



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**UMA PROPOSTA PARA ABORDAGEM DE PROBLEMAS AMBIENTAIS DE
UMA ESCOLA NAS AULAS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Almir Guedes dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores: Fernando de Souza Barros e
Hélio Salim de Amorim

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2012

UMA PROPOSTA PARA ABORDAGEM DE PROBLEMAS AMBIENTAIS DE
UMA ESCOLA NAS AULAS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

Almir Guedes dos Santos

Orientadores: Fernando de Souza Barros e
Hélio Salim de Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Fernando de Souza Barros
(presidente)

Profa. Dra. Deise Miranda Vianna

Profa. Dra. Claudine Pereira Dereczynski

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

S237p Santos, Almir Guedes dos
Uma Proposta para Abordagem de Problemas Ambientais
de uma Escola nas Aulas de Física para o Ensino Médio / Almir
Guedes dos Santos - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2012.
xi, 158f.: il.;30cm.
Orientadores: Fernando de Souza Barros e Hélio Salim de
Amorim.
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.
Referências Bibliográficas: f. 153-158.
1. Ensino de Física. 2. Temas ambientais. 3. CTS. 4.
Material didático. I. Souza Barros, Fernando de. II. Amorim, Hélio
Salim de. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Uma
Proposta para Abordagem de Problemas Ambientais nas Aulas de
Física para o Ensino Médio.

Dedico esta dissertação aos meus amados pais,
Elizabeth Onofre Santos e Antônio Guedes dos Santos,
pelo amor, dedicação e ensinamentos,
fundamentais para ter me tornado o ser humano
e profissional da educação que sou atualmente.

Agradecimentos

A minha família, sobretudo aos meus pais, pela inestimável relevância que possuem sobre a minha vida.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRJ, com os quais tive aulas (Deise, Susana, Carlos, Marta, Marcus Vinícius, Penha e Ricardo Barthem), pelas valiosas contribuições que possibilitaram para minha formação didática e científica, permitindo que me tornasse um professor mais bem preparado, consciente e apaixonado pelo enorme desafio de ensinar Física.

Aos professores de Física (mestrandos) com os quais pude conversar e discutir acerca da Física e seu ensino nas escolas públicas e privadas, sobretudo da turma 2009 (José Luiz, Wanderley, Sandro, Felipe, Leonardo, Vitor e José Fernando) e alguns outros (Marta da turma 2008 e Francisco da turma 2010).

Aos meus orientadores, os professores Fernando e Hélio, por terem acreditado nas minhas ideias e apresentado valiosas contribuições a minha dissertação e as minhas compreensões sobre os assuntos pertinentes.

À professora e amiga Susana, por sua paixão pela educação, seu encanto pela Física e sua confiança inestimável que depositava na minha pessoa e atuação profissional como professor de Física disposto a aprimorar a própria formação e a prática docente.

À professora e amiga Deise, por ter me possibilitado compreender bem melhor as diversas dimensões do ensino de Física, tendo em vista a construção da cultura científica nos estudantes do Ensino Médio.

Ao professor Carlos e à secretária Dilma, pela competência na gestão do programa.

À comissão deliberativa (Carlos, Deise, Susana, Marta, Penha, Antônio Carlos e Alexandre Tort), pelas discussões e conversas das quais tive o privilégio de participar como representante discente e que me permitiram compreender melhor diversos aspectos relativos ao programa.

Às professoras Deise Miranda Vianna e Claudine Pereira Dereczynski por terem aceitado participar da minha banca e pelas valiosas contribuições que apresentaram sobre a dissertação.

Aos professores que acreditam na educação e se comprometem com a construção da cidadania mediante a formação escolar dos seus alunos.

RESUMO

UMA PROPOSTA PARA ABORDAGEM DE PROBLEMAS AMBIENTAIS DE UMA ESCOLA NAS AULAS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

Almir Guedes dos Santos

Orientadores:
Fernando de Souza Barros e
Hélio Salim de Amorim

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

A população das cidades brasileiras convive com problemas ambientais que afetam direta ou indiretamente suas vidas, sobretudo a que habita os subúrbios, prejudicando a saúde e trazendo prejuízos materiais e humanos, por vezes, irreparáveis. Tais problemas incluem poluição sonora, níveis elevados de radiação ultravioleta, contaminação das águas dos rios, recordes de temperatura, desperdício de água potável e de energia elétrica, dentre outros. Embora as pessoas estejam expostas diariamente a situações que trazem, por vezes, danos para a saúde, como as perdas auditivas devido à poluição sonora e o desenvolvimento de câncer cutâneo pela exposição a altos níveis de radiações ultravioleta, as atividades didáticas desenvolvidas na escola que tratam desses assuntos são raras e possuem abordagens simplistas.

A partir de trabalhos de pesquisa publicados em encontros de ensino para elaboração desta dissertação, identificamos uma lacuna de materiais didáticos de qualidade satisfatória que tratam das questões ambientais no contexto do ensino da Física. Nesse sentido, e considerando o tempo restrito de professores para produção desses materiais didáticos, elaboramos uma proposta geral de ensino para problemas ambientais, que inclui vídeos instrucionais, texto de apoio didático com enfoque CTS e atividades experimentais com caráter de laboratório aberto, além de questionários e relatório experimental. Ilustramos esta proposta mediante três problemas ambientais, envolvendo temperaturas, níveis sonoros e radiação ultravioleta, que foram identificados pelo autor na escola da rede estadual do Rio de Janeiro onde leciona Física no Ensino Médio. O material instrucional que segue como apêndice é o guia de orientações para o professor.

Palavras-chave: ensino de Física, temas ambientais, CTS, material didático.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2012

ABSTRACT

A PROPOSAL FOR APPROACH OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF A SCHOOL IN PHYSICS CLASSES FOR HIGH SCHOOL

Almir Guedes dos Santos

Supervisors:
Fernando de Souza Barros and
Hélio Salim de Amorim

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The population of Brazilian cities experience with environmental problems that affect their lives directly or indirectly they live in health-aggressive suburbs that provoke physical damages, which might became irreparable. Such problems include noise pollution, high levels of ultraviolet radiation, pollution of river water, temperature records, waste of water and electricity. Although people exposed daily to these situations present hearing loss due to noise pollution and develop skin cancer by exposure to high levels of ultraviolet radiation, the teaching activities at school to deal with these subjects are rare and exhibit simplistic approaches.

From research of papers published in educational meetings for the preparation of this work, we identified a gap of satisfactory quality educational materials to deal with the environmental issues in the teaching of Physics. In this sense, and considering the limited time of teachers for the production of teaching materials, we prepared a general proposal of teaching for environmental problems, which include instructional videos e educational support texts focusing STS and experimental activities with character of open lab, well as questionnaires and report experimental. We illustrate this proposal by three environmental problems, involving temperatures, sound levels and ultraviolet radiation, that were identified by the author in the school of the state of Rio de Janeiro where he teaches High School Physics. The instructional material that follows as appendices is the guide of orientations for the teacher.

Keywords: Physics education, environmental issues, STS, teaching material.

