo, o homem polui, mas será que isto interfere na dinâmica da Terra? Como isso se dá?

Isso, nos dá um gancho para falar das incertezas porque já é possível perceber que apesar de muitos acharem que o homem faz tudo, destrói tudo, na verdade a sua contribuição é muito pequena pensando no tamanho do Planeta. (grifo nosso).

Então para falarmos sobre as incertezas, trabalharíamos com os critérios utilizados para fazer as medições da temperatura da Terra, quanto dos gases".

Chamamos a atenção ao trecho grifado porque ele evidencia outra perspectiva dos debates a respeito do aquecimento global. De modo geral, as discussões deste tema em sala de aula apresentam um único lado e verdadeiro, principalmente se analisarmos as informações divulgadas pela mídia, a grade maioria delas, tende a induzir as pessoas a acharem que a temperatura da Terra já aumentou e principalmente, somos nós, seres humanos, os culpados.

Não se discute, em raras exceções, por exemplo as divergências sobre o tema no mundo científico e em determinados setores da sociedade. Se pesquisarmos mais a

fundo, veremos que não existe, até o momento, um consenso se há ou não o aquecimento global.

Essa discussão se torna fundamental porque exemplifica de forma clara que a ciência tem seus limites, isso não significa que ela é falha, mas sim que existem fenômenos que nos dias de hoje não podem ser explicados por ela. Portanto, embora existam cientistas que criam modelos físicos para afirmar ou negar o aquecimento global não conseguimos determinar qual corrente é a verdadeira.

Essa perspectiva também foi colocada pelo grupo:

"Precisamos ter muito cuidado porque seria ruim o aluno ter o mesmo pensamento depois de desenvolvermos a sequência com eles, mas seria pior ainda se os alunos acharem que nada existe, que a ciência não prova nada.

Na verdade temos que mostrar que a ciência prova sim algumas coisas, já outras a ciência é limitada, não é que ela não tem método ou é frágil, ela, na verdade, para algumas coisas é limitada porque tem muita interação, muitos fatores".

Mais do que buscar posicionamentos dos estudantes se existe ou não o aquecimento global é mostrar que, por trás de todas as questões que envolvem o tema, existem muitas dúvidas e que não há respostas prontas/acabadas e uma grande contribuição dessa discussão é fomentar o espírito questionador do aluno.

A proposta do professor P6 não se distanciou daquilo que foi proposto pelo grupo anterior e sua organização não estava dividida por aulas. Os conceitos físicos que listados, foram:

- Calor e temperatura
- Espectro magnético;
- Equilíbrio dinâmico;
- Fluxo de energia com ênfase no cálculo para se determinar a temperatura média da Terra;
- Efeito Estufa.

A dinâmica na sala de aula seria:

"O que vocês fizeram está bem parecido com o que eu fiz, mas o de vocês está mais detalhado.

Pensei inicialmente em fazer uma breve contextualização dos estudos sobre alterações climáticas ao longo da história citando, por exemplo, Fourier, Tyndall, Arrhenius que se debruçaram sobre isso. Acho importante que seja feito neste momento para mostrar aos alunos as dificuldades que permeiam a área e a importância das medidas que eles estão realizando.

Não alteraria muita coisa naquilo que já foi colocado, só gostaria de dar maior ênfase, quando entrarmos nas interações da radiação com a atmosfera, à matemática principalmente aquela equação que coloca o equilíbrio da entrada e saída de energia para chegar na temperatura média da Terra em -15°C .

O conteúdo sobre sol e as radiações é muito importante porque quando falamos de condução térmica ou propagação de calor o aluno só pensa na propagação como sendo feita por matéria. O aluno precisa ter clareza que entre o sol e a Terra, não existe um cabo ligando os dois e que a radiação infravermelha responsável pelo calor se propaga pelo espaço.

Terminaria a aula mostrando que o efeito estufa é algo bom".

Por fim, a professora P1 apresentou sua proposta que também não estavam organizadas em aulas:

- Calor e temperatura;
- Equilíbrio dinâmico: fluxos;
- Radiação solar;
- Efeito estufa.

Uma questão contraditória que aparece na seleção dos conteúdos é o fato de que, nesta parte, esperava-se que o grupo discutisse, em conjunto, os elementos que iriam compor o currículo, como é feito em trabalhos que privilegiam a perspectiva freireana, mas o que aconteceu foi o contrário, isto é, utilizou-se como estratégia a criação de propostas individuais, para depois, discutí-las em conjunto.

Apesar da divisão, é razoável evidenciar os motivos pelos quais o grupo precisou utilizar e se adequar a sua realidade. Tínhamos dificuldades em realizar reuniões com todos os integrantes visto que alguns davam aulas pela manhã, outros a noite, todos tinham compromisso com as aulas do mestrado, de modo que nos

reuníamos aproximadamente uma vez a cada 15 dias e era consenso do grupo que, este ritmo, demoraríamos muito para concluir as aulas sobre o Aquecimento Global.

Embora essa divisão não se aproxime das ideias de Freire, ainda assim é possível perceber que os conteúdos organizados pelo grupo convergiram a uma mesma proposta com algumas variações. Talvez, se houvesse uma discussão sobre a organização dos conteúdos em conjunto, não teríamos grandes diferenças daquilo que foi mostrado anteriormente. Observa-se isso no quadro abaixo que mostra a seleção dos conteúdos com os pontos em comuns que compuseram a estrutura conceitual. Destacam-se duas variações: A intervenção humana sugerida pelos professores P2, P5 e P8 e a ênfase na matemática e no contexto histórico sugerido pelo professor P6.

Quadro17: Estrutura conceitual elaborado pelos professores

Tais semelhanças são justificadas pois o grupo, em conjunto, estudou e analisou os assuntos do aquecimento global, utilizaram como guia os materiais da professora Maria Regina Kawaura e, nesse sentido, é possível afirmar que já havia uma uniformização das ideias.

Portanto, as discussões que se seguiram não estavam pautadas nos conceitos em si, mas nos ajustes da estrutura, isto é, se incorporaríamos o contexto histórico ou a matemática nas atividades dos alunos.

Com relação ao contexto histórico, o professor P8 afirma:

"Eu acho essa ideia bem interessante porque eu sempre tento contextualizar as aulas com curiosidades para o aluno ver outros elementos de um mesmo assunto.

Eu só fico com medo de perder muito tempo com isso, porque querendo ou não, para contextualizar muito bem, demanda tempo".

A professora P2 complementou:

"Eu acho que dá para trabalhar a parte histórica em vários momentos, acho que dá pra trabalhar quando tratarmos das interações solar e atmosfera, como é que eles calculavam como é que eles mediam a temperatura. Ou então quando falarmos do calor e temperatura, então acho que não se tem um momento definido para falar da parte histórica, é possível colocá-los em vários locais.

Tanto é que quando falarmos das incertezas, acho necessário falar dela porque dá para mostrar que temos dados indiretos, porque até 100 anos atrás temos dados diretos, mas antes disso não, os dados são indiretos".

O professor P6 argumenta:

"Tudo bem, dá para trabalhar a questão conceitual em vários momentos, mas eu ainda insisto que seja no início porque casaria muito bem com a atividade experimental que o aluno irá realizar".

A professora P2, interrompe dizendo:

"Eu não acho que o contexto histórico deva ser agora, seria depois porque os alunos precisam sentir as dificuldades, lembra quando coletamos os dados? Foi difícil então acho que essa discussão seria mais significativa depois, porque se falarmos antes, na hora que eles forem medir as temperaturas, eles já estarão esperando as dificuldades".

Não houve consenso no grupo sobre o objetivo de empregar o contexto histórico na atividade e juntando ainda o fator tempo que poderia aumentar ainda mais a quantidade de aulas, o contexto histórico não foi incorporado. É possível supor também que, no entendimento dos professores, o contexto histórico contribuiria apenas para mostrar algumas curiosidades a respeito do Aquecimento Global, mas que não ajudaria, por exemplo, a responder as perguntas levantadas na problematização inicial.

Outra questão que suscitou debate foi se iríamos apresentar ou não o cálculo matemático que demonstra como se determina a temperatura média da Terra.

O professor P8 e P2 explicaram:

"Eu não acho a equação uma boa porque apesar dela ser simples, seria apresentar a equação por apresentar, porque conseguiremos explicar para o aluno que a temperatura da Terra é -15°C sem apresentar a equação.

Acho que a apresentação da equação irá tomar bastante tempo e pode criar também dificuldades de entendimento no aluno".

A professora P2:

"Eu acho que ela vai assustar o aluno.

Porque, por exemplo, na minha escola os alunos são fracos, não sabem fazer soma de fração. Então se você chegar com coisas do tipo " π ", " r^2 " volumes, os alunos vão ficar loucos, então eu acho que a explicação matemática pode ser mais para o professor do que para o aluno.

Também penso que como só temos 4 aulas e como dou aula a noite ela seria de 45 minutos, será que conseguiremos falar de interação, radiação solar e equilíbrio e além da equação?"

Tentando defender a ideia o professor P6 disse:

"Entendi, mas a minha ideia de usar a matemática seria para diversificar as aulas, porque a primeira atividade utilizamos as discussões para fazer o levantamento dos alunos, no segundo momento temos um experimento, mas no terceiro momento, ficamos muito preso a uma espécie de palestra onde definimos coisas, então para quebrar um pouco isso, usaríamos a matemática.

Precisamos nos atentar porque daqui a pouco a Física vai virar aula de power point. E também não podemos privar os alunos que gostam da matemática na Física. Eu sinceramente gostava de calcular nas minhas aulas de física".

A professora P2 contra argumenta:

Eu concordo com você acho que precisa mesmo de matemática, mas aquela formula me assusta.

Mesmo com boa intenção de diversificar a aula apresentando a equação que calcula a temperatura média da Terra, o professor P6 não percebeu que no contexto explicitado e de acordo com as intervenções dos professores P2 e P8, a formula não iria enriquecer a aula no sentido de complementar o entendimento dos alunos, pelo contrário, iria atrapalhar. Inclusive a professora P2 explicou as dificuldades que os alunos dela têm com a matemática além do seu tempo de aula ser bastante restrito, deste modo, a solução encontrada por eles seria explicar, com auxílio da imagem que coloca as radiações que chegam e saem da Terra que estaria dentro do tempo disponível para a atividade.

Da mesma maneira que o contexto histórico, o cálculo da temperatura média não foi inserido nas atividades. A equação é demonstrada ao professor, mas não há orientações no material dizendo que o professor não possa utilizar este recurso, na verdade, essa opção ficará a cargo dele.

Por fim, discutiremos a hipótese de a humanidade contribuir para o Aquecimento Global. Essa ideia, como evidenciado acima, foi sugerida pelos professores P2, P5 e P8, mas na perspectiva deles, seria dedicada uma aula só para isso. Como já estava planejado discutir os dados que os alunos iriam trazer na quinta e ultima aula, englobamos a ideia deles a uma única atividade, isto é, falaríamos da intervenção humana durante a discussão das medidas como foi mostrado na atividade experimental.

Com a estrutura dos conceitos praticamente organizada, precisávamos montar as aulas que iriam compor as atividades. Na primeira aula planejamos discutir o conceito de calor e temperatura, mas a professora P1 propôs iniciar esse debate a partir de um elemento conhecido pelos alunos, ela sugeriu que utilizássemos um copo com água para introduzi-los.

Embora a ideia fosse interessante, ela sofreu resistência do professor P8:

"Para que problematizar de novo se estamos problematizando desde a primeira aula. Não acho que seja necessário problematizar essa primeira aula do 3º momento porque a Regina acha que está muito amplo e que devia partir de uma coisa mais simples, mas para mim, isso desarticula toda a sequência, porque estamos falando do planeta e agora surge, do nada, um copo com água? Eu só acho que o copo com água está no lugar errado, se fosse para fazer essa reflexão, que ela tivesse sido feita antes".

A professora P5 brinca:

Você não entende P8 porque você não é da licenciatura

Por mais que a professora P5 estivesse brincando com seu argumento, talvez isso ajude a explicar a resistência que o professor P8 apresentou, embora ele soubesse da necessidade da problematização visto que todos tiveram reuniões de formação da perspectiva de Freireana no Ensino de Ciências não houve reconhecimento neste momento de organização.

Podemos inferir que há dois momentos de problematização, o primeiro estava relacionado ao tema no sentido de levantar e organizar as ideias dos alunos sobre o Aquecimento Global. Agora a nova problematização²⁴ condiciona-se ao conteúdo específico. Definir calor, temperatura e fluxo de energia de forma tradicional, dificultaria o entendimento do aluno sobre os conceitos que envolvem trocas de energia, de matéria, interações na superfície. Portanto utilizar um exemplo específico (copo com água) talvez ajude a generalizar esses conceitos e compreender a dinâmica Terrestre.

Neste momento, novamente o grupo sentiu a necessidade de reproblematicar²⁵ o conteúdo específico, afim de superar as dificuldades detectadas mesmo que nem todos os integrantes tenham a mesma perspectiva.

A diferença entre as duas problematizações é que a primeira que é o levantamento e organização das ideias dos alunos vincula-se ao tema enquanto a segunda problematização vincula-se aos aspectos do conhecimento visto que, dentre

²⁴ Esta problematização vincula-se aos conceitos da Física, portanto não podemos caracterizá-la como uma problematização inicial como bem discutimos na introdução desta dissertação.

²⁵ Ideia do Fractal que apareceu anteriormente

outros objetivos, a problematização promove a aproximação entre os conceitos e a realidade dos alunos.

Os professores P5, P2 e P6, concordaram em utilizar o copo contra-argumentando:

P5:

Mas com o copo, podemos também falar dos fluxos de energia! Porque o aluno quando mede a temperatura, não sabe de onde ela vem ou o que ela representa. Então com o copo, podemos falar sobre isso. Temos que problematizar sempre.

P2:

Eu concordo com a P5, acho que com a problematização do copo, o aluno entenderá a ideia do fluxo de entrada e saída.

Por que assim, na nossa sequência, mais para frente falaremos sobre o sol, da radiação que chega na Terra, para depois entrarmos nos fluxos de energia.

A gente precisa começar com questões que falem sobre a temperatura, porque a primeira aula tratou disso, a segunda também. Então precisamos, como ainda está cedo para colocar a temperatura da Terra em discussão, colocar a temperatura do copo.

Sem isso chegaríamos na sala de aula e trataríamos de radiação, efeito estufa, fluxo de energia, mas o aluno estaria perdido.

Eu acho interessante fazer o contrário, primeiro é legal o aluno entender como é o fluxo de entrada e saída de energia do copo para depois generalizar dizendo que este mesmo fenômeno acontece na Terra e assim vai.

P6:

A impressão que eu tenho da necessidade do copo com água é a seguinte:

Ao termino da atividade experimental os alunos estão com diversas dúvidas no ar relacionadas a temperatura e ao aquecimento global discutido desde a primeira aula. Então a

partir de agora, nós começaremos a respondê-las. Mas para medir a temperatura da Terra é algo complexo que precisa de muitos dados e anos de pesquisa.

Contudo, podemos pensar num exemplo mais simples e palpável que é o caso do copo com água.

É importante a preocupação dos professores de retomarem a problematização inicial porque a organização do conhecimento tem o caráter de responder as questões levantadas inicialmente se perdermos isso de vista, corre-se o risco da seleção do conhecimento discutir outras relações que não sejam aquelas levantadas anteriormente.

Outro fato que apareceu é o cuidado com a inserção paulatina da teoria para não haver um salto conceitual que impediria o diálogo com o aluno, assim criaríamos uma atividade sem significado. Com uma abordagem tradicional, não responderíamos as perguntas iniciais, tão pouco haveria espaço para ações intervencionistas que permitisse o aluno a resignificar sua realidade.

Por fim, as discussões realizadas permitirão desenvolver as aulas sobre os conceitos Físicos sobre o tema que podemos sintetizá-la de acordo com a estrutura esquematizada abaixo:

Observa-se que até agora não se vinculou os conteúdos com as ideias de cunho social como, por exemplo, desmatamento, aumento do nível do mar, dentre outros, mas que serão tratadas a seguir.

5.2.2.2 Dimensão Temática

Ainda na organização do conhecimento, organizamos uma atividade focando as polêmicas que existem sobre o tema, segundo a professora P1:

"Ao tratarmos das polêmicas que envolvem o aquecimento global, pensei em usar um conto de ficção e um artigo do Molion que tem no livro que eu comprei para o grupo que talvez seja interessante o aluno ler com mais calma.

Também é importante falar na possível intervenção humana dando ao aluno a oportunidade refletir acerca das ações ou degradações locais e como elas podem colaborar para afetar um contexto mais global".

O livro de ficção comentado pela professora chama-se Estado do Medo que apresenta discussões sobre o aquecimento global entre grupos de ativistas e de céticos. Apesar de ser uma história fictícia, o autor escreveu o livro baseado em uma pesquisa que realizou sobre o assunto. Algumas dessas informações reais são encontradas nesse livro. O autor procura alertar o leitor dos riscos de uma ciência politizada e faz uma comparação entre as teorias do aquecimento global e a eugenia utilizada pelos alemães na segunda guerra mundial. A história se passa com moradores de uma ilha localizada no Oceano Pacífico, que corriam o risco de terem que evacuar suas residências devido à elevação do nível do mar causado pelo Aquecimento Global provocado pelos EUA, considerado o maior emissor de CO₂ do mundo. Diante disso os moradores resolveram mover uma ação contra a Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Os moradores da ilha tinham grandes chances de ganhar o caso e para isso o diretor de um grupo ativista, Nick Drake, contava com a contribuição do rico filantropo George Morton, que frequentemente apoiava causas ambientalistas. No entanto, depois de um encontro com o Dr. Kenner um professor do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que possuía um trabalho que buscava evitar dados discrepantes sobre a temperatura da Terra, Morton resolveu não fazer mais a doação ao grupo. Pouco tempo depois Morton morreu. Drake, tentando evitar que as doações fossem interrompidas resolveu investigar quem seria o Dr. Kenner e o que ele teria dito a Morton para que ele desistisse de fazer a

doação. Em suas investigações, Kenner trabalhava com mais três pessoas que buscavam compreender o verdadeiro objetivo do grupo ativista: Sarah Jones, assistente de Morton; Peter Evans, um advogado que trabalhava para Morton nos assuntos ligados as causas ambientais e Jennifer Haynes, uma advogada que trabalhava no caso dos moradores da ilha do Pacífico. O trecho retirado do livro sugerido nessa proposta diz respeito a uma entrevista que Jennifer Haynes faz com Peter Evans sobre as evidências do Aquecimento Global.

O próximo texto é o artigo do professor Luis Carlos Baldicero Molion cujo título é Aquecimento Global: Uma visão crítica. Nele é analisado que o homem não consegue intervir nas mudanças climáticas principalmente com a emissão do CO₂. Outro aspecto mencionado é que apesar do pesquisador não enxergar que o homem contribui de forma significativa para a ocorrência do aquecimento global, não significa que podemos degradar o meio ambiente, pelo contrário, é preciso que os governantes façam políticas públicas para sua preservação e redução do consumo dos recursos naturais.

Podemos considerar esses materiais como textos de divulgação científica, por trazerem dados reais e utilizam conceitos da Física para interpretá-los. Desta forma, aquilo que foi estudado no bloco conceitual complementa muito bem o entendimento das questões temáticas colocadas agora. Inclusive a atividade experimental que, a priori, não ajuda a responder os questionamentos levantados na problematização inicial, mas nesta dimensão temática mostra ao aluno que o próprio processo de medida tem seus limites, suas incertezas e no caso do aquecimento global não se tem uma conclusão determinista.

A ideia deste bloco temático seria apresentar os dois textos aos alunos e promover uma discussão na sala de aula, entretanto, quando este material foi apresentado ao Pedro Roberto Jacobi²⁶ professor titular da Universidade de São Paulo, ele sugeriu algumas modificações para ampliar o debate.

Ao invés de utilizarmos o livro Estado do Medo e o artigo do professor Luiz Carlos B. Molion que complementa o livro, apresentaríamos também, além do ponto de vista dos cientistas céticos e ortodoxos, as perspectivas do governo e da sociedade.

²⁶ Doutor em Sociologia

De acordo com P2:

"O interessante deste novo formato, é que o aluno não terá somente a visão científica, mas política e social e no final, o aluno pode produzir um material que mostrará sua posição como um todo".

Com a nova formatação, incorporamos os aspectos do governo e da sociedade e inserimos elementos temáticos que não haviam sido contemplados na dimensão conceitual, assim estabelecemos um diálogo muito mais amplo com os alunos.

Na sala de aula, os alunos seriam divididos em grupo e cada um deles tem o objetivo de apresentar os argumentos sobre o aquecimento global sob a ótica desses quatro grupos. No material encontra-se as seguintes dinâmicas:

(i) Representantes dos cientistas céticos: essa equipe deve trazer à tona o ponto de vista dos cientistas que acreditam que outros fenômenos, como a dinâmica do planeta, influenciam as mudanças climáticas. Nessa perspectiva defende-se a ideia de que não é possível culpar o ser humano sobre o Aquecimento Global porque outros fatores estão em jogo.

(ii) Representantes dos cientistas ortodoxos: essa equipe discute o ponto de vista dos cientistas que sugerem mudanças imediatas nas ações que envolvem a interferência no meio ambiente. Há muitos cientistas que trabalham nessa perspectiva, mas tomam-se como referência os dados apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC). Como referência a essa discussão, os alunos podem ler o artigo ‘Quinto relatório do IPCC mostra intensificação das mudanças climáticas’ [<http://agencia.fapesp.br/17944>]. Outra sugestão para preparar os alunos para o debate é a discussão abordada na palestra do professor Paulo Artaxo. Eles devem responder a questão: Quais os principais argumentos que sustentam o ponto de vista dos cientistas ortodoxos sobre o tema Aquecimento Global?