Rio de Janeiro
February of 2012

Sumário

| | |
|---|-----|
| Lista de siglas..... | 1 |
| 1. Introdução às questões ambientais..... | 2 |
| 1.1. Motivações para seleção do tema..... | 2 |
| 1.2. Situando o problema..... | 4 |
| 1.3. Panorama atual do ensino da Física..... | 7 |
| 1.4. A estrutura da dissertação..... | 9 |
| 2. Amostragem bibliográfica..... | 11 |
| 2.1. Introdução..... | 11 |
| 2.2. Descrição dos trabalhos..... | 12 |
| 2.2.1. Temperaturas elevadas e mudanças climáticas globais..... | 12 |
| 2.2.2. Altos níveis sonoros nas grandes cidades..... | 15 |
| 2.2.3. Incidência extrema da radiação ultravioleta e saúde humana..... | 17 |
| 2.3. Comentários..... | 19 |
| 3. Aspectos educacionais nos temas ambientais..... | 23 |
| 3.1. Legislação educacional brasileira..... | 24 |
| 3.1.1. Lei de diretrizes e bases da educação nacional..... | 25 |
| 3.1.2. Parâmetros curriculares nacionais e suas orientações complementares..... | 27 |
| 3.2. Ensino com enfoque CTS..... | 32 |
| 3.2.1. Movimento CTS: elementos históricos e conceituais..... | 32 |
| 3.2.2. Ensino tradicional X ensino com enfoque CTS..... | 36 |
| 3.2.3. Atividades didáticas com enfoque CTS..... | 41 |
| 3.2.4. Caracterização do enfoque CTS na presente proposta de ensino..... | 50 |
| 3.3. Considerações sobre as ferramentas didáticas e as avaliações neste trabalho..... | 52 |
| 3.3.1. Aspectos iniciais..... | 52 |
| 3.3.2. Vídeos instrucionais..... | 54 |
| 3.3.3. Textos de apoio didático..... | 55 |
| 3.3.4. Atividades experimentais com caráter de laboratório aberto..... | 56 |
| 3.3.5. Avaliações da proposta de ensino..... | 59 |
| 4. Proposta de ensino para temas ambientais..... | 62 |
| 4.1. Objetivos educacionais..... | 67 |
| 4.2. Viabilidade financeira nas escolas..... | 70 |
| 4.3. Ferramentas e estratégias didáticas da proposta e suas avaliações..... | 76 |
| 4.4. Problema 1: Temperaturas elevadas e efeitos locais nos centros urbanos das mu- danças climáticas globais..... | 79 |
| 4.5. Problema 2: Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a popula- ção..... | 91 |
| 4.6. Problema 3: Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saú- de humana..... | 102 |
| 5. Considerações finais..... | 116 |
| Apêndice A - Guia de orientações para o professor..... | 118 |
| Referências bibliográficas..... | 154 |

Lista de siglas

| | |
|---------------|---|
| ACE..... | Aprendizagem Centrada em Eventos |
| ANVISA..... | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| CFC..... | Clorofluorcarbono |
| CREA..... | Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia |
| CT..... | Ciência e Tecnologia ou Ciência-Tecnologia |
| CTS..... | Ciência, Tecnologia e Sociedade ou Ciência-Tecnologia-Sociedade |
| ENEM..... | Exame Nacional do Ensino Médio |
| FPS..... | Fator de Proteção Solar |
| GRAF..... | Grupo de Reelaboração do Ensino de Física |
| IBAMA..... | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| INCA..... | Instituto Nacional do Câncer |
| INPE..... | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPCC..... | Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas |
| LaPEF..... | Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física |
| LDB..... | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional |
| NIS..... | Nível de Intensidade Sonora |
| OMS..... | Organização Mundial da Saúde |
| PCN..... | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PCN+..... | Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio |
| PEC..... | Projeto Educação e Cidadania |
| PNLD..... | Programa Nacional do Livro Didático |
| PROENFIS..... | Grupo de Pesquisa em Ensino de Física |
| RUV..... | Radiação Ultravioleta |
| UV..... | Ultravioleta |

Capítulo 1

Introdução às questões ambientais

Os temas ambientais possuem atualmente enorme relevância social, no entanto, as iniciativas didáticas na educação formal ainda são tímidas e restritas, não sendo representativas da sua importância educacional para a população brasileira, sobretudo a parcela que habita as zonas de risco ambiental. A presente dissertação se insere no conjunto das propostas de ensino para questões ambientais que visam preencher esta lacuna na educação nacional. Neste capítulo, iremos delinear os aspectos que se encontram no cerne de sua concepção, os quais incluem a apresentação das motivações para seleção do tema deste trabalho, a colocação do problema que permitiu sua concepção e o panorama atual do ensino de Física. Finalmente, descrevemos esquematicamente a estrutura deste trabalho.

1.1. Motivações para seleção do tema

Grandes inundações, secas prolongadas, derretimento dos grandes glaciares e a conseqüente elevação do nível dos oceanos, deslizamento de encostas e crises no fornecimento de energia elétrica estão entre os principais temas ambientais noticiados nos diversos meios de comunicação do Brasil e do mundo. Embora haja maior ocorrência de problemas ambientais nas cidades devido aos avanços tecnológicos e à ocupação urbana desordenada, apenas uma minoria da população urbana se preocupa tanto com eventos locais, como os elevados níveis de intensidade sonora (poluição sonora), quanto com globais, tais como os recordes na temperatura ambiente e na incidência das radiações ultravioleta. Tais eventos ocorrem na região metropolitana do Rio de Janeiro, cuja geografia acidentada do relevo do Rio de Janeiro e descaso das autoridades municipais e estaduais contribuem para a ocorrência dos desastres naturais, como os deslizamentos de encostas em Angra dos Reis em janeiro de 2009, em Niterói em abril de 2010 e na Região Serrana (Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis) em janeiro de 2011.

Esses acontecimentos têm repercussão político-social devido a prejuízos humanos e de moradias, sobretudo para a população de baixa renda que habita as zonas susceptíveis aos efeitos ambientais mais intensos. São as comunidades que habitam encostas sem proteção vegetal adequada, estuários de rios assoreados e ruas com valas de escoamento de água entupidas e esgotos a céu aberto e com serviço irregular de coleta do lixo urbano.

Quando ocorrem eventos desta natureza, os descasos dos governos com os problemas das populações de baixa renda que habitam nesses ambientes são flagrados pela mídia. As autoridades alegam não disporem de recursos materiais e humanos para prevenir na escala apropriada suas consequências, justificativa padrão para não realizar ações como contenção de encostas, drenagem de rios e construção de conjuntos populares em áreas menos sensíveis aos impactos de eventos ambientais extremos.

Neste contexto, acreditamos que a educação formal pode e deve desempenhar um papel crucial na formação de cidadãos capazes de lidar com os riscos ambientais, eliminando, ou, ao menos, mitigando suas consequências desastrosas. Numa analogia à campanha contra o fumo, o ensino dessas questões ambientais aos alunos da educação básica propiciaria os vetores necessários para o início da mudança da atitude das populações com relação ao meio ambiente.

Na legislação educacional brasileira são previstas iniciativas pertinentes ao nível da sala de aula: 1) disciplinas e projetos de educação ambiental; e 2) discussões sobre essas questões. Acreditamos que essas intervenções ainda são tímidas e raras, levando-se em conta que os problemas ambientais são recorrentes e intensos no Brasil, principalmente para os que residem nos centros urbanos. Neste sentido, consideramos que as questões ambientais devem ser mais frequentemente e melhor estudadas e analisadas no âmbito das diversas disciplinas que compõem o currículo escolar, atentando-se para seu caráter interdisciplinar. Considerando os PCN do Ensino Fundamental (BRASIL, 1997), é provável que os alunos do Ensino Médio já tenham estudado e vivenciado aulas sobre questões ambientais na perspectiva interdisciplinar da presente dissertação, tendo em vista que um dos seus temas transversais é a educação ambiental.

A relevância dos problemas ambientais adquiriu tamanha grandeza que existem em diversas instituições grupos de pesquisa científica que contribuem para sua compreensão e, por vezes, mitigação. Destacamos o IPCC, que é a comissão de cientistas do clima mais respeitada mundialmente quanto às projeções e efeitos das mudanças climáticas intensificadas devido às emissões humanas dos gases do efeito estufa.

No Brasil, o INPE é uma das mais relevantes instituições de pesquisas sobre mudanças climáticas e radiação ultravioleta (assuntos exemplificados nesta dissertação), temas ambientais de grande importância no cenário nacional. No site do INPE encontramos materiais instrucionais (escritos e audiovisuais), disponibilizados em português, que visam manter o público em geral atualizado sobre estes e outros importantes assuntos ambientais, tais como previsão do tempo, queimadas e eletricidade atmosférica. Salientamos que suas publicações são destinadas ao público em geral, diferentemente da proposta de ensino desta dissertação, que almeja estudantes do Ensino Médio.

A presente dissertação apresenta uma proposta geral de ensino para temas ambientais, sobretudo os que envolvem problemas existentes nas grandes cidades, mas que não são abordados em sala de aula.

1.2. Situando o problema

O autor desta dissertação ensina numa escola pública de educação básica onde existem diversos problemas ambientais típicos dos centros urbanos, dos quais destacamos: 1) temperaturas elevadas; 2) altos níveis de intensidade sonora; e 3) incidência extrema de radiações ultravioleta. Tais problemas ambientais foram identificados pelo autor na referida escola mediante sua vivência, já que é a escola da rede pública estadual do Rio de Janeiro onde ministra aulas de Física para o Ensino Médio desde maio de 2009. Os temas ambientais presentes no cotidiano dessa comunidade escolar não são abordados em sala de aula. Desse modo, os professores desta escola perdem uma oportunidade valiosa de desenvolver suas práticas de ensino a partir de questões de caráter ambiental enfrentadas diariamente pela comunidade escolar.