(iii) Representantes do governo: essa equipe deve trazer à tona os interesses do governo. Para isso, os seus representantes precisam ter clareza sobre as ações atuais dos governos e a sua real situação de intervenção. Para que os alunos tenham subsídios para discutir é sugerido que eles investiguem as ações presentes no site do Ministério do

Meio Ambiente. Os alunos também podem ler o texto ‘Rascunho zero do documento final da conferência’ [<http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia.html>]. O importante nesse momento é que os alunos possam mostrar suas ações e articulá-las com os interesses dos outros grupos.

(iv) Representantes da sociedade: essa equipe de trabalho pode procurar argumentos que vão defender os interesses da comunidade local ou global. Isso significa que eles precisam estar preparados para expor suas ideias sobre os interesses dos indivíduos dessa comunidade.

Outras discussões interessantes podem ser encontradas no site da WWF Brasil. Uma sugestão de discussão que também abarcará questões sobre o Aquecimento Global está na reportagem ‘G8+5 chega a consenso histórico, mas ainda é pouco para deter o aquecimento global’ [<http://www.wwf.org.br/?20600/g85-chega-a-consenso-histrico-mas-ainda--pouco-para-deter-o-aquecimento-global>]. Note que essas são apenas sugestões de leituras.

A organização dos alunos na sala de aula em grupos e cada um deles debatendo sobre os diversos pontos de vista do aquecimento global finaliza este bloco da organização do conhecimento e como discussão final proponho uma breve reflexão sobre a seguinte pergunta: Será que os questionamentos levantados inicialmente estão articuladas com os saberes elencados neste segundo momento pedagógico? Para respondermos isso, vamos retomar algumas ideias gerais.

O grupo de pesquisa se propôs a construir um conjunto de aulas sobre o tema aquecimento global cuja problematização inicial teve o objetivo de levantar as ideias dos alunos utilizando como interface as imagens que denunciavam o problema e organizar essas ideias em causas e consequências.

Associando o tema com os resultados obtidos na problematização inicial, podemos verificar dois aspectos. O primeiro é compreender o aquecimento global como um fenômeno Físico que estudamos, por exemplo, a dinâmica da Terra, a hipótese do aumento da sua temperatura e outros que foram amplamente discutidos na organização do conhecimento. O outro vincula-se a questão temática que está relacionada com as ideias dos alunos como desmatamento, enchente, queimadas, etc.

Para construir a dimensão conceitual, pesquisou-se o currículo oficial do Estado de São Paulo, livros didáticos e a estrutura conceitual elaborada pela professora Maria

Regina. Ao analisarmos esses materiais e olhando aquilo que o grupo produziu, percebemos que não houve por parte do grupo a intenção de esgotar todo o conhecimento sobre o tema, pelo contrário, vários assuntos em potenciais foram excluídos.

Alguns critérios de seleção mencionados nas falas dos professores foram o fato de existirem questões que não ajudariam no entendimento do tema ou pior, dificultavam o diálogo com o aluno²⁷.

Ressalta-se também que em determinados momentos, houve o cuidado por parte do grupo em retomar a problematização inicial para verificar se havia um vínculo entre ela e os conteúdos selecionados. Portanto, a seleção dos conteúdos que abordaram o tema, não foi feita de forma aleatória, pelo contrário, como demonstrado pelos professores, cada escolha, teve uma intenção, um objetivo de modo a ampliar o conhecimento dos alunos que estavam no âmbito da intuição para um conhecimento mais estruturado.

E essa seleção dos conceitos caminhou para um resultado interessante porque não se objetivou afirmar a existência do aquecimento global ou se ele é causado pelo homem porque afinal de contas a ciência não diz isso, na verdade, tem-se interpretações no meio científico que alguns concordam o aquecimento, outros não. E este ponto é fundamental, visto que além de interpretarmos o aquecimento global com um fenômeno Físico, conseguimos mostrar os limites que a ciência tem sobre o tema. Na perspectiva da professora P1:

"Não é só o homem o culpado porque não é isso que a ciência consegue responder, ela não tem dados par dizer isso, é o que estamos tentando problematizar.

Se olharmos os dados a partir da ciência, temos duas interpretações: se a Terra está ou não aquecendo ou se o homem é ou não culpado. Por isso, buscamos mostrar ao aluno que há outras variáveis. A Terra é um sistema dinâmico e complexo e falar com tanta certeza sobre o aumento da temperatura, não é possível".

²⁷ Nesta questão, cito a tentativa de inserir na atividade do aluno a matemática, mas o grupo concluiu que ela, no contexto escolar daqueles professores, poderia atrapalhar o entendimento do tema.

Desta maneira contrariamos o perfil de ensino que trata a ciência como estática, acabada, pronta, para um ensino de ciências que está sendo socio-historicamente construída e que por trás dela existe diversas tensões que é uma característica da perspectiva freireana.

Cabe destacar que houve, no momento da organização do conhecimento, um entrelaçamento entre a dimensão conceitual e temática, pois, os conceitos discutidos na primeira dimensão foram imprescindíveis para interpretar os artigos, os gráficos, as tabelas os documentos debatidos na dimensão temática.

Nesse sentido, a articulação dos conceitos selecionados e os aspectos políticos, sociais econômicos, ambientais, apresentam outro elemento da perspectiva freireana por que essa dinâmica não é colocada de forma independente que é uma característica da educação bancária, mas vinculam-se entre si.

Outra aproximação freireana é a organização do conhecimento que apresenta a contribuição do sociólogo Pedro Roberto Jacobi. Porém é necessário ponderar que a proposta de Freire, a seleção e organização do conhecimento é realizado de forma interdisciplinar e envolve todas as áreas do conhecimento de modo a promover uma visão totalizadora do problema. Neste bloco, tivemos o olhar apenas da Física e da Sociologia e, portanto, não se pode afirmar que seja totalmente de acordo com as abordagens freireanas, mas ainda assim não podemos desprezar este fato visto que, como já discutido, a proposta de aulas do aquecimento global foi desenvolvido para a disciplina de Física cujo currículo já está estabelecido, por isso essas adaptações foram necessárias. Além de ser razoável que apareça mais conceitos físicos do que outros porque o grupo de pesquisa tem, com exceção do professor Pedro Roberto Jacobi, formação em Física.

Em síntese, podemos dizer que a proposta de aulas elaborada pelos professores tem a seguinte característica:

Quadro 18: Organização das atividades vinculados aos três momentos pedagógicos.

Para concluir, defendemos nesta dissertação que a complementaridade entre a abordagem temática e conceitual promoveram um debate sobre as relações colocadas na problematização inicial e foi além no sentido de evidenciar os limites da ciência, pois de acordo com Silva:

"Os tópicos selecionados precisam ser distribuídos pelas Áreas do Conhecimento segundo as necessidades das abordagens política e ético-crítica, ou seja, deve-se contextualizar processos e produtos relevantes no tempo / espaço socioculturais, no sentido de retornar à realidade, apontando para ações intervencionistas, transformadoras de concepções e de práticas socioculturais locais. Assim, faz-se necessário organizar práticas dialógicas concretas que, vivenciadas, recapitulem o processo problematizador e dinâmico de construção curricular". (SILVA 2004, p. 254).

5.3. BLOCO III: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO:

Neste último momento pedagógico espera-se que:

Seja abordado sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior, as mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando

a generalização da conceituação que foi abordada no momento anterior, inclusive formulando os chamados problemas abertos. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos a ir empregando os conhecimentos na perspectiva de induzi-los a articular constante e rotineiramente a conceituação física com situações reais do que simplesmente encontrar uma solução ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas físicas. (DELIZOICOV, 2001: 108)

Em síntese, a aplicação do conhecimento vai além do entendimento da problematização inicial, busca-se, a partir do que foi incorporado ao longo do processo, generalizar para outras situações seja no âmbito local, regional ou até mesmo mundial.

Até agora, passamos pelos olhares dos conceitos físicos e temáticos, e os limites da ciência, mas será que o fato da ciência não conseguir ter uma resposta determinista sobre o tema, significa dizer que os seres humanos podem destruir o meio ambiente sem nenhuma consequência? Na verdade não é isso que esta sequencia propõe, segundo P1 a aplicação do conhecimento tem como finalidade:

De fato esta é uma etapa muito importante problematizar, resgatar as discussões da primeira aula.

Ele precisa entender também que ações locais podem influenciar outras estruturas. A palavra chave é o "pode", é não a palavra "vai acontecer", e a preocupação é sempre o bem estar local, mas isso não é argumento para o aluno, por exemplo deixar a torneira aberta. A nossa aula não pode dar subsídios para esse aluno deixar de agir, ele tem que agir só que de uma forma crítica e, sobretudo que a ciência está em construção visto que ela tem suas limitações.

E nesse sentido a questão ambiental está tendo a oportunidade de mostrar que a ciência está sendo construída. Talvez um dia no futuro ela tenha a resposta, mas agora não.

Para finalizar, sugere-se que se traga imagens e vídeos que leve as reflexões sobre o ter e o ser. É importante os alunos refletirem o que querem, o que gostam etc.

Na problematização inicial, esperava-se que os alunos tivessem dificuldades de organizar as ideias levantadas em causas e consequências. Após passar por todas as aulas, a expectativa era que os alunos conseguissem organizá-las com facilidade, mas se

ainda houvesse dúvidas, caberá ao professor sistematizar as falas dos alunos a partir das possibilidades indicadas na tabela abaixo:

<i>Possíveis causas do aquecimento global</i>	<i>Possíveis consequências do aquecimento global</i>	<i>Coisas que não tem aparentemente a ver com aquecimento global</i>
Aumento da temperatura da Terra	Aumento da produção de gases estufa	Maior frequência de Tsunamis
Aumento do gás carbônico na atmosfera	Furacões, tornados e devastação	Terremotos
Poluição causada pelos carros e caminhões	Aumento do nível do mar	Maior frequência de vulcões em erupção
Mudanças climáticas	Mudanças climáticas	Aumento da mortandade de baleias
Poluição atmosférica nas grandes cidades	Degelo das geleiras dos polos	Buraco da camada de ozônio
Desmatamento/ Queimadas	Extinção de espécies animais	Crédito de Carbono
Ação humana irresponsável	Migração fora de época das aves	Tratado de Kyoto
Aumento da atividade na superfície do Sol	Ameaça à biodiversidade	
Terra está passando por um período que corresponde ao final de um ciclo glacial	Chuva ácida	
Efeito estufa	Inversão Térmica	
	Mais água dos oceanos concentra o carbono presente em grande quantidade na atmosfera	
	Seca no nordeste/ Alagamento nas cidades	
	Verão com temperaturas mais elevadas	

GRECC

TER EM EXCESSO LEVA À....

GRECC

<http://www.gruposcolar.com/zh/87290.jpg>

<http://www.abf.com.br/wp-content/uploads/2012/06/LivroCINA30.jpg>

<http://www.brasilrecota.com/uploads/convertido/imagem/7e9d42085070246a8f8f0437963d0.jpg>

<http://img.tnma.com.br/tema/01/0648/018648280414715847020704443188.jpg>

https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANdPGsR8ZM9PngVqxX2ebomfjWCFYRQ2ND_c0GkaQ8ba-ehv36

GRECC

SER....

GRECC

No que você pensa ao refletir sobre essas imagens?

OU

GRECC

Essas...?

<http://www.mundo-nipo.com/meio-ambiente-e-energia/02/04/2013/china-estuda-modelo-japones-para-controlar-polucao/>

<http://treconsultoriaambiental.blogspot.com.br/p/poluiacao-em-imagens.html>

<http://noticias.terra.com.br/energia/sustentabilidade/densa-nuvem-de-polucao-cobre-cidade-do-nordeste-da-china,cd06ea2886d410VgnCL12000000ecSeBuRCKRD.html>

http://www.cafecomsociologia.com/2012_03_01_archive.html

GRECC

OU

http://static3.wikia.nocookie.net/_cb20070107194806/uncyclopedia/imagem/3/36/Earth.jpg

<http://i1.r7.com/data/files/2/395/948E/3063/34C6/0130/6448/739F/1C45/A.jpg>

Figuras 04: Algumas imagens que compõem o material do professor que são discutidas com os alunos.

Espera-se, com isso, que haja uma mudança de atitude dos alunos, principalmente em relação ao consumismo desenfreado e passem a ter um consumo consciente. Neste ponto, há uma intervenção na realidade concreta e que uma possível indiferença que algum aluno possa ter, seja transformada em uma postura que se dissocie do modelo capitalista da sociedade.

Nesse sentido, uma atividade que se propõe a debater o tema aquecimento global, ganhou um novo horizonte ao incluir na discussão a preservação ambiental e a redução do consumo pela população. Infelizmente esta dissertação não investiga se os alunos que passaram por este processo mudaram, mesmo que pontualmente, seus hábitos quem sabe isso possa ser feito em um trabalho futuro. De qualquer forma, houve a intenção por parte dos professores em propor atividades que se interferisse na vida imediata dos alunos que pudessem propiciar sua mudança de postura que, por fim, também se aproxima da perspectiva freireana No último capítulo farei algumas considerações finais.

6. Conclusão e Considerações Finais

Neste último capítulo retomaremos algumas reflexões que permearam esta dissertação, além de identificar possíveis encaminhamentos para o prosseguimento deste trabalho.

A proposta de aulas sobre o Aquecimento Global foi elaborada afim de levar para sala de aula atividades sobre o meio ambiente que contemplasse outros elementos além do conhecimento científico, como as questões sociais e econômicas vinculadas a perspectiva de Garcia (1998) e Freire (1987) cuja organização seguiram os três momentos pedagógicos.

Contudo, desenvolver atividades que cumprissem esse objetivo não é nada fácil, pois os professores do grupo de pesquisa ministravam aulas em escolas públicas que por sua vez apresentam diversas limitações como o currículo pré-definido, falta de estrutura e de recursos.

Embora tivéssemos dificuldades para elaborar as aulas por causa da realidade escolar do Estado de São Paulo, os professores, a partir das mudanças de perspectivas, conseguiram estruturar as atividades com alguns elementos da perspectiva freireana.

Na problematização inicial percebemos que o grupo de professores, em alguns momentos, se inclinavam para questões puramente conceituais, mas à medida que as discussões foram ganhando corpo, a visão dos professores se transformou, originando uma atividade que carrega um problema, uma contradição social se consolidando uma problematização inicial.

Na organização do conhecimento, esperava-se a sistematização do conhecimento específico, mas fomos além. Pelo fato dos professores acharem que se fossem trabalhados os assuntos de forma tradicional, poderia comprometer o entendimento do aluno. Para tentar amenizar as possíveis dificuldades dos alunos, dentro da própria organização, foram necessárias outras problematizações, ainda que houvesse discordâncias.

A seleção dos assuntos que compõem o segundo momento foi realizada de forma independente, isto é, cada integrante fez sua proposta, mesmo que esta dinâmica não seja estritamente freireana. Ainda assim é preciso entender que os integrantes do

grupo não conseguiram de se reunir com frequência, principalmente nas épocas de final de bimestre ou períodos de provas nas disciplinas.

Com todos os contratempos, a estrutura dos conteúdos formulada pelos integrantes foram praticamente os mesmos. Isso ocorreu pelo fato de o componentes do grupo terem acesso aos mesmos materiais e de participarem das mesmas reuniões de formação com o professor Marcelo Zanotello e com a professora Maria Regina Kawamura.

Na aplicação do conhecimento, como uma de suas características não ficamos atrelados somente em retomar as ideias iniciais, mas também procuramos promover uma reflexão em sala de aula acerca do consumo exagerado a difença entre o ter e o ser uma confusão frequente entre os jovens.

Um item que nos chamou atenção nas reuniões que discutiram o último momento pedagógico foi uma grande sintonia que o grupo tinha, isto é, apesar de sempre existir ao longo das reuniões momentos de divergências, nessa fase final, o grupo concordava mais rapidamente com as propostas apresentadas.

Desta forma além da mudança de perspectiva, tivemos também uma uniformização de pensamentos no que tange à elaboração das atividades, assim, é possível verificar três fases das reuniões:

1ª Fases - Início das reuniões: Cada integrante tem sua opinião e espera-se que ela seja aceita pelos demais;

2ª Fase - Ao longo das reuniões: Com o estreitamento de vínculo emocional e as aulas de formação tanto temática quanto conceitual, as ideias do grupo passaram a convergir;

3ª Fase: O grupo apresenta sintonia e uniformização das ideias.

Não estava no objetivo desta dissertação investigar se existiram alunos que, a partir da proposta construída, mudaram de postura acerca do consumismo ou se passaram a ter um olhar mais crítico a respeito das mudanças climáticas. Talvez esse seja um caminho para a continuidade deste projeto.

Espero que esta dissertação contribua para que outros professores que estão imersos numa realidade escolar restrita, possam promover aulas com algumas

características da filosofia de Freire no ensino de ciências tendo base a dinâmica dos três momentos pedagógicos.

Ressalto esse último parágrafo porque apesar dos três momentos pedagógicos (3MP), serem bem definidos, não se encontra com facilidade trabalhos que buscam investigar a construção dos 3MP pelos professores. Na verdade o que mais identificamos são trabalhos que analisam o resultado da sua execução na sala de aula.

Assim, acredito que este trabalho também possa servir como exemplo e ajudar o professor a partir dos nossos erros e acertos a entender e organizar suas aulas com elementos freireanos.

7. BIBLIOGRAFIA

ANDRÉ, M.E.D.A., *Etnografia da Prática Escolar*, Papirus, Campinas, SP, 1995.

AIKENHEAD, Glen. *Science Education for Everyday Life: Evidence-Based Practice*. New York: Teachers College Press, 2006.

ANGOTTI, J.A.P. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BOGDAN, Roberto C. & BIKLEN, Sari Knopp. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria dos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994, citado in LIMA, Paulo Gomes. *Tendências paradigmáticas na pesquisa educacional*. Campinas, SP: (s.n), 2001.

BORGES, A. Tarciso. *Novos Rumos Para o laboratório Escolar de Ciências*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, SC, v. 19, n.3, p. 291-313, 2002.

BUFORD, Junker. *A importância do trabalho de campo: introdução às ciências sociais*. Rio de Janeiro: Ledados, 1971.

CARNEIRO, R.P. *Reflexões acerca do processo ensino-aprendizagem na perspectiva freireana e biocêntrica*, 2012. Revista Thema.

CASSIARI, E. *Uma reflexão a respeito de potencialidades e fragilidades na implementação do material da proposta curricular do Estado de São Paulo* 2008. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo

CRUZ, Sonia Maria S.C. de Souza; ZYLBERSZTAJN, Arden. *O evento acidente de Goiânia: experiência de CTS no ensino Fundamental*. In: Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis: SBF, 2000.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. *Metodologia do Ensino de Ciências*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

_____(1968). *Pedagogia do oprimido* (18ª ed.). Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

GARCÍA, J. E. *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. 1ed. Espanha: Díada Editora S. L., 1998.

GEHLEN, S. T. *A função do problema no processo ensino - aprendizagem de Ciências: Contribuições de Freire e Vygotsky*. Florianópolis: UFSC, 2009. (Tese doutorado).

GEHLEN; MALDANER, Otavio Aloisio ; Delizoicov D. *Momentos Pedagógicos e as etapas da Situação de Estudo: complementaridades e contribuições para a Educação em Ciências..* Ciência e Educação (UNESP. Impresso), v. 17, p. 59-79, 2012.

GIORDAN, M. *Uma perspectiva sociocultural para os estudos sobre elaboração de significados em situações de uso do computador na Educação em Ciências*. (livre docencia). Ano de obtenção: 2006.

HERBER, J. (2006). Currículo de Química: Uma reflexão coletiva. *Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática*.

HUNSCHE, S. *Professor “fazedor” de currículo: desafios do estágio*. Santa Maria, 2010

JARDIM, E. B. *O humanismo da Teoria Freireana e a Cultura dos Direitos humanos no Brasil*. In: XVIII Congresso Nacional do Conpedi, 2009.

HALMENSCHLAGER, K. R. (2014). *Abordagem de temas em Ciências da Natureza no Ensino Médio: implicações na prática e na formação docente*. Tese de doutorado. Florianópolis: PPGECT/UFSC, 214

LINHARES, L.L; *Paulo Freire por uma educação libertadora e humanista*. PUC-PR, 2008

LIJNSE, P-L. (1995) ‘Developmental Research’ as a way to an empirically based ‘Didactical Structure’ of science. *Science Education*, vol.79, n.2, 1995.

_____,(1994). La recherche-developpement: une voie vers une ‘structure didactique’ de la physique empiriquement fondée. *Didaskalia*. vol.3, 1994.

MEHEUT, M. e PSILLOS, D. Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, vol. 26, n.5, 2004.

MEDEIROS, Alessandro Melo. Humanização versus Desumanização: reflexões em torno da pedagogia do oprimido. *Revista Reflexões*, v. 3, p. 127-137, 2013.

MENEGOTTO, J. C. (2006). Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. *Atitude de Estudantes do Ensino Médio em Relação à Física*.

MORAES, F. A. *As concepções de meio ambiente e natureza: implicações nas práticas de educação ambiental de professores da rede estadual de ensino no município de Aparecida de Goiânia (GO)*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Goiânia, 2009.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. *Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino*. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.

MUENCHEN, Cristiane, DELIZOICOV, Demétrio . *Os Três Momentos Pedagógicos na edição de livros para professores*. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 1, p. 84-97, 2011

OLIVEIRA, I A. SANTOS, T R L. A cultura amazônica em práticas pedagógicas de educadores populares. – PPGED / UEPA – nildeapoluceno@uol.com.br. – PPGED / UEPA – tanialobato@superig.com.br. GT: Educação Popular / n.06 – 2007

PONTUSCHKA, N. (org.) *Ousadia no diálogo - Interdisciplinaridade na escola pública*. São Paulo: Edições Loyola, 1993.