A instituição de ensino localiza-se de frente para uma das mais movimentadas e importantes avenidas da região metropolitana do Rio de Janeiro - a Avenida Brasil (ver Fotos 1.1 e 1.2 abaixo), no bairro de Acari. Devido ao elevado número de veículos automotores que trafegam cotidianamente bem próximo à escola, existem na sua vizinhança sérios problemas ambientais relacionados aos elevados níveis de intensidade sonora. Os membros dessa comunidade escolar se adaptaram involuntariamente aos barulhos decorrentes de buzinas e ruídos de motores de veículos.



Foto 1.1: Vista da Avenida Brasil da frente do prédio da escola (Foto: Almir G. Santos).



Foto 1.2: Vista da proximidade entre a Avenida Brasil e a escola (Foto: Almir G. Santos).

Além de prejudicar a concentração dos estudantes e do professor em diversos momentos das aulas, os altos níveis de intensidade sonora acarretam acumulativamente problemas de audição. Infelizmente, essas condições passam despercebidas, talvez em decorrência do seu desconhecimento pelos membros da comunidade escolar.

Esse microambiente (escola) também está sujeito aos efeitos das condições ambientais externas devido ao adensamento urbano e também à intensificação do efeito estufa global. As salas de aula e a quadra de esportes atingem altas temperaturas, as quais afetam as atividades escolares, prejudicando principalmente o processo de ensino-aprendizagem.

Outro problema enfrentado pelos estudantes e professores durante as aulas de Educação Física na quadra de esportes da escola (ver Foto 1.3 abaixo), que é descoberta, está relacionado aos níveis extremos de radiação ultravioleta (denominados *índices UV*), os quais já alcançaram valores em torno de 12 no Rio de Janeiro (OKUNO e VILELA, 2005, p.99). Dessa forma, tais aulas se tornam verdadeiras ameaças à saúde. Nesse sentido, salientamos ainda que os alunos do Ensino Médio não utilizam protetores solares nas aulas de Educação Física, cuja utilização não é orientada pela direção da escola e pelos professores da área.

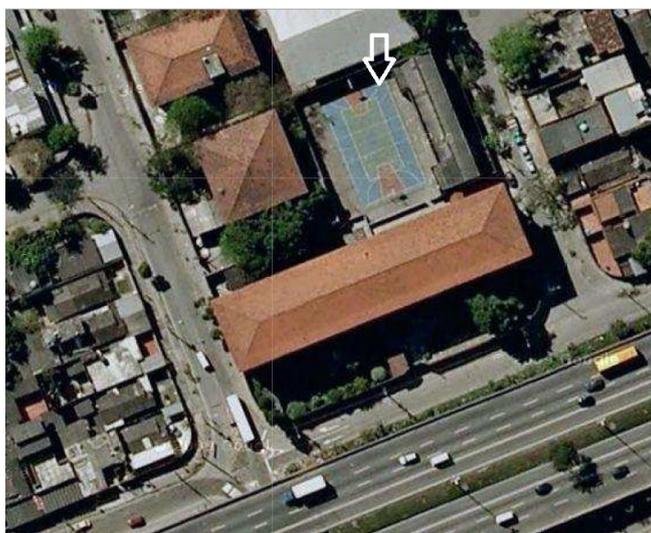


Foto 1.3: Vista do alto da escola e sua quadra descoberta (Fonte: Google Earth, obtida em 21/11/2010).

Os problemas de caráter ambiental existentes nesta escola motivaram a elaboração da presente dissertação. Será apresentada uma proposta geral de

ensino para temas ambientais que pretende aproximar seus problemas das aulas regulares de Física, mediante sua abordagem em momentos apropriados dentro da proposta curricular vigente na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro (SEEDUC, 2010), com exemplos de sua aplicação em problemas ambientais comuns nos centros urbanos.

1.3. Panorama atual do ensino de Física

A pedagogia tradicional predomina na maioria das instituições de ensino públicas e privadas brasileiras. As aulas de Física ainda são caracterizadas pela atuação do professor como detentor dos conhecimentos em sua disciplina e dos estudantes como seus receptores passivos. Essa prática pode ser descrita pela: 1) abordagem abstrata dos assuntos – desvinculada da realidade direta ou indireta dos estudantes e da escola; 2) pela apresentação meramente discursiva dos diversos assuntos; e 3) pela atitude do professor, que se impõe como autoridade absoluta em sala de aula, não permitindo quaisquer intervenções durante as aulas.

Consideramos que esse panorama no ensino de Física tende a persistir, tendo em vista diversos obstáculos históricos que precisariam ser superados: 1) a pressão dos dirigentes das escolas sobre os professores pelo cumprimento de todo o conteúdo programático do ENEM e dos vestibulares ainda vigentes; 2) a formação científica deficiente e didática incompleta (domínio de poucas abordagens e metodologias de ensino) dos professores; e 3) o tempo extremamente limitado para o planejamento de suas aulas como decorrência da falta de reconhecimento e valorização financeira dos professores, obrigando-os a ministrar aulas em diversas instituições de ensino. Esse cenário é semelhante na área de ensino de Ciências Naturais como um todo, como enfatiza Santos (1999, p.7):

“Tudo se passa como se fazer ciência fosse algo desconectado da realidade, como se o saber científico não tivesse raízes em meios sociais e ideológicos, como se a produção científica nunca respondesse a motivações sócio-políticas e/ou instrumentais, como se não contemplasse temas da atualidade, como se

não tivesse utilidade social ou essa utilidade se restringisse a uma porta de acesso a estudos posteriores”.

A presente dissertação apresenta uma proposta para temas ambientais que pretende, justamente, servir de alternativa viável para os que caminham no sentido contrário ao atual panorama do ensino de Física, pois almeja a abordagem de problemas dos centros urbanos tendo em vista três dimensões relevantes para a melhoria do ensino de Física: 1) contextualização (parte-se de situações vivenciais dos alunos); 2) interdisciplinaridade (propicia a interação com outras Ciências Naturais, tais como Geografia, Meteorologia e Biologia); e 3) estudos e reflexões com enfoque na tríade CTS.

As disposições oficiais que justificam a relevância destas questões para a mudança do supracitado panorama educacional estão na legislação educacional brasileira (BRASIL, 1996, 1999 e 2002). No entanto, salientamos que o professor é o principal responsável por qualquer iniciativa que pretenda melhorar o processo de ensino-aprendizagem. Esta decisão de melhoria, que cabe ao professor, envolve mais do que sua formação acadêmica em termos de habilidade didática e competência científica, pois também abrange sua concepção sobre a relevância da educação para a sociedade, como destaca Lemke (2006, p.6):

“As metas da educação científica devem ser formuladas dentro do contexto de nossas metas mais amplas para a educação em geral e de nossa definição sobre aquilo que contribui para uma melhor sociedade e uma vida melhor para todas as pessoas” [tradução nossa].

Defendemos que qualquer mudança pretendida para o ensino deve ser precedida, necessariamente, pela valorização dos professores (melhores salários e condições dignas de trabalho), e pela reformulação, nos centros de formação de professores, das concepções de ensino que norteiam os processos de formação inicial e continuada dos professores.

As bases conceituais referidas acima foram utilizadas nesta dissertação com o propósito de oferecer subsídios para a melhoria deste quadro no ensino, de modo que sua proposta geral de ensino para temas ambientais pretende

servir de subsídios para a apresentação e discussão em sala de aula sobre problemas ambientais de centros urbanos brasileiros. Esta proposta está no corpo e no apêndice da presente dissertação, incluindo sua aplicação em três problemas ambientais. Colaboramos, então, com os professores de Física do Ensino Médio que infelizmente não dispõem de tempo para planejamento e elaboração de materiais didáticos sobre temas ambientais com qualidade satisfatória, nem os encontram disponíveis impressos ou *online*.

1.4. A estrutura da dissertação

Nesta parte da dissertação, na seção 1.1, apresentamos as motivações mais gerais que inspiraram a concepção e elaboração deste trabalho. Na seção 1.2, identificamos as condições ambientais desfavoráveis vivenciadas pelos membros de uma instituição de ensino da rede pública estadual do Rio de Janeiro, que inspiraram esta dissertação. Apresentamos um panorama atual do ensino de Física, na seção 1.3, que motivou a proposta geral de ensino deste trabalho para sua modificação; e, relacionamos na seção 1.4 a estrutura dessa dissertação, indicando os assuntos considerados pertinentes neste e nos demais capítulos.