_____. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo / Coord. Maria Inês Fini*. – São Paulo: SEE, 2008c.

_____. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza/Coord. Maria Inês Fini*. – São Paulo: SEE, 2012.

_____. 1999, B. (1999). *Parametros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasilia, Brasil.

RAMOS, F.A. *Eerngia e sustentabilidade no ensino de Física: Leituras da Matriz energética brasileira*. São Paulo: CPGI/USP, 2011

RICARDO, Elio Carlos . *Implementação dos PCNs em Sala de Aula: dificuldades e possibilidades*. Física na Escola, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 8-11, 2003.

SAUVÉ, L. *Uma cartografia das correntes em Educação Ambiental*. In: SATO, M.; CARVALHO, I. C. M. (Orgs.). *Educação Ambiental - pesquisas e desafios*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

STUANI, G. M. *A construção curricular popular crítica no ensino de ciências naturais e suas implicações na prática docente*. Florianópolis: UFSC, 2010. (Dissertação de mestrado).

STRIEDER, R. B. *Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaço de Articulação*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: CPGI/USP, 2005

STRIEDER, R. B. *Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas*. Tese de Doutorado. São Paulo: CPGI/USP, 2012

SILVA, A. F. G. *A construção do currículo na perspectiva popular e crítica das falas significativas às práticas contextualizadas*. São Paulo: PUC, 2004. (Tese de doutorado).

SILVA, M. J. *O Ensino CTS Através de Revistas de Divulgação Científica*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PPGCT/UFSC, 2005.

SILVA, T. T. *Documentos de Identidade: Uma Introdução às Teorias de Currículo*. São Paulo: Autêntica, 1999.

STRIEDER, R. B. *Abordagem CTS na Educação em Ciências no Brasil: Sentidos e Perspectivas*. Tese de Doutorado. São Paulo: CPGI/USP, 2008

STRIEDER, R. B. *Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaço de Articulação*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: CPGI/USP, 2005

TEXEIRA, Madalena Telles; REIS, Maria Filomena. *A organização do espaço em sala de aula e as suas implicações na aprendizagem cooperativa*. Meta: Avaliação, Rio de Janeiro, v. 4, n. 11, p. 162-187, maio/ago. 2012.

TOBIN, Kenneth. La colaboración para transformar y reproducir la didáctica de las ciencias. In: *Enseñanza de las Ciencias*, 28, 301-313, 2010.

VILLANI, A. ; PACCA, J. L. A. . *Como avaliar um Projeto de Pesquisa em Educação em Ciências?. Investigações em Ensino de Ciências* (Online), Porto Alegre - RGS, v. 6, n. 1, p. 5-28, 2001.

WATANABE, G. *A água na perspectiva da abordagem temática*. Mestrado. São Paulo: CPGI/USP, 2008

WATANABE, G. *Aspectos da complexidade: Contribuições da Física para a compreensão do tema ambiental*. Tese de doutorado. São Paulo: CPGI/USP, 2012

YORE, L.D. *Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research*. *International Journal Science of Education*. p. 689-725. 2003

ANEXO: PROPOSTA DE AULA SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL

AQUECIMENTO GLOBAL

**Alguns encaminhamentos para discutir a
questão em sala de aula¹**

¹Vinculado aos projetos 'Temas socioambientais na educação escolar: perspectivas da complexidade', financiado pelo MCTI /CNPq /MEC/CAPEs (Nº 18/2012 - Ciências Humanas, Sociais e Sociais); e 'Uma proposta de aulas complexificadas: perspectivas brasileira e espanhola', financiado pela FAPESP (Processo: 2014/07504-7).

Apresentação

Nas últimas décadas, a questão ambiental tem assumido espaços cada vez maiores nas mídias, em discussões socioeconômicas e nas preocupações humanas. Em particular, tem ganhado muita atenção a questão do *Aquecimento Global* e de suas possíveis consequências, nos mais diversos campos. De uma maneira geral, o aquecimento global corresponderia ao aumento da temperatura do planeta, provavelmente devido à intensificação da emissão dos chamados gases estufa, acentuada pelo desenvolvimento produtivo das atividades humanas nos últimos séculos.

Sobre esse tema, há muitos discursos diferentes, tanto sobre suas causas e consequências, como sobre as possíveis dimensões reais que podem ser atribuídas a esse aquecimento. Assim, por exemplo, há uma corrente mais catastrofista, que tende a privilegiar eventuais consequências dramáticas do aumento da temperatura do planeta, entre as quais um expressivo aumento do nível dos mares e completo alagamento de cidades costeiras. Ou, por outro lado, uma corrente mais cética, que tende a minimizar tais consequências, na maior parte das vezes assumindo as possíveis variações de temperatura simplesmente como aspectos próprios da inconstância da natureza. Além disso, e entre esses dois extremos, estudos científicos são muito diversificados e nem sempre convergentes, especialmente quando provenientes de fontes e medidas locais. As possibilidades de uma interpretação mais global para os fenômenos observados enfrenta a necessidade de construção de modelos, nem sempre com caráter universal ou isentos de críticas. Registros e dados de medidas são, muitas vezes, passíveis de questionamentos, assim como um amplo conjunto de indicadores indiretos. Enfim, podemos concluir que, de alguma forma, trata-se de uma questão que envolve polêmicas.

O que pensar sobre o assunto? Como encaminhar sua discussão, em diferentes níveis e contextos? A proposta do presente material é tratar esse assunto privilegiadamente do ponto de vista de aspectos relacionados à Física, ainda que tantos outros aspectos (econômicos, biológicos, políticos, culturais etc.) estejam sempre e indissociavelmente envolvidos. De forma mais específica ainda, pretende tratar o tema do ponto de vista do Ensino de Física, independente de níveis e situações escolares mais específicas.

Nesse sentido, é importante sinalizar, de partida, algumas intenções e pressupostos aqui adotados:

- Em primeiro lugar, assumimos que o tema deve ser tratado no âmbito da complexidade, com as características e indefinições que são próprias de sistemas complexos. Portanto, não se trata de reduzir, restringir ou simplificar as questões, nem procurar as respostas “corretas”, mas, ao contrário, de buscar problematizá-las, apontar possíveis polêmicas e eventuais convergências.
- Além disso, como se trata de um tema muito presente nas notícias e mídias, nos parece essencial estar sempre buscando diálogo com as veiculações mais recentes, com os aspectos mais frequentes pelos quais a questão do aquecimento global é apresentada. E, sobretudo, incentivar nossos interlocutores a realizar, por conta própria, pesquisas e incursões na *internet* em busca da diversidade de dados e opiniões.

- Ao mesmo tempo, e para que essa diversidade possa ser considerada e ponderada, é fundamental trazer instrumentos para análise. Nesse sentido, consideramos fundamental introduzir conceitos e conhecimentos físicos básicos, de forma articulada com a maneira pela qual esses conceitos são, em geral, tratados em livros didáticos ou em aulas de Física. Isso significa desenvolver as formas de trabalhar usuais da Física, sejam relativas a medidas, à quantificação, experimentação ou à identificação de causalidades.

- Finalmente, mas não menos importante, essa proposta busca trazer contribuições para a educação ambiental, de um ponto de vista crítico e reflexivo. Assim, não se propõe a buscar apontar soluções meramente individuais para enfrentar as questões ambientais atuais, nem desconsiderar os compromissos coletivos que temos a assumir. Não se pretende a apontar fórmulas mágicas, nem simples, nem imediatas. Mas, com certeza, pretende que, a partir dos encaminhamentos desenvolvidos, possam ser explicitadas relações mais amplas do tema, incluindo modelos de desenvolvimento e marcas culturais contemporâneas, como, por exemplo, o consumismo, presentes na vida cotidiana em que estamos imersos, e as relações entre sustentabilidade e desenvolvimento.

Para tratar o tema do ponto de vista do ensino, o texto foi construído em um formato que se desenvolve através de propostas de atividades. Essa construção envolve opções não triviais, uma vez que as pesquisas sobre ensino-aprendizagem apontam inúmeras dimensões e questões a serem consideradas. Nesse sentido, é importante incorporar resultados do campo de pesquisas em Ensino de Física, que vem se desenvolvendo há várias décadas. Esse aspecto foi contemplado principalmente, mas não só, a partir das considerações do trabalho *Aspectos da complexidade: contribuições da Física para a compreensão do tema ambiental* (Tese de Doutorado, Watanabe, G., USP, 2012). Além disso, foi objeto de discussão e de diferentes reelaborações por professores que atuam no ensino básico e superior, através das atividades do GrECC, *Grupo de Ensino de Ciências e suas Complexidades*, sediado na UFABC.

Atividades de Ensino: como compreendê-las?

Juntamente com as intenções e expectativas já apresentadas, é fundamental estabelecer de que ponto de vista estão sendo compreendidas as atividades de ensino aqui propostas. Ou seja, em que contexto de ensino e aprendizagem faz sentido que sejam desenvolvidas. Afinal, o que é uma atividade de ensino?

Propor uma atividade de ensino não é tarefa simples. Para nós ela pode contemplar, em suas ações, três dimensões: a educacional, epistemológica e o ensino-aprendizagem. Ainda que essas dimensões sejam quase sempre implícitas, vale a pena explicitá-las.

A **dimensão educacional** refere-se aos objetivos formativos últimos, ou seja, os objetivos maiores que dizem respeito à finalidade que atribuímos à ação educativa. E que tem a ver com a finalidade da própria escola. De uma maneira geral, há quem se contente em dizer que esse objetivo é a formação de um cidadão, ou, ainda mais, de um cidadão crítico e participativo. Essa definição é muito ampla e remete a um enorme conjunto de compreensões diferentes. Diante dessa dificuldade a “finalidade última” dessa proposta se expressa em diferentes finalidades locais e pontuais; em cada atividade realizada que promova a autonomia. Isso significa dar condições para que os alunos possam ir construindo seus pontos de vistas, pautando-se também pelos argumentos científicos.

A **dimensão epistemológica** diz respeito ao conhecimento propriamente dito, ao conjunto de informações que desejamos apresentar e ensinar aos alunos. Muitas vezes, essa dimensão, que diz respeito, por exemplo, aos conteúdos de Física, é confundida com as finalidades do ensino, ou seja, fazer com que os alunos aprendam Física é a própria finalidade que os professores têm ao ensinar Física. No entanto o conhecimento a ser construído pelo aluno, a partir das atividades de ensino, não é o objetivo, mas o objeto. Nessa proposta, o conhecimento da Física se torna um instrumento para mediar a compreensão da temática Aquecimento Global. Especificamente, abordamos essa temática tomando como referência os conteúdos tratados no ensino médio (calor, temperatura, princípios da Termodinâmica etc.), dando destaque para a perspectiva da complexidade.

A **dimensão de ensino-aprendizagem**, por outro lado, diz respeito ao como imaginamos que seja possível fazer o aluno ‘adquirir’ determinados instrumentos para que ele desenvolva aquela compreensão de mundo que é nossa finalidade. Através de quais ações, atividades e discussões, devemos estabelecer nossa programação? Com que abordagens e com que fazeres? Que instrumentos didáticos podem ser utilizados para nossas finalidades? Nesse sentido, é aqui que se inserem os resultados de muitas experiências e pesquisas em relação ao processo de aprendizagem, propriamente dito, delineadas ou sistematizadas por teorias diferentes. Para a nossa proposta tomamos como referência os pressupostos da Abordagem Temática [0a] e Aprendizagem Social [0b] considerando como elementos organizadores os *três momentos pedagógicos* (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento), e a *complexificação* do conhecimento [0c].

Assim, para nós, uma atividade de ensino deve ter claro:

‘Para quê estará sendo desenvolvida’

‘De qual o conhecimento ou de quê estará tratando’

e ‘Como pretende ser desenvolvida’.

Certamente essas três dimensões não são independentes. Muito pelo contrário, seria impossível que uma não influenciasse a outra. Mas, de qualquer forma, para orientar seu planejamento e ação é muito importante de vez em quando voltar a essas questões, no sentido de garantir seus objetivos. Pois nada fica muito bem estabelecido desde o início e esses aspectos vão mesmo ganhando corpo ao longo da concretização da atividade. Essas considerações, em síntese, expressam a forma pela qual nosso grupo, GrECC, se propõe a trabalhar.

Um diálogo necessário com o professor

A proposta é, portanto, a de tratar do Aquecimento Global do ponto de vista do Ensino de Física, com as características e dimensões que procuramos discutir. Isso não significa, contudo, que este seja um material didático completo, ou uma sequência de ensino já formatada, o que seria até, de certa forma, pouco coerente com as intenções e dimensões anunciadas.

Ao contrário, o que se segue não é um roteiro bem definido, mas um conjunto de possibilidades e de sugestões a serem ponderadas, selecionadas e redefinidas pelos professores que vierem a utilizá-las. Cada professor é, em última instância, o protagonista principal do projeto a ser proposto a seus alunos. As atividades podem ser desenvolvidas de formas diferentes em sequências e encaminhamentos. Podem corresponder a um segmento específico, em uma ou mais aulas, ou a toda a sequência, em um conjunto mais abrangente de tempos escolares. As intenções e objetivos podem ser redefinidos ou readequados aos contextos específicos em que as atividades vão ser desenvolvidas. Ou seja, esses textos pretendem trazer instrumentos para que os professores atuem da forma que considerarem mais adequada.

Assim, e em síntese, Caro Professor:

1. Essa proposta apresenta algumas sugestões de aulas sobre a temática ambiental 'Aquecimento Global', com a intenção de contribuir para que os alunos reflitam sobre suas ações no meio ambiente, tomando como referência os conhecimentos escolares articulados com outras esferas do conhecimento (econômica, cultural, política etc.).
2. Nessa proposta há algumas explicações e sugestões que estão na estrutura do texto; assim como atividades e apresentações identificadas como ANEXO1a, ANEXO1b, ANEXO2 etc. Esses anexos estão disponíveis em DVD e/ou na *internet*.
3. Algumas propostas de aulas apresentam mais de uma sugestão de atividade. A intenção com isso é dar oportunidade para você opte pelo material que permitirá o aprendizado mais adequado aos seus alunos, em seus contextos específicos.
4. Alguns conteúdos curriculares abordados nesse material são, geralmente, discutidos no 2º ano do Ensino Médio, mas não há impedimentos para que você o trabalhe nas outras séries. Isso porque as atividades podem ser caracterizadas como tema transversal 'Meio Ambiente'[3a].

Estrutura geral da proposta

A estrutura geral foi organizada em cinco *Momentos*, cada um dos quais, por sua vez, organizados em *Aulas*. As *Aulas* não necessariamente correspondem à unidade escolar “aula”, mas ao desenvolvimento de uma atividade. Os *Momentos* são sequenciais, embora, como já discutido, não seja necessário contemplar todos (e nem todas as atividades). Pretendemos que haja várias possibilidades de percursos a partir da estrutura apresentada.

Assim, os cinco *Momentos* são:

Momento 1 - A questão do aquecimento

(Introduzindo e problematizando o tema)

Momento 2 - Medindo temperaturas

(Medidas físicas e sua relação com o fenômeno a ser estudado).

Momento 3 - Conceitos e contextos para discutir o aquecimento global

(Conceitos de calor, temperatura, sistema aberto, equilíbrio dinâmico, dentre outros, além das características da radiação solar e da atmosfera)

Momento 4 - Diferentes pontos de vista sobre o tema

(Apresentar e discutir, de forma articulada com os subsídios trazidos pelos momentos anteriores, as considerações sobre o aquecimento global defendidas por diferentes atores sociais)

Momento 5 - Afinal de contas? Sínteses e sistematizações

(Incentivar sínteses e sistematizações individuais e coletivas sobre o tema)

Para cada momento, são sugeridas, como ponto de partida, diferentes atividades ou aulas. A estrutura geral está sintetizada no quadro a seguir.

Percurso de aulas

1º Momento (1 aula) → Questões sobre o aquecimento global (AG)

• Ideias dos alunos sobre aquecimento global

- Possíveis causas do aquecimento global
- Possíveis consequências do aquecimento global
- Coisas que não tem aparentemente a ver com aquecimento global

Para instigar os alunos

Vídeo

Imagens

• Questão problematizadora: A Terra está esquentando? Como saber?

Temos duas formas de fazer isso:

medir nós mesmos a temperatura da Terra

usar o conhecimento físico sobre calor e temperatura para verificar por que um corpo tem temperatura

Abordaremos essas duas formas nessa proposta de aulas

Momento 2 (1 aula) → Medindo a temperatura do entorno da escola

• Atividade Experimental: medindo a temperatura da Terra

- erros e incertezas nas medidas;
- construção e análise de gráficos;
- formas de medir a temperatura média.

Momento 3 (5 aulas) → Os conceitos de Física para discutir o AG

• Aulas 1 e 2: Revisitando os conceitos de Física

- levantamento de conceitos da Física – trocas de calor em um copo com água.
- Sistematização dos conceitos: Calor (C), Temperatura (T), medidas de T e C da Terra, Energia.
- Terra enquanto um sistema aberto.

• Aula 3: Física da atmosfera: balanço dos fluxos de energia na Terra.

Se a Terra é um sistema aberto, como analisar a radiação que entra e sai do sistema?

- Equilíbrio Dinâmico: analogia tanque com água e fluxo de energia na Terra.
- Energia que incide na Terra [espectro eletromagnético, radiação solar, processos de reflexão (e albedo), absorção, espalhamento e outros (refração)].
- Energia emitida pela Terra (processos de absorção).

• Aula 4: Efeito estufa e suas representações.

- Camadas da atmosfera (troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera) e conceito de efeito estufa.
- Contribuição humana e natural dos gases de efeito estufa (concentração e tempo de residência dos gases na atmosfera).
- Análise crítica das representações do efeito estufa.

• Aula 5: processos de medidas e suas incertezas (retomando os dados do Momento 2 e a introdução da discussão sobre a intervenção humana.

- Hipóteses sobre o Aquecimento Global [Hipóteses dos Gases Estufa (a. Medidas da temperatura da Terra e sua variação; e b. Medidas da concentração de gases estufa (CO₂); e Outras hipóteses (a variabilidade no fluxo solar etc.)].

Momento 4 (1 aula) → AG: algumas polêmicas e discussões

• Debate de diferentes pontos de vista sobre o aquecimento global:

- cientistas céticos;
- cientistas ortodoxos;
- governo;
- sociedade.

• Sugestão de Atividade.

Momento 5 (1 aula) → Sistematização e síntese: O que dizer sobre o AG?

• Retomada ideias dos alunos sobre aquecimento global (Momento 1)

• Discussão Final: Afinal de contas, o que nos cabe nessa hora? → Ter e Ser

SUMÁRIO

Momento 1. Questões sobre o aquecimento global.....	09
Momento 2. Medindo a temperatura do entorno da escola.....	13
Momento 3. Os conceitos da Física para discutir o aquecimento global.....	23
Aulas 1 e 2: Revisitando os conceitos de Física.....	24
Aula 3: Física da atmosfera: balanço dos fluxos de energia na Terra.....	28
Aula 4: Efeito estufa e suas representações.....	40
Aula 5: Processos de medidas e suas incertezas.....	48
Momento 4. Aquecimento Global: algumas polêmicas e discussões.....	58
Momento 5. Sistematização e síntese: O que dizer sobre o aquecimento global?.....	62
Referências Bibliográficas	68

Momento 1: QUESTÕES SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL

Orientações Gerais

O objetivo desse primeiro momento é aproximar os alunos da temática Aquecimento Global. Para isso, sugerimos a realização de um levantamento dos conhecimentos dos alunos sobre o tema. Essa é uma etapa muito importante, pois se trata de sensibilizá-los para a importância da atividade. Nesse sentido, é fundamental promover um clima de diálogo, partindo das ideias que os alunos já têm sobre o assunto, do que eles pensam, ou não pensam, do que já ouviram falar etc.

Nas discussões os alunos têm muitas dúvidas, apresentam argumentos tratados pela mídia, fazem confusões sobre as causas e consequências do Aquecimento Global. Todas essas características fazem parte desta atividade e, a partir delas, os alunos perceberão que eles têm conhecimentos básicos que serão aprofundados neste curso.

Quantidade de aulas

Sugerimos que essa atividade seja realizada em 1 aula.

Sugestões de ações em sala de aula

- No início do trabalho em sala de aula propomos um levantamento sobre as ideias dos alunos acerca do Aquecimento Global. Para ajudá-los nessa tarefa selecionamos algumas imagens que remetem a temática da aula, identificadas como **ANEXO1a**.
- Sugerimos que o professor organize as ideias dos alunos em grupos: (1) possíveis causas do Aquecimento Global; (2) possíveis consequências do Aquecimento Global; (3) coisas que não tem aparentemente a ver com Aquecimento Global. Cabe destacar que outros grupos ou formas de organização são possíveis. Essa sistematização tem apenas a intenção de facilitar os estudos posteriores sobre essas questões. É importante que esse quadro seja registrado para retomada nas aulas finais.
- Após a sistematização, o professor pode apresentar a questão central dessa proposta de aulas: ‘A Terra está esquentando? Como saber?’.

Em sala de aula

Para introduzir a temática da aula sugerimos que comente sobre a problemática que envolve o Aquecimento Global, procurando incentivar os alunos a expressarem suas ideias e opiniões. A discussão a seguir pode mobilizar o diálogo com os alunos.

Você certamente já ouviu falar em Aquecimento Global e das possíveis ameaças à vida que dele poderiam resultar. Esse é um assunto atual cujo conhecimento sobre o mesmo ainda está sendo produzido, ou seja, muitas pesquisas e polêmicas estão acontecendo. Então, para começarmos a pensar sobre esse assunto seria importante reunirmos o que nós já ouvimos falar.

que tal produzirmos uma lista com os conceitos que nos fazem lembrar do Aquecimento Global?

As imagens e texto que se encontram nos quadros são os conteúdos que o professor pode apresentar aos alunos. Referem-se aos ANEXOS.

Já os textos e imagens fora dos quadros são orientações ou sugestões de aulas, um diálogo com o professor. Os textos em vermelho são possíveis respostas das atividades.

Uma possível lista de respostas em um levantamento dessa natureza é apresentada a seguir. Nesse momento é importante que os alunos se expressem, sem muita intervenção docente.

- Aumento da temperatura da Terra;
- Aumento do gás carbônico na atmosfera;
- Aumento da produção de gases estufa;
- Poluição causada pelos carros e caminhões;
- Mudanças climáticas;
- Furacões, tornados e devastação;
- Maior frequência de Tsunamis;
- Terremotos;
- Maior frequência de vulcões em erupção;
- Aumento do nível do mar;
- Poluição atmosférica nas grandes cidades;
- Desmatamento/ Queimadas;

- Degelo das geleiras dos polos;
- Extinção de espécies animais;
- Migração fora de época das aves;
- Aumento da mortandade de baleias;
- Ameaça à biodiversidade;
- Buraco da camada de ozônio;
- Ação humana irresponsável;
- Crédito de Carbono;
- Chuva ácida;
- Inversão Térmica;
- Seca no nordeste/ Alagamento nas cidades;
- Tratado de Kyoto;
- Aumento da atividade na superfície do Sol;
- Mais água dos oceanos concentra o carbono presente em grande quantidade na atmosfera;
- Terra está passando por um período que corresponde ao final de um ciclo glacial;
- Efeito estufa;
- Verão com temperaturas mais elevadas;
- Falta de água nos reservatórios/ Racionamento de água;
- etc.

Essa lista mostra a diversidade de aspectos que estão relacionados ao Aquecimento Global. Por isso mesmo, é que o tema é tão polêmico. Para tentar organizar essas idéias gerais proponha uma forma de organização, por exemplo, como a que sugerimos no **Quadro 1**.

Para começarmos a organizar uma forma de estudar o Aquecimento Global, um primeiro passo é analisar melhor esses itens. Vamos, então, classificar essas afirmações em alguns grupos tal como apresentado no **Quadro 1**.

<i>Coisas que são possíveis causas do aquecimento global</i>	<i>Coisas que são possíveis consequências do aquecimento global</i>	<i>Coisas que não tem aparentemente a ver com aquecimento global</i>

Algumas formas de classificar as respostas dos alunos são óbvias. Outras, nem tanto. E, por isso, é adequado promover o diálogo. Há diversos conceitos que geram muitas dúvidas quanto a ser causa ou consequência. Um caso interessante são as Mudanças Climáticas, que tanto podem ser causa do

Aquecimento Global como consequência. Isso não costuma ser óbvio para os alunos, mas é de fácil explicitação. Nesses casos é interessante deixarmos tais conceitos ‘em aberto’ para retomá-los no **Momento 5** dessa proposta.

Diante do **Quadro 1**, nossa questão inicial teria que investigar o que é exatamente o tal Aquecimento Global. Para isso podemos começar pensando nas questões:

‘A Terra está esquentando? Como saber?’

Em relação às perguntas ‘A Terra está esquentando? Como saber?’ podemos, até mesmo, procurar medir essa temperatura, ou buscar dados de quem tenha medido. Mas, vamos precisar também investigar o que faz com que uma coisa tenha certa temperatura. Essa será a nossa tarefa nas aulas seguintes. Assim, no final dessa proposta, com base no que tivermos aprendido, podemos analisar e discutir algumas notícias veiculadas nos meios de comunicação para ver o que tem de verdade, o que tem de alarmismo, ou mesmo o que tem de descaso. E, talvez, verificarmos se tem alguma coisa que nós, pessoalmente, possamos fazer ou propor que se faça, em relação a esse assunto.

Momento 2. MEDINDO A TEMPERATURA DO ENTORNO DA ESCOLA

Orientações Gerais

O objetivo das aulas que se iniciam nesse momento é discutir as formas de determinar a temperatura da Terra. A intenção é mostrar como se obtém dados de medidas para estimar a média da temperatura da Terra. Esperamos que com as reflexões aqui propostas os alunos percebam a necessidade de se obter uma variação (média) da temperatura da Terra e não um único valor ou valor exato.

Quantidade de aulas

Para discutir o roteiro de atividades e problematizar a questão das medidas de temperatura, sugerimos que seja disponibilizada 1 aula. Para discutir os dados coletados após 10 dias, sugerimos que também seja disponibilizada 1 aula (essa aula ocorrerá no **Momento 3 - Aula 5**).

Sugestões de ações em sala de aula

- O professor pode iniciar a aula apresentando a atividade sobre a coleta de medidas de temperatura da região próxima à escola. Sugerimos apresentar as diretrizes da proposta experimental presentes no **ANEXO2a**, explicando o funcionamento do termômetro de mínima e máxima que será utilizado para a coleta da temperatura por um período de 10 dias. Nas atividades extra-sala do **ANEXO2a**, propomos que os alunos: (i) registrem os dados coletados; (ii) montem tabelas; (iii) construam gráficos de temperatura em função do tempo; e (iv) calculem a média de temperatura a partir dos dados coletados, discutindo qual o método mais indicado para determinar a temperatura de sua região.
- Por fim, propomos uma apresentação acerca de alguns instrumentos de medidas (termômetros e satélites) usados pelos cientistas para determinar a temperatura da Terra.

Observação: (1) a análise sobre os dados coletados ocorrerá somente no **Momento 3 - Aula 5** (Processo de medidas e suas incertezas). Antecipamos a discussão nessa aula para que as possíveis dúvidas sobre os procedimentos presentes no **ANEXO2a** sejam sanadas.

Em sala de aula

Para iniciar a aula sugerimos retomar as questões anteriores. Esse é um momento importante de problematização, por isso, pode-se propor uma introdução na qual o aluno identifique claramente o(s) problema(s) a ser(em) estudado(s).

Retomando as questões da aula anterior...

A Terra está esquentando? Como saber?

Como vocês responderiam essas questões?

Para começar a responder essas perguntas podemos imaginar várias coisas para fazer. A primeira é, de fato, **medirmos nós mesmos a temperatura da Terra**. A segunda é **usarmos o conhecimento físico sobre calor e temperatura para verificar por que** um corpo, como um copo de água, um gato, um rio ou **a Terra tem certa temperatura**. Comente com os alunos que faremos as duas coisas nessa e nas próximas aulas.

Em especial nessa aula, nossa intenção é medir as temperaturas das regiões próximas da escola. Comente que ao usar os termômetros, os cientistas precisam definir quais os locais mais adequados para se fazer as medidas, qual o termômetro adequado, o período de tempo e a duração da medida. Esses são parâmetros que os alunos também deverão considerar ao realizar a atividade experimental.

Após essa breve introdução, apresente o **ANEXO2a** e peça para que os alunos se atentem às atividades propostas. Esse é um momento adequado para dividir os alunos em equipes de trabalho.

Proposta: Caso o professor tenha dificuldade em conseguir instrumentos para realizar a atividade experimental, propomos que os alunos anotem as temperaturas de diferentes cidades do mesmo estado utilizando dados fornecidos por sites ou por meio de aplicativos que forneçam as temperaturas máximas e mínimas do dia.

Atividade Experimental: medindo a temperatura das regiões próximas da escola e da Terra

Nas discussões anteriores falamos sobre um aumento da temperatura da Terra. Mas como podemos saber se a temperatura do nosso planeta está aumentando? Como os cientistas fazem isso? Uma forma de tentar identificar esse aumento é coletar medidas de temperaturas locais e da própria Terra.

Assim, a proposta dessa atividade é que você e sua equipe meçam a temperatura de um dado local por um determinado período de tempo para, depois, discutirmos como os dados contribuem para que os cientistas cheguem numa temperatura média para a Terra.

Há algumas tarefas importantes que devem ser elucidadas com os alunos:

(i) registrar os dados coletados; (ii) montar tabelas; (iii) construir gráficos de temperatura em função do tempo; e (iv) calcular a média de temperatura a partir dos dados coletados, discutindo qual o método mais indicado para determinar a temperatura de sua região.

Antes da coleta dos dados

Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/se-as-geleiras-derretessem-o-que-aconteceria>

Fonte: <http://www.explicatorium.com/TEMAS-Aquecimento-global.php>

Fonte: <http://www.blogbahiagera.com.br/site/tag/seca>

Fonte: <http://envolverde.com.br/saude/enchentes-aumentam-risco-de-doenca/>

- Como funciona o termômetro de máxima e mínima que você está recebendo? Como registrar as medidas?

ATENÇÃO: Os termômetros que vocês receberam são ecológicos, não contendo mercúrio. Em caso de quebra acidental, o material pode ser descartado em um coletor para vidros ou envolvido em jornal ou plástico bolha.

O termômetro de máxima e mínima indica a temperatura mais alta e mais baixa em um ambiente, considerando determinado período de medição. Para fazer corretamente a leitura das medições vide orientações no manual que acompanha o termômetro (ANEXO2b). Essas temperaturas variam em uma faixa de temperatura na escala mínima que vai de -40°C até $+50^{\circ}\text{C}$ e na escala máxima de -30°C até $+50^{\circ}\text{C}$, sendo 1°C por divisão. Ele possui os seguintes componentes:

- Tubo capilar de vidro em U com líquido transparente composto de uma mistura de Gálio, Estanho e Índio (tendo um bulbo de vidro em cada uma das pontas sendo um deles completamente preenchido com álcool [líquido laranja] e o outro apenas parcialmente);
- Dois ímãs localizados atrás dos tubos capilares.
- Dois flutuadores de ferro esmaltado indicadores de medidas;
- Um botão zerador;

O funcionamento do termômetro de máxima e mínima acontece pela capacidade das substâncias do líquido transparente e do álcool sofrerem expansão ou compressão. Com o aumento da temperatura ocorre à expansão do álcool no bulbo que está completamente preenchido, isso faz com que o líquido passe pelo flutuador livremente exercendo pressão sobre o líquido ecológico que se encontra na dobra do tubo capilar, o líquido ecológico então se move em direção ao outro bulbo empurrando o flutuador metálico logo acima e registrando a temperatura máxima. Já com a diminuição da temperatura o álcool no bulbo completamente preenchido se contrai, o líquido ecológico se move em direção a esse bulbo empurrando o flutuador e registrando a temperatura mínima.

Como os flutuadores de ferro esmaltado são deslocados a cada medição é necessário que sejam restaurados até suas posições iniciais, para isso são utilizados dois imãs; ao pressionar o botão zerador do termômetro os imãs se aproximam do capilar atraindo os flutuadores novamente para sua posição inicial e zerando a medição.

Orientações iniciais

- Um integrante da equipe deve ficar responsável por coletar, uma vez ao dia, as temperaturas máxima e mínima. O melhor horário para fazer isso será: _____.

Sugere-se que as medidas sejam tomadas sempre em um mesmo horário. Lembre os alunos que eles devem zerar o termômetro a cada medição (a cada 24 horas), apertando o botão zerador e esperando alguns segundos até que os flutuadores de ferro se estabilizem.

- A atividade será realizada ao longo de 10 dias, tendo seu início no dia _____ e término no dia _____.

Tome cuidado para que essas datas não coincidam com o andamento das atividades das próximas duas semanas.

- O local onde o termômetro ficará exposto deve ser protegido da chuva, mas não pode ser fechado senão não teremos medidas de temperatura adequadas.
- Se esquecerem de fazer uma medida, não INVENTEM dados.

Sugerimos que a medição seja feita da seguinte forma: (i) os alunos coloquem o termômetro no local definitivo na posição vertical (uma opção seria colocarem o termômetro na garagem de suas casas); e (ii) aguardem 05 minutos para a estabilização do líquido ecológico com o meio.

Segue abaixo um exemplo de tabela com dados próximos dos que serão apresentados pelos alunos.

Tabela para organização dos dados

Medida	Data	T máxima	T mínima	Observações
1	10/12/2013	36,5	25,6	Medidas foram obtidas em São Bernardo do Campo, São Paulo.
2	11/12/2013	27,7	22,1	
3	12/12/2013	33,1	19,3	
4	13/12/2013	34,7	18,7	
5	14/12/2013	33,8	19,3	
6	15/12/2013	35,6	20,5	
7	16/12/2013	31,1	19,0	
8	17/12/2013	41,9	18,6	
9	18/12/2013	24,3	19,0	
10	19/12/2013	31,9	19,6	

Depois de coleta dos dados

1. Com os dados, construa um gráfico da variação da temperatura em função do tempo. Decida o gráfico mais adequado para mostrar os dados obtidos. Vocês podem usar papel milímetro ou montá-lo num programa de computador, como o Excel.

2. Calcule a temperatura média do período, explicitando qual o procedimento para obtenção da média.

A seguir apresentamos um exemplo de gráfico de temperatura (°C) x período (dias) utilizando os dados obtidos com as medições na cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo.

O cálculo para a média do período pode ser realizado de diversas maneiras, equipes diferentes podem adotar formas diferentes de cálculo para a média. A seguir apresentamos algumas formas de se fazer esses cálculo:

- (1) Cálculo da média da temperatura utilizando dados das colunas da tabela

Para obter a temperatura média do período devem ser encontradas as temperaturas máxima média e mínima média, e posteriormente calculada a média entre as duas:

Medida	Data	T máxima (°C)	T mínima (°C)	Observações
1	10/12/2013	36,5	25,6	Medidas foram obtidas em São Bernardo do Campo, São Paulo.
2	11/12/2013	27,7	22,1	
3	12/12/2013	33,1	19,3	
4	13/12/2013	34,7	18,7	
5	14/12/2013	33,8	19,3	
6	15/12/2013	35,6	20,5	
7	16/12/2013	31,1	19,0	
8	17/12/2013	41,9	18,6	
9	18/12/2013	24,3	19,0	
10	19/12/2013	31,9	19,6	
Média (°C)		33,6	20,2	
Média do período (°C)		26,9		

- (2) Cálculo da média da temperatura utilizando dados das linhas da tabela

Nesse caso, a obtenção da T média do período será dada calculando a T média de cada um dos dias:

Medida	Data	T (°C) máxima	T (°C) mínima	T (°C) média
1	10/12/2013	36,5	25,6	29,3
2	11/12/2013	27,7	22,1	24,9
3	12/12/2013	33,1	19,3	26,2
4	13/12/2013	34,7	18,7	26,7
5	14/12/2013	33,8	19,3	26,6
6	15/12/2013	35,6	20,5	28,1
7	16/12/2013	31,1	19,0	25,1
8	17/12/2013	41,9	18,6	30,3
9	18/12/2013	24,3	19,0	21,7
10	19/12/2013	31,9	19,6	25,8
				26,4

(3) Cálculo da média da temperatura selecionando a T máxima e T mínima de todo o período de coleta de dados

Medida	Data	T máxima(°C)	T mínima(°C)	Observações
1	10/12/2013	36,5	25,6	Medidas foram obtidas em São Bernardo do Campo, São Paulo.
2	11/12/2013	27,7	22,1	
3	12/12/2013	33,1	19,3	
4	13/12/2013	34,7	18,7	
5	14/12/2013	33,8	19,3	
6	15/12/2013	35,6	20,5	
7	16/12/2013	31,1	19,0	
8	17/12/2013	41,9	18,6	
9	18/12/2013	24,3	19,0	
10	19/12/2013	31,9	19,6	

	<u>Máxima período</u>	<u>Mínima período</u>
<u>Temperatura (°C)</u>	41,9	18,6
<u>Média (°C)</u>	30,3	

Cabe destacar que dados discrepantes podem significar problemas na forma de medição ou mesmo no funcionamento do equipamento, isso ficará evidente na construção da tabela e especialmente nos gráficos, por isso é importante que os termômetros sejam conferidos antes de se iniciar a atividade prática e que os alunos adotem o procedimento aqui descrito.

Como já apontado, com essa atividade desejamos mostrar o quanto é complexo estabelecer uma temperatura para uma dada região. Isso se dificulta ainda mais quando falamos da média da temperatura na Terra. Para que essa idéia fique mais clara aos alunos, sugerimos que compare os dados obtidos com as informações presentes no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [2a]. O INMET é um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que disponibiliza informações meteorológicas em forma de gráficos ou tabelas. Essa reflexão será retomada no **Momento 3 - Aula 5**.

Na continuidade da aula, você pode comentar com os alunos que a medida de temperatura da Terra pode ser obtida por diferentes instrumentos de medidas, como termômetros ou satélites. Em geral os termômetros são acoplados em boias meteorológicas lançadas ao mar, nos balões meteorológicos lançados na atmosfera ou, simplesmente, colocados nas estações meteorológicas em diferentes regiões do planeta (medidas em solo).

Instrumentos de medidas

- **Bóias meteorológicas**

Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/08/10/bioa-ao-mar>

- **Balões meteorológicos**

(<http://dc436.4shared.com/doc/bRuITLnk/preview.html>)

- **Abrigo meteorológico aberto do IAG-USP**

Fonte: <http://meteoropole.com.br/category/instrumentos-meteorologicos-2>

Se possível apresente as estações meteorológicas localizadas em diferentes regiões do Brasil e do mundo. A intenção com isso é mostrar que para determinar a temperatura da Terra é necessário um grande conjunto de dados.

- **No Brasil**

Fonte: <http://geografia.uol.com.br/geografia/mapas-demografia/31/imprime178196.asp>

- **No mundo** (informações obtidas pelo satélite NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* - indica a distribuição de estações meteorológicas de terra).

Fonte: <http://www.ncdc.noaa.gov/img/climate/research/ghcn/ghcnv2.mean.gif>

Quanto às imagens captadas pelos satélites, devemos salientar que elas são interpretadas através do espectro eletromagnético, ou seja, da luz emitida pelo corpo. Assim, por exemplo, analisando a cor da luz emitida por uma barra de ferro quente é possível identificar sua temperatura média (no caso, cerca de 930°C). Ou analisando as cores da chama de uma vela é possível identificar as suas temperaturas. A tabela a seguir traz informações mais detalhadas sobre essa relação.

°C (K)	Cor
480 °C	brilho avermelhado fraco
580 °C	vermelho escuro
730 °C	vermelho brilhante, levemente alaranjado
930 °C	laranja brilhante
1100 °C	laranja amarelado pálido
1300 °C	amarelo claro
> 1400 °C (1673,15 K)	branco (amarelado se visto a distâncias superiores à da atmosfera)

Como relacionar a cor da radiação emitida à temperatura dos objetos?

ACENDA UMA VELA PARA...

Quando observamos uma lâmpada incandescente, percebemos que a luz produzida é branco-amarelada, e dificilmente conseguimos ver outras cores. Já a observação da chama de uma vela pode nos revelar que a luz emitida por ela possui cores diferentes.

Olhando para a chama de uma vela e dispondo da tabela que relaciona cores com temperatura, você pode avaliar a temperatura das regiões da chama.

CORES	TEMPERATURA
castanho	de 520° a 650°
amarelo	de 650° a 1050°
vermelho	de 1050° a 1250°
branco/azulado	acima de 1250°

Você agora conhece a **TEMPERATURA DA CHAMA** de uma vela mas ainda não sabe responder o que é uma **CHAMA**.

Calma a gente chega lá...

Fonte: Inspirado no Grupo de Reelaboração de Ensino de Física

Após discutir com os alunos a radiação e sua relação com o espectro, comente que os satélites meteorológicos usam os mesmos princípios físicos para interpretar as imagens obtidas, determinando assim as diferentes temperaturas do planeta. As imagens apresentadas a seguir são exemplos obtidos por diferentes satélites espalhados ao redor da Terra.

NOAA-N é um satélite ambiental de órbita polar

Fonte: <http://www.pmel.noaa.gov/ocs/technology/telemet>

HoloGlobe: gráfico da radiação longa no ano de 1988

Fonte: <http://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=1298>

PIA00427: Temperatura média global para Abril de 2003

Fonte: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00427>

Relembre os alunos que o conjunto dessas informações ajudam os cientistas chegar numa temperatura média da Terra. Mas como veremos nas próximas aulas, definir tal temperatura não é uma tarefa simples porque a Terra é um sistema complexo em constante transformação.

Momento 3. OS CONCEITOS DE FÍSICA PARA DISCUTIR O AQUECIMENTO GLOBAL

Orientações Gerais

O objetivo das aulas que seguem é estudar conceitos e modelos da ciência que podem nos trazer elementos para refletir sobre o Aquecimento Global.

Quantidade de aulas

Para discutir o assunto desse item, propomos 5 aulas, distribuídas da seguinte forma:

- Aulas 1, 2, 3 e 4 para abordar conceitos físicos como calor, temperatura, fluxo de energia e equilíbrio dinâmico.
- Aula 5 para discussão dos dados coletados no **Momento 2** e início da discussão sobre a intervenção humana no planeta.

Aulas 1 e 2: Revisitando os conceitos de Física

Sugestões de ações em sala de aula

- Para as duas aulas (**ANEXO3a**) propomos, inicialmente, um levantamento de conceitos da Física – trocas de calor realizadas em um copo com água e, no momento seguinte, sugerimos a retomada dos conceitos de Calorimetria (calor, temperatura etc.) e Energia.
- Por fim, propomos a introdução da discussão sobre a Terra enquanto um sistema aberto e dinâmico.

Em sala de aula

Para iniciar a problematização e retomar o foco dessa proposta, sugerimos que o professor proponha algumas perguntas de forma que os alunos se mobilizem para encontrar respostas. Assim, por exemplo, pode questionar como os cientistas medem a temperatura da Terra e aferir se ela está aumentando.

Falamos de temperatura na aula anterior, mas como podemos defini-la?

E o calor, ele está em toda a parte? O que o caracteriza?