O capítulo 2 é uma análise bibliográfica. Na seção 2.1 são realizadas considerações iniciais sobre trabalhos que abordam temas ambientais. Apresentamos, na seção 2.2, produções anteriores sobre tais questões, com enfoque na educação para a preservação ambiental e cujos assuntos se relacionam às aplicações da proposta de ensino desta dissertação. A seção 2.3 é destinada aos comentários sobre os trabalhos referidos na seção 2.2 e outros pertinentes que não estão presentes na referida seção.

No capítulo 3 são apresentados e comentados, em relação à dissertação e sua proposta didática, os aspectos educacionais que nortearam sua concepção e elaboração. Na seção 3.1, são referidos os documentos da legislação educacional brasileira, incluindo-se a LDB e os PCN e suas orientações complementares, no tocante à relevância dos temas ambientais para o ensino de Física. Apresentamos na seção 3.2 a abordagem de ensino com enfoque CTS, que fundamentou a proposta deste trabalho, e suas ferramentas

didáticas. Nesta seção, também são referidos elementos e conceituações sobre o movimento CTS, realizamos comparações entre o ensino tradicional e com enfoque CTS, expomos e comentamos sobre as atividades didáticas com enfoque CTS e fizemos a caracterização do enfoque CTS na presente proposta de ensino. Na seção 3.3, fazemos considerações sobre as ferramentas didáticas e as avaliações propostas, tendo em vista sua relevância para o professor de Física que vier a utilizar este trabalho.

O capítulo 4 trata da proposta geral de ensino relativa aos problemas ambientais dos centros urbanos brasileiros e, particularmente, da escola onde o autor desta dissertação ministra aulas de Física para o Ensino Médio. Na seção 4.1, são expostos os objetivos educacionais gerais da proposta e seus objetivos específicos complementares relativos aos três problemas ambientais escolhidos para ilustrar sua aplicação.

Na seção 4.2, foram realizadas considerações acerca da viabilidade a abordagem educacional, mediante a presente proposta, de inserção dos referidos problemas ambientais na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro. Sistematizamos na seção 4.3 as ferramentas e estratégias didáticas da proposta de ensino e suas avaliações de aprendizagem frente aos objetivos educacionais gerais e específicos dos problemas ambientais ilustrados nesta dissertação. Nas seções seguintes deste capítulo, apresentamos e comentamos os três problemas ambientais da escola que exemplificam a aplicação da proposta deste trabalho.

O problema ambiental focado na seção 4.4 envolve as temperaturas elevadas nas grandes cidades e os efeitos locais das mudanças climáticas globais. Na seção 4.5 encontra-se o problema relativo aos altos níveis sonoros nas regiões metropolitanas e seus reflexos na população, e apresentamos na seção 4.6 o problema da incidência extrema da radiação ultravioleta e seus efeitos sobre a saúde humana.

As considerações finais desta dissertação são apresentadas no capítulo 5, após as quais estão as referências bibliográficas. Foi colocado no apêndice o material instrucional da dissertação, que é o guia de orientações para o professor sobre a proposta geral de ensino para temas ambientais, com os exemplos de sua aplicação a três problemas ambientais típicos de centros urbanos brasileiros.

Capítulo 2

Amostragem bibliográfica

Os problemas ambientais contemporâneos requerem que a formação científica dos estudantes na educação formal inclua abordagens e reflexões que contemplem temas tais como mudanças climáticas, buraco na camada de ozônio e poluição sonora, os quais influenciam na vida da população de grandes cidades brasileiras. Nesse cenário, existem trabalhos de revistas e encontros de ensino de Física, além de livros paradidáticos, que pretendem promover aproximações entre as aulas de Física da Educação Básica e as questões ambientais. Apresentamos neste capítulo uma amostragem bibliográfica sobre cada um dos três problemas ambientais ilustrados como aplicação da proposta de ensino desta dissertação. Faremos inicialmente considerações introdutórias, para, então, realizarmos descrições e, em seguida, comentários sobre os trabalhos, artigos e livros contemplados nesta amostragem.

1.1. Introdução

A utilização de temas ambientais no ensino de Física é abordada em diversos trabalhos da área de Educação em Ciências Naturais, tanto em periódicos *online* quanto em anais de eventos da área e em livros paradidáticos. A motivação principal foi vincular temas ambientais com o ensino de Física, tendo em vista as múltiplas e diferentes problemáticas ambientais enfrentadas pela sociedade contemporânea, especificamente nos centros urbanos. Os materiais didáticos analisados descrevem resultados de pesquisas não somente de caráter acadêmico, contribuindo com as reflexões e discussões pertinentes, mas também trazem propostas de ensino e relatos de estratégias didáticas.

Os temas ambientais abordados em revistas e anais de eventos são variados. No entanto, considerando os assuntos presentes nos três problemas ambientais exemplificados nesta dissertação, enfocaremos em amostragens bibliográficas que se alinham com as seguintes questões: 1) temperaturas

elevadas e as mudanças climáticas globais; 2) altos níveis sonoros nas grandes cidades; e 3) incidência extrema da radiação ultravioleta e saúde humana. Após descrever essa amostragem, fazemos comentários frente à proposta de ensino desta dissertação.

1.2. Descrição dos trabalhos

Nesta seção, apresentamos uma amostragem de trabalhos que tratam dos temas ambientais ilustrados como aplicações da proposta deste trabalho, conforme salientado anteriormente.

1.2.1. Temperaturas elevadas e mudanças climáticas globais

O livro “Global Warming for Dummies” de May e Caron (2009), embora em inglês, contém um material amplo e compreensível para os professores. May e Caron (2009) assumem que os leitores não possuem conhecimentos sobre diversos aspectos do aquecimento global. São apresentados inúmeros conceitos necessários para a compreensão desse fenômeno global: 1) a análise das suas causas; 2) o exame dos seus efeitos; 3) os elementos políticos de âmbito nacional e internacional; e 4) as dificuldades para a solução do problema. Finalmente, estas autoras enfatizam o aspecto pedagógico, apresentando ações que podem ser realizadas pelos alunos como contribuições para mitigar o problema. May e Caron explicitam essas ações e apresentam os principais mitos relativos ao aquecimento global.

Monin e Shishkov (2000) elaboraram um artigo no qual o clima terrestre é cuidadosamente abordado, tendo em vista sua complexidade. Esses autores apresentam inicialmente uma introdução sobre o clima terrestre, na qual abordam aspectos de sua história e levantam elementos que indicam a relevância sócio-cultural contemporânea do tema e sua complexidade científica no estabelecimento de sua ampla compreensão. Em seguida, Monin e Shishkov apresentam e aprofundam as definições vigentes de clima e sistema

climático, contrapondo-as ao entendimento científico possibilitado por teorias ultrapassadas.

Besson, Ambrosis e Mascheretti (2010) destacam que, embora seja um fenômeno complexo conceitual e fenomenologicamente, os conceitos físicos básicos envolvidos no aquecimento global são, por vezes, deixados em segundo plano, sendo dedicada maior ênfase aos seus aspectos ambientais e econômicos. O artigo destes autores pretende preencher esta lacuna mediante o tratamento da Física básica envolvida no fenômeno e o enfoque adotado é direcionado aos efeitos térmicos da interação entre radiação e matéria, tendo em vista o estabelecimento de aproximações entre a Física Óptica e a Física Térmica.

Besson, Ambrosis e Mascheretti (2010) apresentam inicialmente algumas indicações de concepções prévias dos estudantes sobre a Física básica relacionada ao fenômeno do aquecimento global, para, então, realizar uma descrição da escolha didática e de organização dos módulos de ensino elaborados e utilizados com um grupo de estudantes universitários. Por fim, são expressos os resultados da aplicação dos módulos didáticos, os quais foram considerados satisfatórios em termos dos efeitos da sequência de ensino adotada na pesquisa.

Divulgado há 21 anos, o texto “Global Warming – The Greenpeace Report” (LEGGETT, 1990) foi reconhecido como uma das melhores análises do relatório da comissão IPCC, evidenciando a ausência de comentários críticos no referido documento vigente na época. Entre as omissões, estaria a não explicitação de medidas necessárias para mitigar possíveis ocorrências catastróficas, previstas por ambientalistas mundialmente respeitados.