Fonte: GREF- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA [3.1/2b]

Essas questões são apenas para iniciar uma conversa que será sistematizada posteriormente; por isso, não esperamos respostas adequadas nesse momento. Consideramos um salto grande problematizar os conceitos fundamentais de Física inserindo-os no contexto terrestre, pois, perguntar, por exemplo, qual a temperatura da Terra, não é nada trivial, principalmente porque não temos noção das dimensões envolvidas. Por isso, acreditamos que seja fundamental problematizar os conceitos físicos a partir da realidade do aluno antes de tratar da Terra propriamente dita.

Diante disso, nos parece interessante saber o que faz com que um objeto, uma coisa, ou, por exemplo, um copo de água em cima da mesa, tenha certa temperatura e como essa temperatura varia. Para isso, conceitos e fenômenos envolvendo calor, temperatura, energia, entre outros, serão revistos e/ou

apresentados. Para então começar a tratar de responder às questões iniciais, peça aos alunos que analisem os fluxos de energia que entram e saem de um copo com água sobre uma mesa.

Considere um copo de água sobre uma mesa

- Ele tem uma temperatura?
- Ele tem calor?

Questão 1: De onde veio a energia que faz com que a água tenha tal temperatura?

Questão 2: De onde veio a energia que o ar recebeu? O que faz com que a temperatura do ar varie?

As respostas a essas questões parecem simples, no entanto, há muitos conceitos físicos envolvidos, o que pode, por um lado, dificultar o posicionamento dos alunos, e por outro, estimular a aprendizagem e interesse por compreender, do ponto de vista da ciência, situações cotidianas. Elencamos a seguir possíveis respostas e alguns encaminhamentos que podem nortear a discussão de sistematização que ocorrerá no momento posterior. Note que as respostas às questões ‘Ele tem uma temperatura? Ele tem calor?’ serão sistematizadas no decorrer da aula.

Para responder a essas questões é importante que o professor leve em consideração outros fatores que influenciam as trocas de energia com a vizinhança (ar, copo, mesa, quantidade de alunos na sala etc.), dando ênfase às trocas com o ar visto que a intenção é discutir as interações energéticas no sistema Terra.

Questão 1 - De onde veio a energia que faz com que a água tenha tal temperatura?

A energia que faz com que a água tenha determinada temperatura vem das trocas de calor com o ar, que é o meio de propagação. A temperatura da água é determinada pelo balanço entre os fluxos de energia de entrada e saída do sistema. Além do ar, há também o contato com o “copo” que sustenta a água; em muitos casos, inclusive, este pode ser a fonte predominante de troca de calor. Somado a isso, há também a emissão e absorção de radiação eletromagnética. Note que a intenção com essa questão é discutir que as fontes de energia fornecem calor para o ar, mas essa construção deve ser gradual e o aluno chegará a essa ideia nas próximas discussões. Cabe destacar que nessa questão fazemos referência à energia e ao calor. Vamos usar esses termos nesse primeiro momento para procurar problematizá-los adiante.

Questão 2 - De onde veio a energia que o ar recebeu? O que faz com que a temperatura do ar varie?

O calor que o ar recebeu veio das fontes de energia produzidas, por exemplo, pela água, lâmpada, processos de atrito, energia do Sol, seres humanos etc. A ideia central dessa questão é explicitar a existência de uma fonte de energia que promove a transferência de energia térmica de um sistema para outro. É importante que o professor conceitue com o aluno a diferença entre fonte de energia e meio de propagação.

Comente que o copo com água em temperatura constante está ao mesmo tempo cedendo e recebendo calor (fluxos de energia) porque sua energia interna, que é a soma de todas as energias das moléculas no seu interior, recebe e perde calor na mesma proporção, de modo que sua temperatura permaneça inalterada num dado intervalo de tempo. Note que o objetivo dessa discussão é mostrar que existe um fluxo de energia de entrada e saída no copo de água. Esse fluxo mantém a temperatura estável. Se parte desse fluxo diminuir, aumentar ou cessar, a temperatura irá variar. Dizemos que esse processo é um sistema dinâmico no qual há trocas contínuas de energia.

Nesse momento o professor pode propor questões como:

‘Nosso corpo é uma fonte de energia térmica?’ Sim, porque o nosso organismo se mantém a uma temperatura constante por volta de 36,5 °C. A nossa temperatura só continua praticamente estável porque à medida que perdemos (cedemos) calor para o ambiente, nosso metabolismo gera (recebe) calor na mesma proporção.

‘Uma pedra e um gato são fontes de energia térmica?’ Assim como o ser humano, o gato pode ser considerado uma fonte de energia visto que ele é capaz de gerar/ transformar energia química (obtida através dos alimentos entre outros), por exemplo, em térmica, mantendo sua temperatura entre 37,8 °C e 39°C. Já com a pedra isso é diferente. Embora ela não transforme energia química em térmica, como os seres vivos, em um dia de altas temperaturas, a pedra pode armazenar energia térmica, cedendo-a constantemente para o meio. É importante ressaltar que essa é uma situação específica que muda de material para material (propriedade conhecida como calor específico sensível).

É importante enfatizar que praticamente *toda* a nossa energia vem, no final das contas, do Sol. Mesmo a energia liberada por nós, seres humanos, advém da energia que o sol depositou nas plantas, permitindo que elas crescessem para nos servir de alimento.

Após essa primeira aproximação a temática da aula, é importante que o professor sistematize alguns conceitos, dentre eles calor, temperatura e sistemas. Como sugestão, indicamos que o professor utilize as fichas do **ANEXO3e**. Nelas os alunos, individualmente ou em equipe, descrevem suas ideias sobre tais conceitos. Sugerimos que comente que, no primeiro momento da aula, os alunos ouviram falar em algumas palavras como temperatura, calor e energia. Será que elas significam as mesmas coisas?

Questões para cartões

1. O que é temperatura? O que é calor?
2. Toda energia é calor?
3. A temperatura pode ser medida? Como se mede? O calor pode ser medido? Como se mede?

No segundo momento da aula é importante que o professor articule as respostas dos alunos com aquelas presentes na literatura [3.1/2c][3.1/2d][3.1/2e], de forma a sistematizar os conhecimentos escolares. A seguir apresentamos algumas definições que podem ajudar nessa articulação.

Ficha 1: Temperatura e calor são dois conceitos distintos. Temperatura é a grandeza física associada ao estado de movimento ou agitação das partículas que compõem os corpos. Calor é definido como sendo energia térmica em trânsito que flui de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura existente entre eles.

Ficha 2: Não, nem toda energia é calor, sendo esta apenas uma das formas de manifestação da energia. Há diversas outras como: sonora, cinética, potencial gravitacional e elástica, química, elétrica, luminosa etc.

Ficha 3: A temperatura pode ser medida, no entanto, essa medida não é realizada de forma direta. Ou seja, não é possível medir o grau de agitação das partículas. Essa medida é realizada quando um corpo entra em equilíbrio térmico com o termômetro, portanto, é preciso que o fluxo de entrada e saída energia do sistema se igualem. O calor pode ser medido, no entanto, essa medida também é feita indiretamente. Para isso utiliza-se um calorímetro, que permite a troca de energia entre dois objetos. Para obter a quantidade de calor é necessário conhecer a massa, a temperatura e o calor específico dos materiais envolvidos.

A partir das reflexões anteriores, os alunos podem iniciar os estudos sobre a dinâmica da Terra. Para isso sugerimos que coloque a questão para mobilização:

O que faz com que a Terra tenha certa temperatura?

Ou seja, o que determina a temperatura da Terra?

A resposta a essa questão deve conter a ideia de que a Terra, enquanto um sistema dinâmico recebe e cede energia (como o copo de água que troca energia com o ar - meio). A partir disso, sugerimos que explore a ideia das radiações que incidem e são emitidas do sistema Terra. Essa discussão pode se iniciar a partir da caracterização do sistema Terra.

A Terra é um sistema? Quais as características desse sistema?

É interessante comentar que os sistemas podem ser definidos como:

- Sistema aberto: há trocas de massa e energia;
- Sistema fechado: há troca somente energia;
- Sistema isolado: não há trocas.

A Terra é um sistema aberto no qual há troca de massa e energia com o universo. Para a discussão que segue adotaremos a energia como a radiação incidente e emitida pela Terra. O fluxo de entrada de energia na Terra refere-se aquilo que ela recebe do universo, por exemplo, radiação cósmica e radiação solar. O fluxo de saída refere-se aquilo que é enviado para o universo como a radiação emitida pela Terra e massa em forma de vapores de água, satélites, foguetes etc. Além disso, comente que a Terra tem energia própria (geotérmica) (vulcões) (gêiseres).

Essa reflexão será retomada na próxima aula, nela, vamos tratar de como analisar os fluxos de entrada e saída de energia num sistema em equilíbrio dinâmico, portanto, não é necessário explorar toda essa discussão agora.

Sugerimos que encerre a aula com a questão: **‘Se a Terra é um sistema aberto, como podemos fazer para analisar a energia que entra e sai desse sistema?’**.

Aula 3: Física da atmosfera: balanço dos fluxos de energia na Terra

Sugestões de ações em sala de aula

- Nessa aula propomos discutir conceitos que envolvem a Física da atmosfera, dando ênfase ao balanço dos fluxos de energia na Terra. A apresentação dessa aula está identificada como **ANEXO3b**.

Em sala de aula

Após os alunos tomarem contato com os conceitos de sistema, sugerimos que a discussão volte-se aos fluxos de energia. Para isso pode-se utilizar a analogia planeta – tanque com água [3.3a]. A intenção dessa discussão é mostrar que ao variar o fluxo de entrada e saída de água no tanque há variação na altura da coluna de água. Note que esse equilíbrio refere-se ao equilíbrio dinâmico, no qual há sempre um fluxo de entrada e saída estabilizados. Essa idéia será mais bem conduzida nessa e nas próximas aulas.

Para iniciar retome a questão deixada no final da aula anterior: Se a Terra é um sistema aberto, como analisar a radiação que entra e sai do sistema? Saliente que a Terra é um sistema aberto para massa e energia e que na nossa análise discutiremos apenas os fluxos de energia que chegam e deixam o planeta. Comente que essa escolha é devido a pouca influência da massa na variação da temperatura terrestre, diferentemente do que ocorre com a energia (radiação).

Tanque com água: analise os fluxos de água em um tanque e procure compará-lo com os fluxos de energia da Terra

Responda:

Questão 1. Se aumentarmos o fluxo de entrada de água no tanque, o que acontece com o fluxo de saída?

Questão 2. E se diminuirmos o fluxo de entrada de água no tanque, o que acontece com o fluxo de saída?

Questão 3. Como isso se relaciona com os fluxos de energia na Terra?

Você pode explorar a ideia de que a quanto mais água entra no tanque, mais água sairá dele. Isso se reflete na variação da altura da coluna de água. Se o fluxo de entrada de água se estabilizar, depois de algum tempo, a altura da coluna de água também se estabilizará, de forma que o fluxo de água na entrada será igual o fluxo de água na saída. Isso acontece porque há alguns fatores reguladores como o tamanho do tanque e a pressão que a água exerce na saída. A seguir apresentamos algumas reflexões acerca das questões problematizadoras:

Questão 1. Ao aumentarmos o fluxo de entrada de água no tanque, num curto intervalo de tempo, teremos uma situação de não-equilíbrio: o nível da água no tanque começa a subir e atinge uma altura maior do que a inicial. No entanto a pressão de saída da água também aumenta, fazendo com que o fluxo de saída da água também aumente. Assim, depois de um determinado tempo, a quantidade de água que entra e sai do tanque será a mesma, restabelecendo o equilíbrio. Esse tipo de equilíbrio em que há um fluxo de entrada e saída é denominado equilíbrio dinâmico.

Questão 2. Se diminuirmos o fluxo de entrada, novamente, por um curto intervalo de tempo teremos uma situação de não-equilíbrio: o nível de água no tanque começa a diminuir. Logo a pressão de saída da água também diminui, fazendo com que o fluxo de saída da água também diminua. Assim, depois de um determinado tempo, a quantidade de água que entra e sai do tanque será a mesma, restabelecendo o equilíbrio.

Questão 3. A dinâmica estabelecida no tanque com água pode ser comparada à da Terra. A Terra é um sistema aberto para energia, estando em equilíbrio dinâmico. Isso significa que por mais que diversos fatores possam sofrer variações, como a temperatura, o balanço da energia que entra e sai do planeta será mantido. Se houver alguma variação na entrada ou saída de energia no sistema terrestre, por ele ser aberto, haverá um período de tempo em que o sistema pode aumentar ou diminuir a sua temperatura, por exemplo, mas em algum momento isso se ‘estabilizará’. Essa estabilidade pode ocorrer a uma temperatura maior ou menor da que conhecemos atualmente. Note que a discussão sobre a variação na altura da coluna pode ser comparada com o aumento da temperatura no planeta e a variação do fluxo da água no tanque com o fluxo de energia na Terra.

Para dar continuidade a essa reflexão comente que, para encontrar uma medida para a temperatura da Terra, nos parece fundamental analisar a energia incidente e emitida por ela. Para isso sugerimos que discuta o (1) Fluxo de energia que incide na Terra e (2) Fluxo de energia emitido pela Terra.

(1) Fluxo de energia que incide na Terra

Antes de discutir a temática dessa aula, sugerimos que retome o conceito de espectro eletromagnético, em especial, identificando os tipos de radiações emitidas pelo Sol.

Você pode comentar que a quantidade de energia que incide na Terra é de cerca de 1350W/m^2 .

Explique que essa energia é produzida a partir da fusão nuclear no interior do Sol: núcleos de hidrogênio são fundidos, tornando-se núcleos de hélio e liberando energia. Essa energia se propaga através da radiação eletromagnética (lembre-se que a radiação eletromagnética não necessita de um meio de propagação).

Sugerimos que analise as interações entre a radiação solar e a atmosfera terrestre. Para isso pode-se questionar:

Como se comporta a radiação solar na atmosfera?

Fonte: <http://gaea-habitat.blogspot.com.br/2009/10/luz-solar-pode-controlar-o-clima.html>

Saliente que a radiação solar pode interagir com a atmosfera terrestre por meio de diferentes processos, a saber: reflexão, absorção, espalhamento etc. Sugerimos que analise a imagem com os alunos, tratando desses conceitos a partir das definições mais gerais, presentes nos livros didáticos.

A radiação solar na atmosfera sofre...

Reflexão: processo que ocorre quando uma onda ou partícula incide sobre uma superfície e retorna para o meio incidente. A radiação que chega à Terra é, em parte, refletida para o universo e, em parte, atravessa a atmosfera e passa por reflexões sucessivas entre a atmosfera (nuvens e gases) e a superfície terrestre. A fração do fluxo de radiação refletida por uma dada superfície é denominada albedo*.

***Albedo:** Informa a refletividade da superfície. Por exemplo, ao atingirem a superfície, os raios solares encontram diferentes materiais como pode ser visto na tabela abaixo. Nota-se que o gelo reflete a maior parte da energia solar (albedo de 50 a 85%), já o Albedo da Terra varia entre 29 e 34%. Ou seja, quanto maior o albedo de uma superfície, maior será a reflexão solar. As tabelas a seguir mostram os albedos de algumas superfícies.

Superfície	Albedo (%)
Água (incidência perpendicular)	4
Água (baixos ângulos)	Grande
Neve/gelo	85
Areia	30
relva ou veg. Rasteira	20
regiões desérticas	20
Florestas	20
nuvens (parte superior)	30

a) **REFLEXÃO:** processo que ocorre quando um raio luminoso incide sobre uma superfície e volta a se propagar para o meio de origem, ou seja, o retorno da luz a partir de uma superfície. Parcela de radiação incidente na Terra é, em parte, refletida para o espaço e, em parte, refletida para a atmosfera, onde passará por reflexões sucessivas entre as nuvens e a superfície da Terra.

A fração do fluxo de radiação refletida por uma dada superfície é denominada albedo.

Albedo: Indica a porcentagem de radiação que é refletida por uma superfície quando comparada com a radiação que a atinge, isto é, ele informa a refletividade da superfície.

Fonte: <http://mikajojo.webnode.com.br/news/o-que-e-albedo/>

Absorção: processo que ocorre quando a luz incide sobre a superfície de um material e interage com a matéria fazendo com que seus elétrons oscilem []. Um meio pode ou não absorver a radiação dependendo do comprimento de onda dessa radiação. Quando uma molécula de gás absorve radiação, esta energia pode, por exemplo, quebrar ligações químicas ou ser transformada em energia vibracional detectável com o aumento de temperatura.

- **Quebra de ligações químicas:** os gases são bons absorvedores da radiação disponível na atmosfera. Os chamados gases estufa, que estudaremos adiante, absorvem energia solar incidente promovendo reações de dissociação. Uma dessas reações é a fotodissociação do oxigênio (expressa pela equação: $O_2 + h\nu = 2O$) que, por ação da radiação ultravioleta, transforma o oxigênio molecular em oxigênio atômico extremamente reativo (expressa pela equação de fotodissociação do ozônio: $O_3 + h\nu = O_2 + O$).
- **Energia vibracional:** a energia absorvida pelas moléculas presentes na superfície terrestre (por exemplo, vapor de água, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio) pode ser transformada em energia vibracional. Nesse caso, a radiação solar incidente atinge a superfície terrestre fazendo com que as moléculas presentes absorvam tal energia de forma que, para retornar ao estado de menor energia, reemitem radiação em forma de radiação infravermelha (convertida em calor).

b) **ABSORÇÃO:** processo que ocorre quando a luz incide sobre a superfície de um material e interage com a matéria fazendo com que seus elétrons oscilem. Um meio pode ou não absorver a radiação dependendo do comprimento de onda dessa radiação. Quando uma molécula de gás absorve radiação, esta energia pode promover:

- Quebra de ligações químicas
- Energia vibracional

Espalhamento: processo que ocorre quando os raios luminosos entram em contato com partículas que possuem aproximadamente o mesmo tamanho do comprimento de onda dos raios incidentes. Essas partículas, por sua vez, entram em ressonância e redirecionam a luz em diversas direções []. Nesse processo, a radiação solar que incide em uma direção é espalhada ou desviada para outras direções. O espalhamento na atmosfera é elástico, ou seja, não há perdas de energia. O processo seria análogo ao comportamento de duas bolinhas de bilhar em uma colisão elástica e o choque resultando em modificação de suas trajetórias. Os fótons de radiação se chocam com as partículas presentes na atmosfera mudando de direção (fenômeno equivalente macroscopicamente a reflexão da luz).

O espalhamento é um fenômeno probabilístico. Assim, para cada comprimento de onda existe a probabilidade de ocorrer ou não espalhamento e pode ser descrito pela Lei de Rayleigh: $S(\lambda) = (\text{constante}) \times 1/\lambda^4$.

Vale lembrar ao aluno que essa lei descreve a razão do céu ser azul, já que a radiação solar está contida no espectro de luz visível no intervalo entre o vermelho e o violeta, tendo a cor azul menor comprimento de onda pela Lei de Rayleigh terá espalhamento maior do que as outras cores.

- c) **ESPALHAMENTO:** processo que ocorre quando os raios luminosos entram em contato com partículas que possuem aproximadamente o mesmo tamanho do comprimento de onda dos raios incidentes. Essas partículas, por sua vez, entram em ressonância e redirecionam a luz em diversas direções.

Os fótons de radiação se chocam com as partículas presentes na atmosfera mudando de direção, sem perda de energia

Fonte: <http://www.oocities.org/tomografiademadeira/interacao.html>
<http://saberfisica.blogspot.com.br/2010/09/porque-nosso-ceu-e-azul.html>

Outros processos (Refração): fenômeno em que ocorre alteração na direção de propagação ou na distribuição espacial de intensidades da radiação, sem, no entanto alterar os processos que envolvem os fluxos de energia incidente e emitido. No geral, os outros processos não vão contribuir significativamente para a determinação da variação de temperatura da Terra, por isso, optamos por não aprofundá-los nesse momento.

(2) Fluxo de energia emitida pela Terra

Nesse momento vamos discutir alguns valores referentes ao balanço energético que a Terra recebe e emite. A energia que atinge a superfície da Terra é cerca da metade da energia incidente no topo da atmosfera (1350 W/m^2), ou seja, 650 W/m^2 . Comente que a radiação incidente está, principalmente, sob a forma de luz visível, ultravioleta e infravermelho, e que, após diversas interações na superfície, a radiação emitida está preferencialmente na faixa do infravermelho.

Como a analogia com o tanque de água explica esse número? Na verdade, isso mostra que boa parte da energia fica retida na atmosfera através dos processos já discutidos anteriormente, enquanto outra parte será utilizada pelos seres vivos para a auto-organização de sistemas. Nesse contexto, é interessante analisar

com os alunos o esquema apresentado na figura a seguir, salientando que o fluxo de energia que atinge e é emitido pela Terra possuem o mesmo valor.

Fluxos de energia incidente e emitido pela Terra

Esse sistema é muito mais complexo do que o tanque com água, em especial, devido aos inúmeros processos e fatores de regulação. No entanto, toda energia incidente no planeta será utilizada de alguma forma ou devolvida para o espaço, mantendo, portanto a Terra em equilíbrio dinâmico. Para melhor entendimento acerca desse equilíbrio, sugerimos que faça uma discussão dos dados apresentados da tabela a seguir, sendo possível identificar a porcentagem dos fluxos de entrada e saída de energia. Comente com os alunos que o calor latente (L) refere-se à grandeza física que está relacionada à quantidade de calor (Q) que um corpo com determinada massa (m) precisa receber ou ceder para mudar de estado físico ($Q = m.L$) e que calor sensível refere-se a aquele que provoca apenas variação na temperatura do corpo, sem que aconteça mudança no seu estado de agregação.

Fluxo de energia de entrada e saída na Terra			
Fluxo de entrada		Fluxo de saída	
Atinge a superfície terrestre sem interação	5	Emitido para atmosfera	3
Emitido, refletido ou espalhado pelas nuvens ou pela atmosfera e absorvido pela superfície	5	Transferido como calor latente de vaporização	4
		Calor sensível	
		Irradiado diretamente p/espço	
Total	0		0

Para sistematizar o que foi tratado até o momento, relembre os alunos que ao iniciar nossa pesquisa propomos encontrar uma temperatura para a Terra. Até aqui estudamos os fluxos de entrada e saída de energia no planeta e identificamos que esse é um processo dinâmico e com muitas variáveis. Estudamos, portanto, a dinâmica do processo físico envolvido. Mas isso ainda não nos dá subsídio para determinar uma temperatura para a Terra. Para isso teremos que olhar com mais calma alguns gráficos.

Análise de gráficos dos fluxos de entrada e saída de energia na Terra para obter a Temperatura média da Terra

Nessa etapa trazemos alguns gráficos que podem ajudar na determinação da temperatura da Terra. De forma geral eles mostram a energia recebida e emitida pelo planeta, indicando especificamente as radiações envolvidas.

No **Gráfico 1** está indicada a radiação que atinge o topo da atmosfera e o resultado de sua interação até atingir a superfície terrestre ao nível do mar. Especificamente na parte azul está representada a radiação que foi absorvida pela atmosfera. A parte amarela refere-se à parcela da radiação que pode ter sido espalhada, refletida, etc. Note que a maior parte da radiação incidente concentra-se na faixa visível e ultravioleta.

Gráfico 1: Fluxo da radiação solar incidente na Terra ao atravessar a atmosfera

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=301>

No **Gráfico 2** apresentam-se apenas a radiação que é emitida pela superfície terrestre. Usando as informações contidas nesse gráfico é possível discutir, numericamente, que a Terra emite radiação preferencialmente na faixa do infravermelho (equivalente à parte verde do gráfico).

Gráfico 2: Fluxo da radiação emitida pela Terra ao atravessar a atmosfera

Por fim, juntando as informações contidas nos **Gráficos 1 e 2** obtemos o **Gráfico 3** que explicita adequadamente as faixas de radiações recebida e emitida pela Terra.

Gráfico 3: Radiação incidente e radiação emitida

Observado o gráfico anterior notamos que, embora a quantidade de radiação incidente e emitida deva ser igual (área sob as curvas), sua distribuição em termos de comprimento de onda é bem diferente. A radiação incidente está concentrada em torno do visível, enquanto a radiação emitida concentra-se por um conjunto de radiações infravermelhas (em torno de até 50nm).

Comente com os alunos que a temperatura da superfície do sol é de cerca de 6000K, que corresponde a um comprimento de onda máximo $\lambda_{\text{max}} = 485 \text{ nm}$. Esse valor indica que a radiação solar que atinge a Terra está predominantemente em a forma de luz visível (50%). O restante refere-se à radiação ultravioleta (5 a 8%) e infravermelha (42 a 45%). Saliente que é possível estimar a temperatura do Sol porque analisamos a cor da luz que, por sua vez, está relacionada com a sua frequência, tal como vimos ao tratar do exemplo da vela, na **Momento 2**. Dessa forma, podemos saber a temperatura de um objeto analisando a radiação que ele emite. Essa conclusão é possível graças a Lei de Stefan-Boltzmann que estabelece que a energia total radiada por unidade de área superficial de um corpo negro* na unidade de tempo (radiação do corpo negro) é diretamente proporcional à quarta potência da sua temperatura: $P = \sigma \cdot T^4$.

* Entende-se por corpo negro idealizado todo aquele que absorve a radiação eletromagnética que nele incide não refletindo nada.

Até agora, temos considerado como hipótese que o sistema Terra está em equilíbrio dinâmico. Isso implica em que a atmosfera, enquanto um subsistema do planeta deve também ser considerada em equilíbrio dinâmico, da mesma forma que os demais subsistemas (hidrosfera, biosfera etc.).

No caso da atmosfera, o fluxo de energia incidente na Terra dever ser equivalente ao fluxo de energia emitido pela Terra, considerando-se valores globais. Assim, temos:

$$\text{Energia total incidente} = \text{Energia total emitida}$$

Essa igualdade expressa o balanço médio de fluxos e, portanto, diz respeito a energia por unidade de tempo. Já que esses fluxos variam, é necessário que se considerem valores médios, levando em conta variações temporais (diárias e anuais) ou espaciais (diferenças de localização, latitude etc.). Dada a complexidade dessas variações, essa igualdade não é passível de verificação e comprovação experimental.

Assim, o balanço energético da radiação fornece de fato apenas uma hipótese básica dos modelos a serem desenvolvidos para a atmosfera, sendo impossível sua medida concreta.

Temos aqui um problema. Assumimos o equilíbrio dinâmico, mas não podemos verificá-lo na prática, dada a diversidade do nosso sistema. Mas o que garante então que o sistema esteja mesmo em equilíbrio dinâmico?

A Física enfrenta frequentemente situações desse tipo. Para resolvê-las, utiliza um procedimento muito interessante. Considera aquilo que não é passível de ser verificável experimentalmente como hipótese, ou seja, como ponto de partida. Utiliza depois essa hipótese em situações e modelos, analisando suas implicações teóricas ou consequências práticas. Se as decorrências dessa hipótese forem válidas, comprováveis ou mensuráveis, então também será válida a própria hipótese.

No nosso caso, vamos considerar as relações entre a intensidade da radiação e temperatura bem estabelecidas pela Física. Se os resultados forem coerentes, nossa hipótese básica estará validada; caso contrário, será preciso rever a hipótese básica.

A relação entre a radiação emitida por um corpo e a temperatura desse corpo pode ser dada pelas áreas sob as curvas de intensidade em função de comprimento de onda, são proporcionais a quarta potência da temperatura.

Assim temos:

Radiação emitida por um corpo (modelo de radiação de corpo negro):

Distribuição em λ da radiação emitida (Lei de Wien):

$$\lambda_{max} = 2,898 \times 10^{-3} / T, \text{ sendo } \lambda \text{ (comprimento de onda) medido em metros e } T \text{ (temperatura)}$$

em K.

- Intensidade da radiação emitida:

$P = \sigma T^4$, onde P é a potência da radiação por unidade de área e σ é a constante de Stefan-Boltzmann, cujo valor é $5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$.

Essa intensidade corresponde a área sob a curva de intensidade por comprimento de onda, para cada uma das curvas das diferentes temperaturas.

Para fazer nosso ‘teste’, tomamos como hipótese que o fluxo incidente é igual ao fluxo emitido pelo sistema Terra, dessa forma podemos verificar se nossas afirmações anteriores estão coerentes. Assim, a partir do fluxo incidente, que é conhecido e corresponderia a potência emitida

pelo Sol (P_{Sol}), podemos obter o fluxo emitido pela Terra (P_{Terra}). Em seguida, utilizando a relação apresentada anteriormente podemos obter a temperatura média do planeta.

$$P_{\text{terra}} = \sigma \cdot (T_{\text{terra}})^4$$

e compara-la com os valores estimados para essa temperatura (algo em torno de 288K). Se tudo der certo, teremos comprovado nossa hipótese e poderemos continuar considerando o sistema como em equilíbrio dinâmico.

Para obtermos a potência emitida pela Terra, são necessários, contudo, alguns cuidados:

- Temos como conhecida a constante solar no topo da atmosfera (algo em torno de 1350 W/m^2). Contudo, cerca de 30% dessa radiação é refletida de volta para o espaço e não deve ser considerada de fato como incidente. Somente os restantes 70% incidem no sistema e são depois reemitidos para o espaço.
- Além disso, há um problema da área a ser considerada. Enquanto o Sol irradia apenas uma seção equivalente a $\pi(R_{\text{Terra}})^2$ (R = raio da Terra), a radiação é emitida por toda a superfície da Terra.

Assim, a igualdade da energia incidente e emitida deve ser escrita como:

$$(1-0,30)P_{\text{Sol}} \times \pi(R_{\text{Terra}})^2 = 4\pi(R_{\text{Terra}})^2 \times \sigma T_{\text{Terra}}^4$$

Utilizando essa relação é possível obter a radiação emitida pela Terra (P_{Terra}) e, a partir dela, estimar sua temperatura média. Isso, feito os cálculos necessários, fornece um valor para a temperatura média da Terra em torno de 255K, ou seja, -15°C .

Retomando: fazendo o balanço energético da Terra a partir somente dos dados discutidos até aqui, concluímos que a temperatura média da Terra deveria ser cerca de 255K, ou seja, -15°C . Porém sabemos que na realidade a temperatura média da Terra é de 288K ou $+15^\circ\text{C}$. Diante disso, parece haver alguma inconsistência com o nosso modelo de equilíbrio dinâmico. No modelo discutido fizemos considerações ‘(...) como se a energia emitida pela Terra fosse diretamente para o espaço, sem levar em conta a possibilidade de absorção e retenção de parte dessa energia na atmosfera. Essa retenção de energia estabelece ‘camadas’ intermediárias de temperatura entre a superfície da Terra e o vazio do universo’ []. Parte dela é devida ao denominado efeito estufa, assunto da próxima aula.

Aula 4 – Efeito estufa e suas representações

Sugestões de ações em sala de aula

- No início da aula discutiremos os conceitos físicos sobre o efeito estufa. A apresentação da aula está identificada como **ANEXO 3c**.
- Sugerimos uma atividade na qual os alunos analisam algumas ilustrações e trechos de um texto sobre o efeito estufa. Esperamos que com essa atividade o aluno seja capaz de identificar erros e limitações contidos nas representações desenvolvendo assim uma visão crítica sobre o assunto.

Em sala de aula

Para iniciar a aula sugerimos que sejam retomadas algumas das ideias anteriores. Comente sobre o modelo o qual se referia aos fluxos de entrada e de saída de energia da Terra e que esse é um sistema aberto e que está em equilíbrio dinâmico. A partir de um modelo matemático, desenvolvidos através desses conceitos, foi possível encontrar uma variação de temperatura da Terra.

A partir daqui, vamo-nos concentrar ao efeito que mantém a temperatura da Terra. Para isso você pode questionar ‘Por que a atmosfera é importante para o planeta Terra?’.

Você pode comentar sobre a importância da camada atmosférica para a manutenção da vida no planeta, salientando que suas camadas absorvem parte das radiações que são nocivas para os seres humanos, a exemplo da radiação ultravioleta. Outra função importante da atmosfera é proporcionar a realização de processos físicos e biológicos (ciclo de carbono, ciclo da água etc.) necessários para a manutenção da vida, além de contribuir para a retenção de gases essenciais na determinação do clima do planeta. Saliente o quanto essa camada é fina.

Camada da atmosfera: O que você sabe a respeito?

Se a Terra fosse do tamanho de uma bola de futebol, a atmosfera seria mais fina que uma folha de papel!

Em seguida, é importante apresentar a composição da atmosfera.

Ao afastarmos da superfície da Terra, tem-se a:

Troposfera: se estende de aproximadamente 15 km do solo até a 2ª camada. Contém cerca de 75% da massa total da atmosfera e quase todo o vapor d'água. A temperatura diminui em média 6,5° C a cada 1000m.

Estratosfera: camada com altitude de aproximadamente 50 km. A temperatura aumenta conforme a altitude aumenta, devido à presença da **camada de ozônio**, sua principal característica é filtrar os raios ultravioleta B (UVB) emitida pelo Sol que atingem a Terra.

Mesosfera: camada que atinge altitude de cerca de 85 km. É uma camada extremamente fria com a existência de importantes mecanismos de transporte

vertical de massa. Nota-se que no topo dessa camada atinge-se a temperatura de -93°C visto que o ar torna-se cada vez mais rarefeito.

Termosfera: camada que atinge até 600 km de altitude. Pode atingir temperaturas aproximadamente de 1.000°C graças à presença de oxigênio atômico, gás que absorve grande quantidade de energia solar.

Exosfera: é a camada que antecede o espaço sideral e se estende por altitude de até 10.000 km, com temperatura de -273°C. Formada basicamente pelos gases hélio e hidrogênio é a camada na qual ocorre o fenômeno conhecido como aurora boreal e onde se encontram os satélites de informação e telescópios espaciais.

Em seguida, sugerimos que se discuta a composição química (natural) da atmosfera, sem salientar a intervenção humana, tomando como referência os dados apresentados a seguir.

COMPOSIÇÃO (natural) da Camada da Atmosférica

Formula Estrutural	Elemento	%(ao nível do mar)
(N ₂)	Nitrogênio	78,084
(O ₂)	Oxigênio	20,948
(Ar ₂)	Argônio	0,934
(CO ₂)	Dióxido de Carbono	0,033
(Ne ₂)	Neon	0,00182
(He ₂)	Hélio	0,00052
(CH ₄)	Metano	0,00002

Analisando os dados da tabela, é possível comentar que a atmosfera é constituída por uma mistura de gases, predominantemente nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂). Saliente que os chamados ‘gases de efeito estufa’ são aqueles particularmente relevantes na absorção de radiação. Vapor d’água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nítrico (N₂O), por exemplo, são gases de efeito estufa. Note que apesar de apenas 1% dos gases atmosféricos serem gases de efeito estufa, eles são poderosos retentores de calor.

Falamos do efeito estufa, mas não o definimos ainda. Para isso sugerimos que retome as ideias acerca do modelo de fluxos de energia tratado nas aulas anteriores. Comente que para a manutenção da temperatura da Terra por volta dos 15°C (ou 288K) é preciso que o calor seja retido na atmosfera. Isso acontece graças à presença dos gases de efeito estufa e ao calor latente (energia transferida da superfície do planeta por moléculas de água durante o processo de evaporação).

Efeito estufa: principais processos

Para a manutenção da temperatura da Terra por volta dos 15°C (ou 288K) é preciso que o calor seja retido na atmosfera. Isso acontece graças à presença dos gases de efeito estufa e ao calor latente (energia transferida da superfície do planeta por moléculas de água durante o processo de evaporação).

A dinâmica do processo físico apresentada na figura acontece da seguinte forma:

- O fluxo solar incidente (1) (1350 W/m^2) atinge o topo da atmosfera. Parte desse fluxo é refletido, espalhado, etc. (2) e absorvido pela superfície terrestre. Ressalte que os gases de efeito estufa não interagem com a radiação incidente do Sol permitindo que ela atinja a superfície terrestre.

- A fração de energia que atinge a superfície terrestre (aproximadamente 650 W/m^2) é absorvida devido ao calor latente e, em seguida, emitida pela superfície da Terra para a atmosfera (3) na forma de radiação infravermelha. Note que os gases estufa presentes na atmosfera absorvem faixas de comprimentos de onda específicos, a saber, radiação infravermelho (entre $4 \mu\text{m}$ e $20 \mu\text{m}$). Assim, a presença dos gases estufa contribui para que parte da energia permaneça na atmosfera, caracterizando o que denominamos efeito estufa.

- Por fim, a Terra enquanto um sistema aberto emite um fluxo de energia, resultado das interações que ocorrem na atmosfera assim como pela absorção na superfície terrestre (4).

Em seguida, sugerimos que retome os tipos de gases de efeito estufa. Comente que esses gases podem ser emitidos também pela ação humana e que cada um deles tem uma contribuição significativa para o efeito estufa. Questione se os alunos conhecem quais são as fontes desses gases, como, por exemplo, que o metano (CH_4) é resultado da queima de biomassa ou atividade micro-orgânica em lagos e oceanos; que o óxido de nitrogênio (N_2O) pode ser encontrado nos fertilizantes, terra cultivada ou produzido pela queima de biomassa.

Após apresentar as fontes dos gases de efeito estufa é importante discutir a contribuição relativa de cada um deles, pois assim será possível identificar qual ou quais são mais ‘eficientes’ na retenção de calor. Com isso os alunos terão argumentos para identificar quais são efetivamente responsáveis pelo aquecimento global e quais deles são fruto da intervenção humana. Nessa discussão chame a atenção para a ideia de que cada elemento tem uma porcentagem diferente na contribuição para o efeito estufa conforme a tabela a abaixo:

Qual a contribuição relativa de cada gás para o efeito estufa?

**Quais são os Gases Efeito Estufa?
E quanto ele contribui ?**

CO ₂ (gás carbono)	50%
CH ₄ (metano)	16%
CFCs	20%
Ozônio	8%
N ₂ O (Óxido Nitroso)	6%

Tabela : Contribuição relativa para o Efeito estufa global (sem levar em conta o vapor d'água)

Em seguida, sugerimos instigar os alunos questionando-os: Será que com esses dados podemos dizer algo sobre a intervenção humana no aquecimento global?

Parece-nos que para nos posicionar é preciso saber mais sobre a dinâmica dos gases de efeito estufa. É necessário identificar a **quantidade desses gases na atmosfera**, pois só assim poderemos ter mais clareza sobre sua real contribuição. Tal quantidade é expressa por “parte por milhão” (ppm), o que significa que ao analisarmos uma amostra de ar de determinado volume encontramos uma milionésima parte do gás que estamos analisando, ou seja, uma molécula desse gás para 10^6 moléculas de outros gases. Um dado interessante, a concentração de CO₂ corresponde a cerca de $2,1 \times 10^{12}$ Kg de carbono na atmosfera.

Também nos parece fundamental identificar o **tempo de residência**, ou seja, o tempo que cada gás permanece na atmosfera sem interagir com outros gases. Esse tempo considera as suas interações médias, até que ele se transforme em outro gás não estufa.

Qual a concentração e o tempo de residência dos gases de efeito estufa?

Concentração de substância X Tempo de residência

	Concentração em ppm -v	Tempo de residência
Gás Carbônico (CO ₂)	339	7 anos
Metano (CH ₄)	1,55	10 anos
Óxido Nitroso (N ₂ O)	0,30	170 anos
CloroFluorCarbono (CFCs)	0,07	> 500 anos

• **Tabela :** Concentrações e valores estimados para o tempo médio de residência para os principais gases estufa

Comente, por exemplo, que o CO₂ é um gás com elevada concentração na atmosfera, mas que tem um tempo de residência relativamente curto se comparado aos CFCs. No entanto, os CFCs têm baixa concentração na atmosfera. A intenção com essa discussão é explicitar a importância de se analisar as diversas variáveis que envolvem o problema do aquecimento global, explicitando que não é fácil determinar se o planeta está ou não aquecendo, tomando como causadora a intervenção humana. Essa reflexão será retomada nas aulas posteriores.

Por fim, para nos posicionar sobre o aquecimento global, é preciso saber se a ação humana contribui muito ou pouco com a emissão de gases de efeito estufa. Para isso sugerimos que questione os alunos: Você é capaz de dizer se a intervenção humana no planeta, considerando a emissão de gases de efeito estufa, contribui para o aumento do aquecimento global?

Você é capaz de dizer se a intervenção humana no planeta, considerando a emissão de gases de efeito estufa, contribui para o aumento do aquecimento global?

Em seguida, apresente o slide com dados acerca da intervenção humana e o processo natural de emissão dos gases de efeito estufa. Baseados nas informações, podemos comentar que a “culpa” não pode ser atribuída apenas às atividades humanas, mas a dinâmica do próprio planeta. Por outro lado, há de nos questionarmos se esse ‘pequeno’ incremento pode mesmo alterar a dinâmica do planeta.

Os dados permitem diversos comentários, por exemplo, que a ação do homem (ação antropogênica) contribui com uma porcentagem de aproximadamente 7% de emissão de CO₂, enquanto 93% desse gás vêm da dinâmica natural do planeta como, por exemplo, a erupção de um vulcão. Note que a intenção aqui é novamente explicitar que não é simples dizer se o aquecimento global é consequência apenas da intervenção humana no planeta. Por isso, não se preocupe com respostas fechadas. A questão ambiental é, por si só, uma temática pautada na ciência complexa, de forma que qualquer posicionamento requer análise de diversos parâmetros.

Sugestão de atividades

Para essa aula, sugerimos duas atividades. Na primeira o aluno analisa um conjunto de imagens sobre o efeito estufa e deve analisá-las considerando as reduções e equívocos que podem levar ao entendimento incorreto do tema em questão; na segunda o aluno analisa criticamente um trecho do livro ‘Uma verdade inconveniente’ [3.4b].

- **Primeira Atividade:** nessa atividade os alunos analisam as representações (imagem) sobre o fenômeno efeito estufa, procurando apontar os equívocos a partir do que estudaram ao longo das aulas. Essa atividade contribui para que possam exercitar sua criticidade frente às questões socioambientais; ela tem apenas a intenção de mostrar a simplificação realizada nas discussões que cercam o aquecimento global.

Representações	Aspectos a serem considerados
	<ul style="list-style-type: none"> • A imagem mostra que energia emitida pelo sol (setas vermelhas) penetra no planeta Terra, desprezando a probabilidade de 30% ser refletida pela atmosfera para o espaço.