As comissões do IPCC são formadas por ambientalistas, representantes governamentais e cientistas. Esta composição reflete uma diretriz das Nações Unidas de que seus documentos devam conter posicionamentos que sejam os mais universais possíveis. De acordo com as análises críticas do primeiro relatório do IPCC (LEGGETT, 1990, p.1), “... o *Painel Intergovernamental das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas* falhou na sua responsabilidade do que foi o mais importante processo de consulta sobre o futuro climático do nosso planeta.” [tradução livre]

A análise do Greenpeace explicitou os diversos aspectos necessários para mitigar as previsões catastróficas das mudanças climáticas: uma preferência por matrizes energéticas mais limpas; a regulamentação do uso das florestas; a reformulação do paradigma industrial em sua relação com o meio ambiente; e uma ação educativa para mudar o comportamento de comunidades carentes, atualmente de indiferença, face aos efeitos colaterais do aquecimento global sobre zonas urbanas de risco.

A comissão do IPCC publicou em 2007 (IPCC, 2007) a versão atualizada do relatório sobre mudanças climáticas, cobrindo lacunas apontadas no documento do Greenpeace (LEGGETT, 1990). Essa versão do relatório do IPCC representa a mais completa e confiável referência para as discussões contemporâneas sobre o fenômeno do aquecimento global.

Quanto aos trabalhos relativos ao ensino, apresentamos o de Chiquito et al. (2005), que propõe a construção de uma miniestação meteorológica para perceber alterações nas condições de tempo de certa região, como por exemplo quando uma frente fria se aproxima, mediante a avaliação das grandezas físicas: velocidade dos ventos, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Essa proposta de ensino envolve materiais simples e de baixo custo, objetivando a abordagem destes assuntos com estudantes do ensino fundamental e médio, os quais, inclusive, participam da construção da estação.

A temperatura ambiente pode ser monitorada com um *termômetro clínico* comum, porém, para registrar a velocidade dos ventos, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar, são necessárias as montagens de um anemômetro, um barômetro e um higrômetro, respectivamente. Os autores (CHIQUITO et al., 2005) apresentam a descrição dos materiais necessários, fazem considerações sobre seu funcionamento, incluindo a física pertinente, mostram fotos ilustrativas dos referidos instrumentos de medida no final da montagem e comentam acerca de suas calibrações.

Embora Santos e Souza Barros (2010) tenham considerada suficiente a amostragem de livros utilizada na sua pesquisa sobre aquecimento global, destacamos que já existem versões mais recentes de quase todos que foram utilizados, tendo em vista a escolha ocorrida nas escolas públicas no âmbito do PNLD do Ensino Médio para 2012 (BRASIL, 2011).

Fizemos, então, uma breve consulta e análise de nove dos dez livros de Física presentes no guia de livros didáticos do referido PNLD (ibid), mais um que ficou de fora desse guia (ver a lista de *Livros Consultados*), a fim de obter informações atualizadas. Das dez coleções verificadas, apenas 60% abordam a intensificação do Efeito Estufa¹ da Terra, a qual ocorre sempre após apresentar os processos de transferência de calor, especificamente o de irradiação.

Salientamos que as conclusões obtidas por Santos e Souza Barros (2010) se mantiveram para o conjunto de livros consultados, demonstrando que ainda persiste: 1) a despreocupação da maioria dos autores de livros didáticos de Física para o Ensino Médio frente ao tema do Efeito Estufa; e 2) o tratamento científico e culturalmente superficial e, por vezes, distorcido atribuído ao referido fenômeno. Apesar de não termos livros didáticos para apontarmos como leituras complementares sobre o Efeito Estufa, sugerimos Branco (2003), Burattini (2008), Landulfo (2005), May e Caron (2009), Silva et al. (2000) e o *site* do INPE como leituras iniciais, e Braga et al. (2005), Besson et al. (2010), Burroughs (2007), Hogan e Tolmasquim (2001), IPCC (2007), Leggett (1990), Monin e Shishkov (2000), Schneider (1998), Vesilind e Morgan (2011) e o *site* do IPCC para aprofundar a compreensão.

Essa amostragem de trabalhos revela a diversidade de enfoques e abrangência de assuntos pertinentes e pesquisadores atentos às mudanças climáticas. Será descrito abaixo um conjunto de trabalhos relacionados aos níveis sonoros nas regiões metropolitanas.

1.2.2. Altos níveis sonoros nas grandes cidades

O problema ambiental da poluição sonora é de grande relevância para a saúde auditiva da população, sobretudo a das grandes cidades, que precisa conviver e lidar com diversas fontes de som e ruído que causam danos ao seu aparelho auditivo. Bastos e Mattos (2009), dentro dessa perspectiva, realizaram uma intervenção didática numa escola do Ensino Médio com o

¹ Efeito Estufa: não se refere ao fenômeno natural da Terra, mas ao quadro de intensificação causada pelos seres humanos, também conhecida como aquecimento global ou mudanças climáticas.

intuito de conscientizar os estudantes para os riscos à audição humana envolvidos em certas situações, como conversar em voz alta em ambientes fechados, por exemplo, a sala de aula, e ouvir música em volume alto com fone de ouvido. Esses autores (BASTOS e MATTOS, 2009) ressaltam que essa atividade didática pretende ainda sinalizar que o conhecimento físico pode ser utilizado na Educação Básica como colaborador para critérios na construção de uma vida saudável. Como resultados de sua intervenção na escola, os estudantes do Ensino Médio demonstraram melhorias na compreensão e conscientização do tema mediante mudanças no perfil conceitual.

Alves et al. (2005) apresentam aspectos de um trabalho sobre poluição sonora aplicado em um escola do Ensino Médio e elaborado no âmbito de disciplinas do Ensino Superior. Para tal, houve um estudo teórico sobre a abordagem do enfoque CTS e uma análise de materiais e projetos educacionais, tais como o GREF e o PEC - Física. Ressaltamos que os autores (ALVES et al., 2005) defendem a importância da abordagem de temas contextualizados no Ensino Médio, no entanto, não foram apresentados os resultados da aplicação do trabalho na escola.

No seu artigo, Figueiredo e Terrazzan (1987) além de apresentarem conceitos, fenômenos e propriedades relativas às ondas sonoras, expõem aspectos da saúde auditiva. No tocante à poluição sonora, os autores (FIGUEIREDO e TERRAZZAN, 1987) fazem considerações sobre a dicotomia entre música e ruído e fornecem dicas de como nos livrarmos de sons indesejáveis.

O trabalho de Viveiros (2006) aborda os erros e mitos em acústica arquitetônica veiculados tanto no âmbito acadêmico (dissertações de mestrado e anais de congressos brasileiros) quanto nos meios de comunicação em massa. Este autor apresenta e discute inicialmente mitos consagrados em acústica, incluindo-se os relativos ao isopor e às caixas de ovos, para, então, fazer o mesmo com os erros conceituais, tais como o de vegetação como barreira acústica e o de material termo-acústico. Viveiros (2006) aponta no decorrer do trabalho as possíveis razões para o alcance de cada um desses problemas em acústica arquitetônica.

No tocante ao problema ambiental desta subseção, nossa consulta e breve análise aos livros didáticos de Física do Ensino Médio, presentes na lista

de *Livros Consultados* após as referências desta dissertação, permitiu-nos identificar que apenas 20% das coleções, das 10 verificadas, discutiam a questão da poluição sonora e suas correlações com problemas auditivos humanos. Em 10% das coleções, os autores relacionavam brevemente níveis sonoros de situações cotidianas com os referidos problemas. As demais coleções apenas abordaram os níveis de intensidade sonora, apresentando em seguida exemplos de valores encontrados em situações práticas.

Podemos concluir, então, que a maioria dos autores dos livros didáticos da amostra analisada não revela estar atenta à poluição sonora, um problema ambiental de grande relevância social e educacional para os habitantes dos centros urbanos.

Como sugestões de leituras, apontamos as páginas 370 e 371 do volume 2 do Bonjorno et al. (2010), 313 a 315 do volume 2 do Kazuhito e Fuke (2010) e 211 e 212 do volume 3 do Torres et al. (2010), além de Branco (2003), Figueiredo e Terrazzan (1987) e Silva et al. (2000) como leituras iniciais, e Braga et al. (2005), Hogan e Tolmasquim (2001), Vesilind e Morgan (2011) e Viveiros (2006) como leituras de aprofundamento.

Na próxima seção passamos à descrição dos trabalhos vinculados ao último problema ambiental ilustrado nesta dissertação, o qual trata dos níveis extremos de radiação ultravioleta em correlação com a saúde humana.

1.2.3. Incidência extrema da radiação ultravioleta e saúde humana

A incidência da radiação ultravioleta tem alcançado no Rio de Janeiro níveis extremos, gerando preocupações relativas aos riscos para a saúde humana. Além do sistema climático terrestre e do efeito estufa, o buraco na camada de ozônio é outro tema devidamente aprofundado e discutido por Monin e Shishkov (2000). Estes autores abordam a radiação ultravioleta em sua interação com a atmosfera terrestre e seus impactos sobre a saúde humana.

O trabalho de Prestes et al. (2008) apresenta os resultados de uma investigação no Ensino Médio acerca do tema radiações, com o intuito de

levantar as noções pertinentes dos estudantes. Essa investigação ocorreu antes da instrução e revelou que os alunos pesquisados (do 3º ano) possuíam noções vagas e desarticuladas sobre radiações. As autoras defendem a inserção do tema na educação, não somente pela sua presença nos PCN, mas também por possibilitar discussões CTS e envolver a Física Moderna.

Fortunato e Sauerwein (2011) realizaram o levantamento das dúvidas de estudantes do 3º ano do Ensino Médio sobre o tema radiações, de modo que puderam contar com dados valiosos para a elaboração de módulos didáticos a partir de suas dúvidas. Os assuntos mais citados nas perguntas (dúvidas) dos alunos envolveram: 1) as características das radiações e os conceitos físicos envolvidos; 2) a radiação ultravioleta e seus efeitos biológicos; e 3) o cuidado com a saúde. As autoras destacam que o tema radiações, além de ser salientado nos PCN+ dentre os temas estruturadores, também possui relevância educacional pela sua presença no cotidiano da população.

Os protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta foram abordados no trabalho de Araújo e Souza (2008), tendo em vista o número crescente nos últimos anos dos casos de câncer de pele. Esse trabalho consistiu em estudar os efeitos das radiações UV e tratar as características dos protetores solares. Dentre os resultados, as autoras ressaltam as possíveis contribuições da Física para a melhoria da eficiência dos protetores solares.

O livro de Okuno e Vilela (2005) aborda de forma aprofundada os diversos aspectos relativos às radiações UV, com suas características e efeitos, representando uma importante referência brasileira sobre o tema. São apresentados os efeitos potenciais das radiações UV sobre a saúde humana, destacadamente da pele e dos olhos, com problemas imediatos e tardios.

Exposição excessiva às radiações UV de origem solar e de câmaras de bronzeamento artificial são apontadas como duas fontes de UV que colaboram significativamente para as pessoas desenvolverem câncer de pele, envelhecimento cutâneo e catarata. Nesse sentido, as autoras (OKUNO e VILELA, 2005) destacam medidas de proteção contra as radiações UV com o intuito da população evitar ou, pelo menos, mitigar o desenvolvimento destes problemas de saúde.

Okuno e Vilela (2005) tratam ainda do índice UV como indicador de riscos para a saúde humana e dos diferentes benefícios que as radiações UV

representam para a população, tais como, esterilização de ambientes hospitalares e restaurantes, síntese de vitamina pelo organismo humano e exames médicos.

Quanto ao presente problema ambiental, verificamos que dentre as 10 coleções do Ensino Médio consultadas (ver lista dos *Livros Consultados* após as referências bibliográficas), somente 40% abordam a radiação ultravioleta e suas correlações com a saúde humana. As demais coleções não manifestam preocupações com estes problemas relativos às radiações UV, tendo em 30% delas breves comentários acerca dos mesmos, e nos outros 30% a radiação ultravioleta aparece num contexto abstrato ou praticamente não aparece.

Verificamos que a maior parte dos autores das coleções consultadas não revela considerar relevante o tema ambiental das radiações UV e seus efeitos sobre a saúde humana, mesmo sendo um assunto tão importante para a população brasileira, sobretudo a que habita regiões próximas da Linha do Equador, pois os índices UV são preocupantes durante quase todo o ano.

Como sugestões de leituras iniciais, apontamos o site do INPE, as páginas 332 e 333 do volume 2 de Bonjorno et al. (2010), 235 a 240 do volume 2 de Newton et al. (2010), 157 a 159 do volume 3 de Torres et al. (2010) e 314 a 316 do volume 3 de Xavier e Barreto (2010), além de Araújo e Souza (2008), Landulfo (2005) e Silva et al. (2000), e Burroughs (2007), Hogan e Tolmasquim (2001), Okuno e Vilela (2005) e Phillips (1983) como leituras para aprofundar a compreensão.

Na seção seguinte serão feitas considerações sobre a amostragem bibliográfica que descrevemos nesta seção e que envolveu os temas relativos aos problemas ambientais de aplicação da proposta geral de ensino desta dissertação.

1.3. Comentários

A amostragem bibliográfica acima incluiu trabalhos publicados em revistas *online* e anais de encontros em ensino de Física e áreas afins, além de livros paradidáticos que estabelecem aproximações entre temas ambientais e Física. É possível encontrar também informações sobre questões ambientais e seu

ensino em cadernos didáticos de projetos de ensino, como no Projeto Escola e Cidadania (SILVA et al., 2000), em revistas de divulgação científica, como *Ciência Hoje*, *Scientific American Brasil*, *National Geographic Brasil* e *Com Ciência Ambiental e Conhecimento Prático*, e em sites de instituições de referência científica (IPCC e INPE) e de organizações não governamentais de defesa do meio ambiente (*WWF-Brasil* e *Greenpeace*).

Embora o universo das fontes de informações citadas seja amplo e diversificado, devemos ser cautelosos na sua seleção e utilização, pois em trabalho sobre as mudanças climáticas, Santos e Souza Barros (2010, p.10) apontam que:

“... a carência de textos acessíveis ou disponíveis de divulgação científica das mudanças climáticas de qualidade satisfatória, tais como Meio Ambiente & Física de Landulfo (2005) e O Aquecimento Global de Fagan (2009), é um fator que dificulta o planejamento de aulas de Física vinculadas às temáticas ambientais.”

Na referida pesquisa, que teve como objeto de análise e avaliação livros didáticos de Física do Ensino Médio, Santos e Souza Barros (2010) destacam nos resultados que:

“[...] este trabalho já nos permite sinalizar alguns aspectos preponderantes nos livros didáticos de Física do ensino médio sobre a abordagem do aquecimento global: o caráter acessório da temática; o tratamento superficial de aspectos científicos envolvidos, omitindo conceitos físicos relevantes para a compreensão do fenômeno; o descrédito dado às previsões sócio-ambientais apontadas pelo IPCC; e a ausência de perspectivas práticas para que os cidadãos possam atenuar tais previsões.”

Neste contexto de trabalhos estabelecendo conexões entre meio ambiente e Física, verificamos de modo geral dois aspectos distintos: (1) cresce o número de publicações científicas em revistas *online* especializadas e em anais de encontros em ensino de Física; e (2) ainda é inadequado o tratamento conceitual dado pelos autores de livros didáticos de Física do Ensino Médio. Há, então, uma lacuna na produção de material didático de qualidade satisfatória sobre questões ambientais para utilização pelos professores de

Física, de modo que o tratamento didático das mesmas acaba sendo restrito em diversos aspectos, colaborando com a distorção da compreensão dos estudantes do Ensino Médio sobre os temas ambientais.

Evidentemente, a presença da *internet* na maioria das escolas do Ensino Médio é um recurso que substitui a carência de textos nas bibliotecas dessas escolas. No entanto, infelizmente é notória a baixa qualidade da maioria dos textos que podem ser localizados através de buscadores, como o Google, considerações que se estendem a todos os tópicos interdisciplinares existentes nesses veículos de informação. Devemos recordar que os buscadores priorizam a frequência com que os textos são acessados, não o rigor científico.