<p>Efeito de Estufa</p> <p>A - A radiação solar atravessa a atmosfera. A maior parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre e aquece-a.</p> <p>B - Alguma da radiação solar é reflectida pela Terra e atmosfera, de volta ao espaço.</p> <p>C - Parte da radiação infravermelha é reflectida pela superfície mas não regressa ao espaço pois é reflectida de novo para a superfície da Terra. O efeito é o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A radiação solar atravessa atmosfera sem que ocorram interações como refração, espalhamento, refração, apenas a reflexão é representada. • A reflexão só ocorre após a energia solar atingir a superfície terrestre • A imagem apresenta uma atmosfera externa e interna. • A energia que entra na Terra é maior do que a que sai.
<p>Efeito Estufa</p> <p>Sol</p> <p>Terra</p> <p>Os gases do Efeito Estufa, principalmente o CO₂, permitem que a luz do Sol passe por eles.</p> <p>Parte da energia solar é refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre.</p> <p>Esses mesmos gases, por reterem grande parte do calor gerado pela luz do Sol, o calor é refletido de volta para a superfície pelas moléculas dos gases do Efeito Estufa gerando mais calor.</p> <p>Gases do Efeito Estufa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A energia solar (seta amarela) penetra no planeta desprezando a probabilidade de 30% ser refletida pela atmosfera para o espaço. • A reflexão somente ocorre após a energia solar atingir a superfície terrestre. • A atmosfera está representada como uma camada separada da Terra.
<p>Reflexão e absorção</p> <p>Radiação terrestre</p> <p>Radiação solar</p> <p>Contra-irradiação</p> <p>Absorção pela atmosfera</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A energia solar (seta amarela) penetra no planeta desprezando uma parte que é refletida pela atmosfera para o espaço. • A energia que chega ao planeta é a mesma que sai do planeta (setas amarelas). A radiação infravermelha ocorre quando a radiação atinge a superfície terrestre (setas vermelhas). • A energia que entra na Terra é maior do que a que sai.
	<ul style="list-style-type: none"> • A energia solar penetra no planeta sem que haja a reflexão pela atmosfera. • Não há representação de interação entre radiação e atmosfera como absorção, refração ou difração, apenas reflexão. • A energia que entra no planeta Terra

<p>é maior do que a que sai (4 setas vermelhas que entram e 1 que sai)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A atmosfera está representada como uma camada separada da Terra. • Tanto os mares quanto as florestas refletem a mesma quantidade de radiação.
<ul style="list-style-type: none"> • A atmosfera é representada como uma camada de poluentes, sendo essa a responsável pelo efeito estufa. • A única radiação que a Terra emite para o espaço é o infravermelho (radiação de calor). • A reflexão da radiação só ocorre após atingir a superfície terrestre. • Há um equívoco de conceitos quando o texto afirma que a camada de poluentes absorve a radiação e depois devolve (reflete) para a Terra.

- **Segunda Atividade:** nessa atividade os alunos devem reescrever um trecho do livro ‘Uma verdade inconveniente’[], considerando o que estudaram ao longo das últimas aulas. Identificamos em negrito no slide os equívocos que devem ser reescritos.

- O trecho “Parte dessa energia é **refletida** e volta a irradiar-se no espaço, sob forma de ondas **infravermelhas**”.

- Nos trechos “[...] a camada atmosférica esta ficando mais **espessa** em consequência da enorme quantidade de dióxido de carbono e outros gases estufas produzidos pelo homem” e “A atmosfera, agora **mais densa**,...”

Destacamos os seguintes aspectos:

- Uma parte do que se refere à energia que é refletida pode ser explicada pelo albedo da Terra, onde em torno de 30% da energia é refletida pela superfície terrestre, no entanto, essa energia ainda passará por diferentes processos e quando novamente emitida pelo planeta não será mais unicamente na forma de radiação infravermelha, mas também em outras formas de radiação presentes no espectro eletromagnético como o ultravioleta.

- É um equívoco afirmar que a atmosfera está ficando mais espessa devido aos gases estufas emitidos pelo homem. Sabemos que os gases estufa representam cerca de 1% da composição total da

atmosfera, sendo que desse total o homem contribui cerca de 7% na emissão desses gases, o que não parece suficiente para aumentar a espessura da atmosfera.

- A afirmação do aumento da densidade da atmosfera parece ainda mais absurda, considerando a lei dos gases ideais ($P.V = n.R.T$) para calcularmos a densidade de um gás que não se encontra em CNTP (condições normais de temperatura e pressão) temos que levar em consideração que a densidade absoluta desse gás é diretamente proporcional a massa molecular e a pressão, e inversamente proporcional a temperatura. Isso significa que mesmo que o homem fosse capaz de aumentar a concentração desses gases na atmosfera, afirmar a ocorrência de um aumento de densidade da mesma dependeria de diversos fatores que se alteram dependendo de qual parte da camada atmosfera estamos analisando (quanto maior a altitude, a pressão e a temperatura podem variar, todos esses fatores precisam ser analisados antes de afirmar um aumento de densidade da atmosfera).

Aula 5 – Processos de medidas e suas incertezas

Sugestões de ações em sala de aula

- Nessa aula (**ANEXO3d**) propomos inicialmente uma discussão sobre os processos de medidas e suas incertezas (retomando a atividade proposta no **Momento 2**).
- Introdução das reflexões sobre a intervenção humana na dinâmica do planeta.

Em sala de aula

Nessa discussão apresentamos alguns parâmetros utilizados pelos cientistas para tratar o Aquecimento Global, tomando como referência a dinâmica dos gases de efeito estufa e outras hipóteses (por exemplo, influência da atividade solar). Como a temática é ampla, julgamos importante que o professor analise criticamente a melhor forma de fazer essa discussão, considerando o tempo de aula disponível. Em especial porque a análise dos gráficos que refletem os diferentes modelos científicos requer uma disponibilidade maior de tempo para a reflexão.

No primeiro momento da aula analisamos os dados de temperatura coletados pelos alunos durante os dez dias combinados, por isso é importante que você se organize para que eles tenham os gráficos produzidos após coleta de dados, no Momento 2 (*Medindo a temperatura da Terra*). Para iniciar essa problemática sugerimos que questione os alunos:

Ao discutir os dados trazidos pelos alunos sugerimos que verifique se as medidas dos grupos estão próximas, quais as dificuldades em realizá-las etc. Após essa análise questione se é possível com essas medidas determinarmos a temperatura do planeta. Espera-se que o aluno reflita

sobre as grandes dimensões envolvidas, isto é, mesmo se os bairros dos alunos forem distantes, ainda sim não é possível determinar uma temperatura para o planeta.

Para explicitar a complexidade na obtenção de uma temperatura média para a Terra, procure articular as dificuldades encontradas pelos alunos com aquelas encontradas pelos cientistas, questionando-os:

Para responder a essa questão, é preciso levar em consideração a complexidade em se estabelecer a variação da temperatura do ambiente. Além disso, deve-se ficar explícita a grande quantidade e diversidade de variáveis e fenômenos que estão envolvidos nisso.

Constatado o problema, sugerimos apresentar aos alunos alguns elementos que estão presentes na caracterização da temperatura da Terra, algumas estratégias de estudo desenvolvidas pela ciência, assim como alguns dados validados pela comunidade científica. Das discussões realizadas até o momento, identificamos duas formas de se obter uma média de temperatura da Terra. Na primeira, pela dinâmica dos processos físicos; na segunda, pelas medidas diretas coletadas pelos alunos em suas residências. Comente:

GRECC

Para saber se a temperatura da Terra está aumentando ou não (logo, estudar o Aquecimento Global), os cientistas analisam a dinâmica dos processos físicos. Eles fazem isso por meio de medidas diretas e medidas indiretas. A partir daí criam algumas **hipóteses** sobre o Aquecimento Global.

1) **Hipótese dos gases estufa**

- a. Medidas da temperatura da Terra e sua variação;
- b. Medidas da concentração de gases estufa (CO_2).

2) **Outras hipóteses**

Atividade solar; Aumento do CO_2 devido ao aumento da T; Processos cíclicos de longo prazo; Dinâmica da Terra; Sistema complexo – imprevisibilidade etc.

Tanto nos processos físicos, como nas medidas, os cientistas encontram diversas dificuldades, que podem se reverter em incertezas na determinação da temperatura da Terra.

Logo abaixo olharemos com mais cuidado a hipótese dos gases estufa e as outras hipóteses. Lembre-se que é importante disponibilizar mais aulas caso deseje aprofundar essa discussão, considerando todos os assuntos disponibilizados nesse material (esses assuntos estão indicados como Extra nos slides).

Hipótese dos gases estufa: Para estudar se a temperatura da Terra está se alterando os cientistas podem desenvolver modelos e fazer medidas. Eles podem estudar pelo menos dois parâmetros: (1) medidas de temperatura da Terra e (2) a dinâmica dos gases estufa. Comente sobre as possíveis questões que eles procuram responder.

GRECC

Hipótese dos gases estufa

Para estudar se a temperatura da Terra está se alterando os cientistas podem desenvolver modelos e fazer medidas. Eles podem estudar pelo menos dois parâmetros, pensando em questões como as apresentadas a seguir:

(1) Medidas de temperatura da Terra

(Qual a temperatura da Terra?)

(2) A dinâmica dos gases estufa

(2a. Quanto CO₂ tem na atmosfera?)

(1) Medidas de temperatura da Terra. É interessante retomar a dificuldade que os alunos tiveram em encontrar uma única temperatura considerando dados apenas das regiões próximas à escola. Se preferir, exemplifique com os dados obtidos em São Paulo (slide identificado como extra na apresentação ANEXO3d), com dados tomados da mesma maneira que eles obtiveram. Comente que essas medidas variam muito dependendo da hora do dia em que se coleta os dados; ou se analisar apenas uma hora ao longo de um período etc. Apenas retome a discussão, visto que ela já foi realizada no início dessa aula.

Para ampliar a problemática, você pode analisar os gráficos obtidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) [2a]. Eles são sugeridos porque ajudam a explicitar as dificuldades em analisar os dados encontrados pelas agências de pesquisas.

GRECC

Hipótese dos gases estufa

1. Medidas de Temperatura

Gráfico 1: variação da temperatura no período de 1996 e 2011;

Gráfico 2: média anual da temperatura no período de 1961 a 1990.

Retirados do Instituto Nacional de Meteorologia

Gráfico 1

Gráfico 2

Algumas ideias que podem ser problematizadas com os alunos, a partir desses gráficos são:

Gráfico 1: esse gráfico, que traz dados da temperatura média anual entre os anos 1961 a 1990, refletem nossa realidade direta, visto que a temperatura no mês de julho tende a ser a mais baixa (inverno no hemisfério sul). Novamente, tal como no anterior, não nos diz muita coisa acerca do Aquecimento Global.

Gráfico 2: ao analisar o gráfico de 1996 a 2011 vê-se que algumas variações podem induzir ou trazer informações diretas e claras do Aquecimento Global. Mas se olharmos em outra perspectiva, ao longo do tempo, por exemplo, é possível concluir que não há aumento contínuo da temperatura da Terra e sim um ciclo que ora aumenta, ora diminui.

Esses gráficos servem para exemplificar que, dependendo da forma de se avaliar os dados, algumas interpretações são possíveis, no entanto, para o que nos interessa (medida de temperatura da Terra para verificar se o Aquecimento Global está se agravando ou não), parece fundamental olhar a variação ao longo de um grande período de tempo. Explicite as dificuldades encontradas em obter um valor para a temperatura média da Terra, tal como no slide a seguir:

Em seguida você pode tratar da evolução temporal. Comente que temos diversas dificuldades em obter gráficos dessa natureza porque há (i) uma disponibilidade limitada dos dados; (ii) variação dos métodos e modelos para estimativas do passado de medida; (iii) variação dos métodos de medida (diferentes instrumentos foram utilizados); e (iv) “ilhas” de calor. Faça uma breve análise dos dados apresentados nos gráficos, de forma a salientar que dependendo do recorte que se faz é possível inferir:

Gráfico 3: a temperatura da Terra está efetivamente aumentando em índices alarmantes;

Gráfico 4: a temperatura da Terra se altera devido a sua própria dinâmica, de forma que é possível dizer que não somos nós que estamos alterando o clima terrestre.

Para aprofundar essa discussão disponibilizamos gráficos extras (slide identificado como extra na apresentação ANEXO3d), que podem ou não serem utilizados em sala de aula, dependendo do interesse e da disponibilidade de tempo.

Por fim, comente que para a obtenção da temperatura da Terra utilizando esses parâmetros consideram-se outras dificuldades encontradas pelos pesquisadores, por exemplo: (i) dificuldade de obtenção de dados atuais (hemisfério Sul); (ii) variações recentes; (iii) dificuldade de obtenção dos dados do passado, por medida direta, incluindo instrumentos e processos de medida, ilhas de calor, etc.; (iv) estatística capaz de estabelecer valores médios globais; (v) medidas indiretas de temperaturas para épocas mais remotas etc.

GRECC

Hipótese dos gases estufa

1. Medidas de Temperatura

Alguns aspectos a serem considerados

- Dificuldade de obtenção de dados atuais (hemisfério Sul)
- Variações recentes
- Dificuldade de obtenção dos dados do passado, por medida direta, incluindo instrumentos e processos de medida, ilhas de calor, etc.
- Estatística capaz de estabelecer valores médios globais
- Medidas indiretas de temperaturas para épocas mais remotas

(2) **Medidas de concentração de Gases estufa (CO₂).** Os cientistas podem medir diretamente a quantidade de gases estufa que estão presentes na atmosfera e depois desenvolvem modelos que procuram explicar as dinâmicas desses gases. Se quisermos entender um pouco melhor como isso funciona, vamos pensar na questão: **(i) Quanto CO₂ tem na atmosfera?** Para isso, analise inicialmente com os alunos os dados presentes nas Tabelas 1 e 2, que já foram apresentadas na aula 4 do Momento 3. Para analisar o efeito de um gás estufa é imprescindível olhar a sua concentração e o seu tempo de residência na atmosfera. Assim, por exemplo, na tabela a seguir nota-se que há muito CO₂, mas seu tempo de residência é de 7 anos; por outro lado, tem-se baixa concentração de CFCs, mas seu tempo de residência é superior a 500 anos. Sugerimos que discuta com os alunos o que eles acham que é mais prejudicial à vida na Terra: **Maior concentração ou maior tempo de residência?** A ideia é explicitar que os dois parâmetros devem ser considerados nessa análise e que um jeito de identificar as contribuições é olhar a dinâmica de cada gás. Nesse sentido, o CO₂ apresenta uma contribuição relativa para o efeito estufa.

GFECC

Hipótese dos gases estufa

2. Gases Estufa

Tabela 1: Concentrações e valores estimados para o tempo médio de residência para os principais gases estufa

	Concentração em ppm -v	Tempo de residência
Gás Carbônico CO ₂	339	7 anos
Metano CH ₄	1,55	10 anos
Óxido Nitroso N ₂ O	0,30	170 anos
CloroFluorCarbono CFCs	0,07	> 500 anos

CO ₂	50%
CH ₄ (metano)	16%
CFCs	20%
Ozônio(troposfera)	8%
N ₂ O	6%

Tabela 2: Contribuição relativa para o Efeito estufa global (sem levar em conta o vapor d'água)

Para problematizar, sugerimos que pergunte aos alunos como eles imaginam que se mede a concentração dos gases estufa na atmosfera. Comente que são medidas indiretas (cálculos a partir da emissão dos gases de efeito estufa). Veja os dados de medida de CO₂ obtido em Mauna – Hawaii, representados nos gráficos 5 e 6. Analise o curto período de tempo medido, comentando que os dados sobre esses gases são relativamente recentes e que por isso é preciso cruzar informações para dizer se o CO₂ está aumentando ou não (outras formas de medir a evolução da concentração de CO₂ é por meio de análises das bolhas de ar contidas em testemunho de gelo e através de satélites).

GFECC

Hipótese dos gases estufa

2. Gases Estufa

Como medir a concentração dos gases estufa na atmosfera?

- Indiretas (cálculos a partir da emissão dos gases de efeito estufa).

Como **questão extra**, você pode apresentar o gráfico de 1990 até 2013 e comparar a emissão de CO₂ per capita de cada país e tratar dos gráficos sobre a emissão de CO₂ brasileira; pode-se comentar com os alunos que $\frac{3}{4}$ das Emissões Brasileiras de CO₂ advém dos desmatamentos (esses gráficos estão identificados como extra na apresentação **ANEXO3d**).

Para instigar os alunos pergunte como os cientistas, de posse dos dados de CO₂ (ou outros gases estufa) podem prever o que ocorrerá com o planeta. Mostre que com os dados coletados os cientistas apoiam-se em modelos, por exemplo, do ciclo de carbono.

Se optar por analisar o modelo simplificado para o ciclo de carbono (slide identificado como extra na apresentação **ANEXO3d**) comente que ele é dinâmico, isto é, as trocas realizadas apresentam uma certa regularidade, por exemplo, a atmosfera troca 74×10^{12} kg de Carbono com a camada mista, de forma que essa relação parece ‘equilibrada’.

Na discussão que segue, é possível fazer uma análise crítica comparando os dados das tabelas já apresentadas nas aulas anteriores. Aqui é importante que seja explicitado a contribuição

humana para a emissão de CO₂. Será que aumentar de 1500 para 1560 é muito? Comente que a natureza emite 100.000 km³ por ano de CO₂ em contrapartida a ação humana 7.300km³ por ano de CO₂.

Hipótese dos gases estufa
2. Gases Estufa

Vamos olhar os dados criticamente o dados que temos:

Antes da era industrial

Biota dos oceanos	3
Biota continental	610
Atmosfera	600
Camada mista	1 000
Solo e detritos	1 560
Oceano profundo	37 950
Sedimentos	66 000 000

Atual

Biota dos oceanos	3
Biota continental	610
Atmosfera	756
Camada mista	1 000
Solo e detritos	1 500
Oceano profundo	38 120
Sedimentos	66 000 000

Hipótese dos gases estufa
2. Gases Estufa

	Ação Humana	Natural
CO ₂	7.300	100.000
Metano	350	155
CO	930	1580
NO _x	140	90
- HC	92	860
SO _x	79	35

Ação Humana sobre a atmosfera –
Fluxos anuais (em km³ por ano ou
1.000.000 m³ por ano)

Outra **questão extra** a ser tratada em sala de aula refere-se à (ii) **Correlação entre Temperatura e CO₂** (slides identificados como extra na apresentação ANEXO3d). Para essa relação compare os gráficos de concentração de CO₂ com o da temperatura. Mostre que parece haver indícios de que a temperatura do planeta aumentou com a emissão do CO₂. Você também pode questionar se podemos dizer que o CO₂ é o vilão do aquecimento global. Para dialogar com os alunos apresente o gráfico que traz também a evolução do CH₄.

A partir dessas discussões comente com os alunos os elementos que podem gerar questões sobre as certezas presentes nos modelos científicos e os discursos sobre meio ambiente. Fale acerca dos possíveis aspectos que podem ser questionáveis.

GRECC
Hipótese dos gases estufa
 2. Gases Estufa

Elementos para questionamentos

- Procedimentos de medida Temperatura da Terra
- A importância relativa do CO₂
- Procedimentos de medida Concentração de CO₂
- Ciclo do CO₂
- Modelagem e previsões
- Exemplos recentes

Outras Hipóteses: No que se referem às outras hipóteses, saliente:

- A variação da radiação emitida pelo sol (atividade solar);
- A variação da radiação solar incidente na Terra (fluxo de radiação solar incidente varia de lugar para lugar, de dia do ano para dia do ano e de hora para hora):
 - Influência de localização;
 - Variações no tempo: influência do ciclo anual;
 - Variações no tempo: influência do ciclo diário;
- Aumento do CO₂ devido ao aumento da Temperatura;
- Sistema complexo e imprevisível: dinâmica da Terra pouco conhecida.

GRECC
Outras Hipóteses

- Influência atividade solar;
- Influência da localização;
- Variação temporal (anual e diária);
- Aumento do CO₂ devido ao aumento da T;
- Processos cíclicos de longo prazo;
- Dinâmica da Terra - pouco conhecida;
- Sistema complexo – imprevisibilidade etc.

GRECC Outras Hipóteses

- Influência atividade solar: há variabilidade solar, o que acarreta em irregularidades na quantidade radiação que atinge a Terra

- Radiação Incidente (no topo da atmosfera) = 1350 W/m^2
- Radiação que atinge a superfície terrestre = 675 W/m^2

GRECC Outras Hipóteses

- Influências da localização de onde se tomam as medidas

GRECC Outras Hipóteses

- Variações temporal: influência do ciclo anual

GRECC Outras Hipóteses

- Variações temporal: influência do ciclo diário

Estação Meteorológica Automática da Associação dos Agricultores de Dom Pedrito - RS

Momento 4. AQUECIMENTO GLOBAL: ALGUMAS POLÊMICAS E DISCUSSÕES

Orientações Gerais

O objetivo desse item é discutir a polêmica que envolve o Aquecimento Global, explicitando diferentes pontos de vistas que permeiam o assunto. A intenção com isso é que o aluno possa se posicionar tomando também como referência as discussões realizadas nas aulas anteriores, pautadas nos discursos escolares e nas polêmicas trazidas por outras esferas do conhecimento (cultural, política, econômica etc.).

Quantidade de aulas

Sugerimos que trabalhe o conteúdo desse item em 1 aula. É importante que os alunos organizem as leituras como tarefa extra-sala.

Sugestões de ações em sala de aula

- Os alunos podem trabalhar em quatro grandes equipes que representam: (i) os cientistas céticos (que acreditam que o homem não pode ser o grande responsável pelo aquecimento global); (ii) os cientistas ortodoxos (representados pelas ideias presentes no IPCC); (iii) o governo; e (iv) a sociedade.
- Propõe-se atividade avaliativa.

Em sala de aula

Para essa aula os alunos trabalham em equipe para evidenciar quatro pontos de vistas acerca do aquecimento global. A intenção é que na sala de aula sejam expressos elementos que vão caracterizar a Aprendizagem Social [0c]. Para isso sugerem-se alguns materiais específicos para cada grande equipe.

Para as duas equipes que vão tratar da perspectiva da ciência [(i) dos cientistas céticos e (ii) dos cientistas ortodoxos)], sugere-se que os alunos leiam o texto apresentado a seguir para terem clareza sobre os possíveis pontos do debate. Cabe destacar que a leitura desse texto é fortemente recomendada para toda a sala.