Levando em conta esta lacuna entre pesquisadores e professores do Ensino Médio e a falta de tempo dos últimos para concepção e produção de materiais didáticos para abordar as questões ambientais em sala de aula, acreditamos que podemos contribuir mediante a produção de alguns que colaborem para atender esta demanda. Inclusive, apresentamos no último Simpósio Nacional de Ensino de Física um trabalho (SANTOS e SOUZA BARROS, 2011) que defende o tratamento das questões ambientais no ensino de Física e traz como anexo um texto de apoio para os professores de Física que pretendem abordar tais assuntos em suas aulas regulares do Ensino Médio.

O referido texto de apoio (*ibid*), que apresenta os temas ambientais com enfoque geral e caráter inicial, representou um protótipo para a concepção e elaboração desta dissertação e seu produto instrucional. Esse produto inclui a proposta geral de ensino para temas ambientais, com seus instrumentos didáticos e exemplificação de sua aplicação a três problemas ambientais identificados na escola pública da rede estadual do Rio de Janeiro onde o autor leciona e em centros urbanos brasileiros.

Esperamos que estes materiais didáticos sejam utilizados pelo professor como ponto de partida para abordagem no Ensino Médio de situações que envolvem a aplicação contextualizada dos conceitos físicos, os problemas ambientais da cidade e da escola e as relações CTS presentes na referida proposta de ensino. Dessa forma, acreditamos que contribuiremos com um material introdutório, conciso e de qualidade satisfatória para professores de

Física do Ensino Médio que acreditam na relevância do tratamento didático das questões ambientais para a formação da cidadania.

Os objetivos desta pesquisa dissertativa encontram justificativas em documentos da legislação educacional brasileira e em pesquisas em ensino de Física e educação em Ciências Naturais, publicadas em revistas *online* e anais de encontros pertinentes. Nesses textos, que serão apresentados a seguir, estão presentes aspectos indicativos da relevância da abordagem dos temas ambientais na educação formal.

Capítulo 3

Aspectos educacionais nos temas ambientais

As questões ambientais enfrentadas direta ou indiretamente pela população dos grandes centros urbanos são contempladas nos documentos da legislação educacional brasileira, tendo em vista sua relevância social para a formação da cidadania dos estudantes do Ensino Médio. Compreensão das relações CTS, emissão de juízos de valor sobre situações envolvendo ciência e ética e apreensão dos distintos efeitos sociais das inovações científico-tecnológicas representam objetivos educacionais defendidos pelos referidos documentos e presentes nas discussões envolvendo questões ambientais.

Como o presente trabalho se alinha com diversos aspectos educacionais apregoados nos textos que regem a educação brasileira, nesta seção serão abordados aspectos da LDB, e, em seguida, dos PCN e PCN+ que nortearam os fundamentos educacionais desta dissertação. Ao longo dos itens seguintes, apresentaremos ainda os elementos educacionais que constam nos objetivos pretendidos para a proposta de ensino deste trabalho.

No tocante à pesquisa em ensino de Física e em educação em Ciências Naturais, o ensino com enfoque CTS representa a abordagem didática que norteia os problemas ambientais, tais como os ilustrados nesta dissertação. Essa identificação será orientada mediante a consideração dos seguintes aspectos relevantes no cenário do ensino com enfoque CTS: 1) movimento CTS: elementos históricos e conceituais; 2) ensino tradicional X ensino com enfoque CTS; 3) atividades didáticas com enfoque CTS; e 4) caracterização do enfoque CTS na presente proposta de ensino.

Finalmente, tendo em vista a proposta de ensino apresentada nesta dissertação, consideramos adequado fazer algumas considerações sobre atividades experimentais e avaliações, colaborando para nortear melhor as estratégias e tomadas de decisões dos professores de Física que utilizarem a proposta.

3.1. Legislação educacional brasileira

A LDB (BRASIL, 1996), de 20 de dezembro de 1996, estabeleceu as referências gerais e fundamentais a partir das quais devem ser concebidos, elaborados e executados propostas curriculares nacionais, estaduais e municipais, projetos político-pedagógicos de instituições de ensino e planejamentos de aulas dos professores das diversas disciplinas em todos os níveis de ensino.

Os PCN do Ensino Médio (BRASIL, 1999) foi produzido com o intuito de *materializar* os princípios educacionais expressos na LDB e atender às demandas político-econômicas, científico-tecnológicas e sócio-culturais da sociedade contemporânea. Nesse sentido, os PCN do Ensino Médio trouxeram há quase 15 anos perspectivas sobre: 1) concepções de educação; 2) aspectos a serem desenvolvidos pelos estudantes; e 3) abordagens e metodologias para o processo de ensino-aprendizagem na educação formal, pretendendo, com isso, oferecer subsídios para reflexão e discussão dos professores em torno de sua prática diária, seu planejamento de aulas, entre outros momentos.

Os PCN+ (BRASIL, 2002) é um documento que representa uma continuidade necessária dos PCN, pois aponta possíveis caminhos a serem adotados pelos professores a fim de articularem as competências e habilidades gerais com os conhecimentos específicos de cada disciplina ou área de conhecimento. Nesse contexto, os PCN+ apresentam as competências específicas de cada disciplina, as quais se situam dentro de temas amplos, chamados temas estruturadores.

Os temas estruturadores foram concebidos e escolhidos a partir da relevância dos aspectos que norteiam a atual reforma curricular do Ensino Médio no Brasil, a saber: 1) contextualização dos assuntos; 2) interdisciplinaridade na abordagem dos tópicos; e 3) construção de competências e habilidades aliadas aos conhecimentos específicos da disciplina mediante o processo de ensino-aprendizagem.

3.1.1. Lei de diretrizes e bases da educação nacional

Como toda legislação no âmbito nacional, independente de sua esfera de domínio, a LDB (BRASIL, 1996), que é a lei maior da educação foi inspirada na Constituição da República Federativa do Brasil, de modo que compartilha alguns de seus princípios e fins para a educação nacional. A LDB (ibid, p.27) apresenta em relação aos seus princípios e fins que:

“A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.”

Acreditamos que o exercício da cidadania a ser almejado pela educação envolve o tratamento didático, pelos professores das diversas disciplinas, de temas de relevância social sobre os quais os estudantes precisam tomar conhecimento, discutir, refletir e, inclusive, tomar decisões a respeito. As questões ambientais se inserem atualmente nesse contexto, pois possuem notória importância social sem precedentes.

Quanto ao Ensino Médio, com o qual pretendemos contribuir na presente dissertação, suas finalidades específicas apresentadas no artigo 35 da LDB (ibid, p.39) enfatizam:

“[...] o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.”

Embora reconheçamos que tais finalidades para o Ensino Médio expressos na LDB sejam bastante amplas e variadas para serem plenamente contempladas na proposta de ensino que apresentamos nesta dissertação, entendemos que esta permite a construção de alguns dos elementos constantes no seu artigo 35, quais sejam: 1) a formação ética - ocorreria na tomada de posições favoráveis ao bem-estar social frente aos problemas

ambientais; 2) o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico - decorreria do estudo, reflexão e análise de questões ambientais que passariam a ser bem compreendidas, tanto em termos dos conceitos científicos envolvidos, quanto na apreensão das relações subjacentes entre ciência, tecnologia e sociedade; e 3) a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos [...], relacionando teoria com a prática - refere-se aos conceitos científicos e às relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mas com suas abordagens realizadas sobre algum contexto real para os estudantes, como as questões ambientais, de modo que não seja uma proposta de ensino construída a partir de situações educacionais abstratas e desconexas de seu cotidiano.

Nesse contexto, defendemos que a abordagem de temas ambientais no ensino de Física atende aos anseios gerais expressos na LDB para o Ensino Médio. Consideramos que o ensino das questões ambientais por um número considerável de professores demanda mudanças significativas em sua formação e no atual panorama educacional brasileiro. Na Educação Básica, geralmente ensina-se somente a Física *pela Física*, não se atentando devidamente às questões socialmente relevantes, que seriam as vivenciadas pelos membros da comunidade escolar, sobretudo, os estudantes.

Reconhecemos que existem sérias razões para a manutenção do panorama educacional vigente no Brasil, a saber: 1) demandas excessivas sobre os professores e estudantes em torno do ENEM e de exames vestibulares; 2) desvalorização financeira e social do trabalho docente; 3) formação acadêmica deficiente de conteúdos científicos e de metodologias e abordagens de ensino; e 4) compreensão restrita sobre a relevância do papel da educação para a sociedade. No entanto, não podemos ignorar a demanda contemporânea, advinda de diversos segmentos e setores da sociedade, pela abordagem na educação formal de problemas ambientais que afetam direta ou indiretamente a vida de tantas pessoas, inclusive, as nossas, com irreparáveis perdas humanas e enormes prejuízos materiais.