- Texto retirado do livro “O estado do medo” de Michael Crichton [4.a] refere-se a uma ficção que apresenta discussões sobre o aquecimento global entre grupos ativistas e céticos (ANEXO4a). Apesar de ser uma história fictícia, o autor escreveu o livro baseado em uma pesquisa que realizou sobre o assunto. Algumas dessas informações reais são encontradas nesse livro. O autor procura alertar o leitor dos riscos de uma ciência politizada e faz uma comparação entre as teorias do aquecimento global e a eugenia utilizada pelos

alemães na segunda guerra mundial. A história se passa com moradores de uma ilha localizada no Oceano Pacífico, que corriam o risco de terem que evacuar suas residências devido à elevação do nível do mar causado pelo Aquecimento Global provocado pelos EUA, considerado o maior emissor de CO₂ do mundo. Diante disso os moradores resolveram mover uma ação contra a Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Os moradores da ilha tinham grandes chances de ganhar o caso e para isso o diretor de um grupo ativista, Nick Drake, contava com a contribuição do rico filantropo George Morton, que frequentemente apoiava causas ambientalistas. No entanto, depois de um encontro com o Dr. Kenner um professor do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que possuía um trabalho que buscava evitar dados discrepantes sobre a temperatura da Terra, Morton resolveu não fazer mais a doação ao grupo. Pouco tempo depois Morton morreu. Drake, tentando evitar que as doações fossem interrompidas resolveu investigar quem seria o Dr. Kenner e o que ele teria dito a Morton para que ele desistisse de fazer a doação. Em suas investigações, Kenner trabalhava com mais três pessoas que buscavam compreender o verdadeiro objetivo do grupo ativista: Sarah Jones, assistente de Morton; Peter Evans, um advogado que trabalhava para Morton nos assuntos ligados as causas ambientais e Jennifer Haynes, uma advogada que trabalhava no caso dos moradores da ilha do Pacífico.

O trecho retirado do livro sugerido nessa proposta diz respeito a uma entrevista que Jennifer Haynes faz com Peter Evans sobre as evidências do Aquecimento Global.

Para a leitura desse texto, sugere-se que o professor dê destaque para as questões que podem contribuir para o debate em sala de aula, como por exemplo:

1) Quais as provas do aquecimento global usadas pelo Sr. Evans? Justifica por meio do aumento drástico da temperatura na Terra nos últimos 20 ou 30 anos (gráfico p.98). Também usa o aumento do CO₂ a industrialização para justificar o aumento da temperatura na Terra (gráfico 1 da p.100).

2) Quais as contraprovas do aquecimento global usadas por Jennifer? Justifica que não há

relação entre o aumento do CO₂ e a temperatura na Terra no período entre 1940 e 1970 (gráfico 2 da p. 100).

3) Como são realizadas as medidas de temperatura da Terra? Esses dados são confiáveis? Até o fim do século XIX os dados eram feitos por pessoas que iam até uma pequena caixa e anotavam a temperatura duas vezes por dia; depois instalaram as estações meteorológicas que nos últimos cem anos podem ter tido interrupções de coleta desses dados. Os Estados Unidos da América (EUA) é o país que tem dados coletados mais confiáveis. Analisando o gráfico obtido com esses dados (gráfico da p.102) nota-se que nos últimos trinta anos a temperatura da Terra aumentou; no entanto, nos trinta anos anteriores ela declinou. Ou seja, as temperaturas atuais dos EUA são quase as mesmas dos anos 1930.

Após a problemática estabelecida, sugerimos que o professor dê orientações específicas para cada equipe. Note que os materiais sugeridos apenas dão um panorama dos debates atuais que estão ocorrendo acerca dos assuntos, por isso as orientações específicas do docente é fundamental para orientar o debate final.

(i) **Representantes dos cientistas céticos:** essa equipe deve trazer à tona o ponto de vista dos cientistas que acreditam que outros fenômenos, como a dinâmica do planeta, influência as mudanças climáticas. Nessa perspectiva defende-se a ideia de que não é possível culpar o ser humano sobre o Aquecimento Global porque outros fatores estão em jogo. As aulas anteriores que trazem dados sobre o Aquecimento Global devem ser retomadas por essa equipe. Os alunos precisam explicitar que é possível existir diversas interpretações para os dados científicos e por isso mesmo não se pode ter um posicionamento tão fechado acerca do aquecimento global. Sugira que os alunos leiam o texto presente no **ANEXO4c**, retirada do livro “Aquecimento Global: frias contendas” [4.b]. O texto analisa os dados sobre o Aquecimento Global, do ponto de vista do professor Luiz Carlos Baldicero Molion. Também é possível assistir a sua entrevista dada ao Canal Livre, programa da rede de televisão Band [4.c]. Comente que eles devem responder a questão: Quais os principais argumentos que sustentam o ponto de vista dos cientistas céticos sobre o tema Aquecimento Global?

(ii) **Representantes dos cientistas ortodoxos:** essa equipe discute o ponto de vista dos cientistas que sugerem mudanças imediatas nas ações que envolvem a interferência no meio ambiente. Há muitos cientistas que trabalham nessa perspectiva, mas tomaremos como referência os dados apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC*) [4.d]. Como referência a essa discussão, os alunos podem ler ao artigo ‘Quinto relatório do IPCC mostra intensificação das mudanças

climáticas’ (**ANEXO4d**) [<http://agencia.fapesp.br/17944>]. Comente com os alunos que o relatório do IPCC usa os modelos de grupos de pesquisa renomados de diversos países. Eles procuram estudar as contribuições humanas para as mudanças climáticas. Você também pode sugerir que os alunos façam análise dos gráficos apresentados nesse relatório (**ANEXO4e**) [http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf]. Outra sugestão para preparar os alunos para o debate é a discussão abordada na palestra do professor Paulo Artaxo [4.e]. Comente que eles devem responder a questão: Quais os principais argumentos que sustentam o ponto de vista dos cientistas ortodoxos sobre o tema Aquecimento Global?

(iii) **Representantes do governo:** essa equipe deve trazer à tona os interesses do governo. Para isso, os seus representantes precisam ter clareza sobre as ações atuais dos governos e a sua real situação de intervenção. Para que os alunos tenham subsídios para discutir o assunto sugira que investiguem as ações presentes no site do Ministério do Meio Ambiente [4.f]. Nesse site é possível ver na íntegra o documento sobre ‘Política Nacional sobre Mudança do Clima’ [<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>] (**ANEXO4f**). Também é possível identificar as ações dos governos estaduais. Ainda como elemento para a discussão, sugira que pesquisem sobre o Rio+20 [4.g] que se refere à Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável que foi realizada em junho de 2012, na cidade do Rio de Janeiro. Ainda que essa conferência não represente uma ação dos governos, ela é um espaço de negociações entre os países. Os alunos podem ler o texto ‘Rascunho zero do documento final da conferência’ [<http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia.html>]

(**ANEXO4g**). O importante nesse momento é que os alunos possam mostrar suas ações e articulá-las com os interesses dos outros grupos. Sugira questões mobilizadoras como: Quais são as ações que você propõe para minimizar os efeitos do Aquecimento Global? Como vocês articulam essas ações com a questão econômica? Quais são os interesses que esse governo privilegiará: os empresários ou comunidade? Como o Brasil vai se portar diante das pressões internacionais sobre o Aquecimento Global? Vamos parar com as queimadas? Ou podemos continuar com elas visto que emitimos pouco CO₂ frente aos países desenvolvidos? Comente que eles devem responder a questão principal: Quais são as ações do governo frente à questão ambiental?

(iv) **Representantes da sociedade:** essa equipe de trabalho pode procurar argumentos que vão defender os interesses da comunidade local ou global. Isso significa que eles precisam estar preparados para expor suas ideias sobre os interesses dos indivíduos dessa comunidade. Comente com eles sobre representações locais, identificadas como Organizações Não Governamentais (ONGs). Sugira que avaliem as ideias propostas pelo Greenpeace Brasil [<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/>]. Por exemplo, pode pedir que leiam o texto ‘Energias

renováveis contra o aquecimento global’ [http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Clima-e-Energia/] (ANEXO4h). Outras discussões interessantes podem ser encontradas no site da WWF Brasil [4.h]. Uma sugestão de discussão que também abarcará questões sobre o Aquecimento Global está na reportagem ‘G8+5 chega a consenso histórico, mas ainda é pouco para deter o aquecimento global’ [http://www.wwf.org.br/?20600/g85-chega-a-consenso-historico-mas-ainda-pouco-para-deter-o-aquecimento-global] (ANEXO4i). Note que essas são apenas sugestões de leituras. Procure incentivar os alunos a trazerem problemas locais reais para a discussão, sugerindo questões de mobilização como: O Aquecimento Global afeta seu dia a dia? O que incomoda no seu cotidiano no que se refere ao meio ambiente? O Aquecimento Global é uma das principais preocupações da sua vida? Por quê? Você acredita mesmo que o planeta está aquecendo? Como o governo deve agir diante desse problema? O que você espera do seu governo? Comente que eles devem responder a questão principal: Quais são os interesses da sociedade frente às essas ideias? O que a sociedade espera do país nos próximos anos?

Por fim, para iniciar o debate retome as questões propostas para os grupos:

- Quais os principais argumentos que sustentam o ponto de vista dos cientistas céticos sobre o tema aquecimento global?
- Quais os principais argumentos que sustentam o ponto de vista dos cientistas ortodoxos sobre o tema aquecimento global?
- Quais são as ações do governo frente à questão ambiental?
- Quais são os interesses da sociedade frente às essas ideias? O que a sociedade espera do país nos próximos anos?

Sugestão de Atividade: a intenção com essa atividade é permitir que os alunos organizem os diferentes pontos de vista discutidos no Momento 4, de modo que se posicionem sobre as contribuições da intervenção humana no aquecimento global. Essa atividade será postada na página do Facebook.

Neste momento do curso o aluno deve ter percebido que existe mais de um ponto de vista para debater o tema aquecimento global. Agora será o momento de ele expressar o que tem pensado sobre tudo isso.

Para iniciar a questão sugerimos que os alunos leiam o texto “Ambiente em Foco” (ANEXO4b). Nele há um debate entre dois cientistas fictícios, Lauren e Phillipe, que são, respectivamente, a favor e contra intervenção humana no agravamento do aquecimento global.

Cabe destacar que tanto as questões feitas na reportagem quanto as respostas dos cientistas são exploradas pelas mídias de uma forma geral.

Sugerimos que o professor apresente para toda a sala às questões a seguir, como forma de ajudar os alunos a estruturarem seus argumentos.

(1) Você acredita que as ações humanas são as causas do aquecimento global?

- Se sim, ou seja, você acredita que a causa do aquecimento global são as ações antropogênicas, explicita seus argumentos para justificar seu posicionamento.
- Se não, ou seja, se você acredita que a causa do aquecimento global são as ações naturais, explicita seus argumentos para justificar seu posicionamento.

A ideia é que o aluno relembre de alguma teoria ou dado que refute ou confirme argumentos dos diferentes pontos de vista presentes na sociedade. Eles podem usar alguns momentos do texto para se justificarem, por exemplo:

- É possível fazer um contraponto interessante no argumento da Lauren ela disse que a composição da atmosfera está mudando com o aumento do CO₂ liberados na atmosfera após a revolução industrial, mas se olharmos as tabelas da página 50 dessa manual vemos que antes da revolução industrial a quantidade de CO₂ era de 660 e nos dias atuais é de 756. Será que esse valor é relevante?
- Na outra tabela, é colocado que a contribuição do homem com relação ao CO₂ é de 7300 km³ enquanto que a natureza despeja 100.000 km³ de CO₂. Será que é o homem que contribui mais?

A partir dessas reflexões peça ao aluno que produza um texto posicionando-se contra ou a favor a intervenção humana no agravamento do aquecimento global. Além dos argumentos dos cientistas céticos e ortodoxos, é interessante que os alunos utilizem os pontos de vista dos setores governamentais e da sociedade. Assim será possível compreender o posicionamento mais amplo de cada aluno.

Momento 5. SISTEMATIZAÇÃO E SÍNTESE: O QUE DIZER SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL?

Orientações Gerais

O objetivo desse item é refletir sobre algumas ações que podem contribuir para uma mudança de postura dos cidadãos frente ao meio ambiente, discutindo a importância ‘do ser’ em prol ‘do ter’.

Quantidade de aulas

Sugerimos que trabalhe o conteúdo desse item em 1 aula.

Sugestões de ações em sala de aula

- Resgate das ideias iniciais acerca do Aquecimento Global, apresentada no item 1 dessa proposta.
- Finalização do curso com discussões acerca das ações que podem contribuir para mudança de postura dos alunos, salientando a diferença entre Ter e Ser. Para isso organizamos um conjunto de imagens e questões que podem instigar os alunos a se posicionarem. Esse material está identificado como **ANEXO5a**.

Em sala de aula

Nessa aula sugere-se que o professor retome as questões propostas do levantamento inicial (**Momento 1**). Reveja a tabela montada na primeira aula, procurando reorganizá-la a partir das reflexões que os alunos fizeram ao longo do curso. Comente que essa classificação não é assim tão fácil de ser feita porque algumas causas podem ser consequências e vice versa, dependendo do ponto de vista que se deseja defender.

<i>Possíveis causas do aquecimento global</i>	<i>Possíveis consequências do aquecimento global</i>	<i>Coisas que não tem aparentemente a ver com aquecimento global</i>
Aumento da temperatura da Terra	Aumento da produção de gases estufa	Maior frequência de Tsunamis
Aumento do gás carbônico na atmosfera	Furacões, tornados e devastação	Terremotos
Poluição causada pelos carros e caminhões	Aumento do nível do mar	Maior frequência de vulcões em erupção
Mudanças climáticas	Mudanças climáticas	Aumento da mortandade de baleias
Poluição atmosférica nas grandes cidades	Degelo das geleiras dos polos	Buraco da camada de ozônio
Desmatamento/ Queimadas	Extinção de espécies animais	Crédito de Carbono
Ação humana irresponsável	Migração fora de época das aves	Tratado de Kyoto
Aumento da atividade na superfície do Sol	Ameaça à biodiversidade	
Terra está passando por um período que corresponde ao final de um ciclo glacial	Chuva ácida	
Efeito estufa	Inversão Térmica	
	Mais água dos oceanos concentra o carbono presente em grande quantidade na atmosfera	
	Seca no nordeste/ Alagamento nas cidades	
	Verão com temperaturas mais elevadas	
	Falta de água nos reservatórios/ Racionamento de água	

Nessa discussão é fundamental retomar a ideia de que o planeta Terra é um sistema complexo, dinâmico, sujeito a muitas variáveis interdependentes, com história e evolução temporal na escala dos milhões de anos etc.

Também é importante comentar sobre a possível intervenção humana, dando oportunidade para que os alunos possam refletir acerca das ações de degradação local, considerando como elas podem afetar o contexto global.

Evidentemente que essas duas vertentes – Terra enquanto um planeta dinâmico e com interações complexas e a possibilidade da intervenção humana em influenciar essa dinâmica – levam à discussão acerca das mudanças climáticas.

Lembre-se que nessa discussão não se trata de trazer respostas bem estabelecidas para as questões, mas de abrir, de fato, um conjunto de possibilidades. Nesse sentido, se busca enfatizar a percepção de que é um conhecimento em construção.

No momento seguinte da aula sugere-se discutir o que, para os alunos, pode ser uma síntese final. Pode-se, para isso, começar a reflexão com a questão:

Afinal de contas, o que nos cabe nessa hora?

De fato, essa é uma etapa muito importante. É preciso sistematizar, resgatar discussões, e sinalizar aonde queremos chegar.

Do nosso ponto de vista parece muito importante deixar dúvidas. Não tanto, talvez, quanto ao aquecimento da Terra, mas quanto às causas desse efeito.

A história do planeta já demonstrou que a Terra passou por diferentes períodos e diferentes estados de equilíbrio dinâmico. Medir e estimar um possível aumento da temperatura não é tão importante assim. O que é fundamental é que a Terra está enfrentando e vai sempre enfrentar mudanças climáticas, nas quais as variações de temperatura são importantes parâmetros, mas tanto podem ser causas como efeitos.

E como a intervenção humana colabora para essas mudanças? Pode ser que o aumento do dióxido de carbono na atmosfera seja um elemento importante dessa colaboração. Mas, com certeza, sua contribuição é muito pequena, frente às alterações detectadas.

Trata-se, na verdade, de todo um conjunto de intervenções humanas na face da Terra, com alterações do solo, atmosfera, água, vida etc. que decorrem da vida social humana. E que vão ficando cada vez mais expressivas com o aumento populacional e com um modelo de desenvolvimento, como o atual, baseado em uma expansão dos meios e recursos sem sentido e sem limite.

Para instigar os alunos a se posicionarem sugerimos algumas imagens, tal como as apresentadas a seguir e no **ANEXO5a**, que levem à reflexão acerca do ter e ser. É importante que os alunos discutam o que pensam sobre o querer ser e possam, nas suas próprias falas, notarem o quanto as suas respostas estão voltadas ao ter (ter uma casa, ter um bom emprego, ter dinheiro, ter carros caros etc.). Nessa apresentação sugere-se também o documentário “A história das coisas”

[5.a], produzido por Louis Fox. Esse vídeo discute alguns dos problemas socioambientais e as consequências de um consumo desenfreado. Cabe salientar que esse vídeo tem cerca de 20 minutos.

<p>AQUECIMENTO GLOBAL: sistematização e síntese geral</p>	<p>Afinal de contas, é que nos cabe nessa hora?</p>
<p>PORTANTO, SERÁ IMPORTANTE PENSAR SOBRE O FUTURO....</p> <p>O que você quer ser?</p>	<div> </div>
<p>TER EM EXCESSO LEVA À....</p>	<div> </div>

SER....

No que você pensa ao refletir sobre essas imagens?

OU

Essas...?

<http://www.mundo-nipo.com/meio-ambiente-e-energia/02/04/2013/china-estuda-modelo-japones-para-controlar-polucao/>

<http://treconsultoria socioambiental.blogspot.com.br/p/polucao-em-imagens.html>

<http://noticias.terra.com.br/ciencia/sustentabilidade/densa-nuvem-de-polucao-cobre-cidade-do-nordeste-da-china,c0d0ea2288641410?gclid=2000000dec5e60aRCRD.html>

http://www.cafecomsociologia.com/2012_03_01_archive.html

http://static3.wikia.nocookie.net/_cb20070107194906/encyclopedia/magnu/3/36/Earth.jpg

[tp://i17.com/data/file/2C9/948/3063/34C6/0130/64A8/730F/EC6/A.jpg](http://i17.com/data/file/2C9/948/3063/34C6/0130/64A8/730F/EC6/A.jpg)

A HISTÓRIA DAS COISAS?

http://www.youtube.com/watch?v=Up_yCbkV_bE

SER....

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [0b] DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.
- [0c] JACOBI, P. R.; XAVIER, L.Y.; MISATO, M. T. *Aprendizagem social e unidades de conservação: aprender juntos para cuidar dos recursos naturais*. São Paulo:IEE/PROCAM, 2013.
- [0d] GARCÍA, J. E. *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Espanha: Díada Editora S. L., 1998.
- [2a] INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em 24 de Maio de 2014.
- [3.a] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos temas transversais, ética*. Brasília: MEC, 1997.
- [3.1/2a] Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média. *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 2002.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Orientações curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2006.
- [3. 1/2b] GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Instituto de Física da USP, *Física Térmica*, vol 2. 1998.
- [3. 1/2c] HALLIDAY, D.; RESNIK, R. *Fundamentos da Física Volume 2: Gravitação, ondas e Termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2009
- [3.1/2d] KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. *Física*, volume 1. Tradução: Alfredo Alves de Farias. Revisão técnica: Geraldo Alexandre Barbosa. São Paulo: Makron Books, 1997.
- [3.1/2e] HEWITT, PAUL G. *Física Conceitual*. 11º edição. Tradução: Trieste Freire Ricci. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Bookman, 2011. P744
- [3.3a] LONDERO, L. S.; TERRAZAN, E. A. *As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de física do ensino médio*. Experiências em Ensino de Ciências. V6(1), p. 133-154, 2011.
- [3.4a] INSTITUTO DE CARBONO. Disponível em: <http://www.institutocarbonobrasil.org.br/>. Acessado em 16 de junho de 2014.

[3.4b] AL GORE. *Uma verdade inconveniente*. p.25/26. Editora: Manole, 2006.

[4a] CRICHTON, M. *Estado de medo*. p.97/105. Rio de Janeiro: Rocco, 2005.

[4b] MOLION, L.C.B. Aquecimento global: uma visão crítica. In: VEIGA, J.E. (org) *Aquecimento global: frias contendidas científicas*. p. 55/ 81. São Paulo: Editora Senac, 2008.

[4c] *Aquecimento Global: entrevista com Luiz Carlos Molion*. Canal Livre Band. Disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=VW_r-NGfLAG

[4d] IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/organization> Acessado em 24 de maio de 2014.

[4e] *Aquecimento Global: palestra Paulo Artaxo*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JbhQuhx7fUI>

[4f] *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>

[4g] *Rio+20*. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html

[4h] WWF. *World Wide Fund*. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/>

[5a] Documentário *A história das coisas*.
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3YqeDSfdk>

• REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA AS AULAS

KAWAMURA, M. R. D. Notas de aula do curso de graduação **Física do Meio Ambiente**. Instituto de Física. São Paulo: USP, 2010a.

_____. Notas de aula do curso de pós- graduação **Questões ambientais: uma aproximação Física**. Instituto de Física. São Paulo: USP, 2010b.

• Sites

<http://www.inmet.gov.br/portal/>.

http://www.suapesquisa.com/geografia/camadas_atmosfera.htm

http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf

<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html>

<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/o-que-e-atmosfera-terrestre-e-quais-sao-os-gases-existentes.html>

<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-10.html>

<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>

http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Atmosfera/Composio_Atmosfera.html