A seguir serão apresentados relativos aos PCN e às suas orientações complementares.

3.1.2. Parâmetros curriculares nacionais e suas orientações complementares

Elaborado com base na LDB, os PCN para o Ensino Médio apresentam elementos que ratificam e consolidam de forma mais específica os princípios para a educação nacional expressos na LDB. Esses PCN são um documento que trouxe perspectivas para o ensino de modo geral, na medida em que faz sérias críticas a diversos aspectos relacionados ao ensino tradicional, o qual ainda hoje, após mais de uma década desde sua publicação, predomina nas escolas brasileiras, como ilustra o trecho a seguir (BRASIL, 1999, p.229):

“O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. [...] Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. [...]”

Com o intuito de contribuir para a construção de um cenário educacional brasileiro de modo geral, e particularmente em Física, que atenda à LDB e contemple diversos fatores da sociedade contemporânea, esse documento pretende romper radicalmente com: 1) a falta de significado dos assuntos abordados nas escolas; 2) a ausência de diálogos entre os diferentes campos do saber; e 3) os objetivos educacionais que há bastante tempo não correspondem aos necessários para a construção da cidadania. Nesse sentido, emergem os conceitos de contextualização, interdisciplinaridade e competências, respectivamente, a fim de preencher as lacunas deixadas pelo ensino tradicional há muitos anos.

Nesse cenário sobre o qual se estabeleceu a educação nacional há mais de uma década, surgem inúmeras e diversas mudanças nas concepções

até então vigentes, as quais incluem: entendimentos dos professores sobre a relevância da educação para a sociedade; fundamentos que norteiam a concepção e elaboração das metas dos docentes para seus estudantes; e abordagens e metodologias para o processo de ensino-aprendizagem. No âmbito do ensino de Física, apresentamos a seguir um trecho do referido documento que dimensiona esse ponto de vista (ibid., p.229):

“Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.”

A Física é agora entendida como parte integrante e fundamental da cultura contemporânea, tendo em vista os avanços científico-tecnológicos que a sociedade brasileira tem experimentado nas últimas décadas e de forma vertiginosa nos últimos anos. Espera-se, então, que os estudantes do Ensino Médio terminem essa etapa da escolarização não somente com o domínio científico de conceitos físicos e de instrumentos de medição, mas com competências, habilidades, atitudes e valores que perpassam todas as áreas do conhecimento escolar e que são considerados fundamentais para o exercício da cidadania na sociedade contemporânea.

Identificamos nos PCN para o Ensino Médio, dentre as competências e habilidades, os elementos educacionais relacionados à formação da cidadania que congregam a Física com as questões de relevância social na atualidade, os quais envolvem (BRASIL, 1999, p.237):

“Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas; elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados; construir e investigar situações-problema, identificar a situação Física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões; reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico; e ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvem aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.”

Estas competências e habilidades incluem aspectos relacionados a atitudes e valores que seriam esperados para a formação de cidadãos na contemporaneidade, tendo em vista que a cidadania não se encerra na aquisição de conhecimentos científicos, mas abrangem igualmente a possibilidade de tomadas de decisão ou emissões de juízos de valor de forma crítica, consciente e independente. Dentro do tema e objetivos da presente dissertação, esses aspectos são extremamente relevantes, de modo que parte deles será contemplada dentre os objetivos educacionais da sua proposta de ensino. Os temas ambientais requerem não somente o domínio de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências e habilidades, como também a construção de atitudes e valores em ressonância com as perspectivas de formação de uma sociedade mais justa, solidária e sensível aos problemas ambientais atuais e futuros.

Os PCN+ reafirmam os diversos aspectos presentes nos PCN e apresentam elementos essenciais para totalizar os fatores necessários à compreensão e à aplicação de uma, até então, nova proposta curricular para o Ensino Médio. São apontadas nos PCN+ metas educacionais que deveriam ser desenvolvidas na formação fundamental de qualquer cidadão na contemporaneidade. Os PCN+ apresentam duras críticas ao ensino tradicional, ao qual se propõe superar ou, pelo menos, mitigar, aspecto este ilustrado ao enfatizar que (BRASIL, 2002, p.9):

“As características de nossa tradição escolar diferem muito do que seria necessário para a nova escola. De um lado, essa tradição compartimenta disciplinas em ementas estanques, em atividades padronizadas, não referidas

a contextos reais. De outro lado, ela impõe ao conjunto dos alunos uma atitude de passividade, tanto em função dos métodos adotados quanto da configuração física dos espaços e das condições de aprendizado. Estas, em parte, refletem a pouca participação do estudante, ou mesmo do professor, na definição das atividades formativas. As perspectivas profissional, social e pessoal dos alunos não fazem parte das preocupações escolares; os problemas e desafios da comunidade, da cidade, do país ou do mundo recebem apenas atenção marginal no ensino médio, que também por isso precisaria ser reformulado.”

A abordagem de assuntos que decorram de problemas vivenciados pelos membros da comunidade escolar, mediante estratégias didáticas que priorizem o envolvimento pleno (intelectual e emocional) do professor e dos estudantes, atende alguns dos aspectos defendidos nos PCN+. O presente trabalho se alinha com tais aspectos, na medida em que apresenta uma proposta geral de ensino para temas ambientais comuns em escolas e centros urbanos brasileiros. Ademais, esta proposta de ensino e seus exemplos de problemas ambientais pretendem servir aos professores de Física como padrão de material didático, de modo que possam promover estudos, reflexões e discussões pertinentes entre os estudantes.

A reforma curricular vigente na atualidade apregoa mudanças que se confrontam radicalmente com concepções arraigadas em muitos professores de Física, e que se estendem desde o seu entendimento sobre a relevância da educação para a sociedade até as estratégias didáticas utilizadas para ensinar diversos assuntos. Os PCN+ representam realmente um impacto sobre quase tudo que o professor já vivenciou na sua formação acadêmica e profissional. Nesse cenário, os PCN+ (ibid, p.61) salientam que:

“Os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira “o que ensinar de Física”, passando a centrar-se sobre o “para que ensinar Física”, explicitando a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado. Quando “o que ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade [...], ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja

preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante. Finalidades para o conhecimento a ser aprendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir”.

Os PCN para o Ensino Médio apresentam competências e habilidades de forma ampla e geral, de modo que analisando o texto dos PCN+ encontramos uma melhor explicitação de situações e contextos da Física nos quais as mesmas podem ser contempladas e desenvolvidas. Embora os temas ambientais perpassem os três grupos de competências e habilidades – representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sócio-cultural, tendo sido alguns aspectos contemplados na proposta de ensino da presente dissertação, as competências relacionadas à investigação e compreensão no tocante à ciência e tecnologia, ética e cidadania merecem destaque, ao apontarem que os estudantes deveriam (ibid, p.68):

“Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações [...]; promover situações que contribuam para a melhoria das condições de vida da cidade onde vive ou da preservação responsável do ambiente [...]; reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável [...]; reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética [...]; e reconhecer que a utilização dos produtos da ciência e da tecnologia nem sempre é democrática [...].”

Esses e outros objetivos educacionais a serem desenvolvidos nas aulas de Física são contemplados na proposta desta dissertação, de modo que serão devidamente especificados com mais clareza e contexto em momento posterior (na Seção 4.1), no capítulo correspondente à proposta de ensino e seus exemplos de aplicação (Capítulo 4).

Conforme já comentado, existem nos PCN+ os temas estruturadores, nos quais pudemos identificar alguns que podem promover articulações entre o ensino de Física e os temas ambientais, tais como: 1) calor, ambiente e usos de energia; e 2) interação da radiação com a matéria. Tais temas estruturadores se identificam com o ensino de enfoque CTS, pois conforme destacam Santos e Mortimer (2002, p.5), “[...] a atual reforma curricular do ensino médio incorpora, em seus objetivos e fundamentos, elementos dos currículos com ênfase em CTS.”

3.2. Ensino com enfoque CTS

Os inúmeros e variados problemas ambientais com os quais a população brasileira, em particular, tem convivido e sofrido direta ou indiretamente suas consequências, inserem-se no contexto da pesquisa em educação em ciências no campo de estudos e pesquisas das relações CTS. Do ponto de vista educacional, as temáticas ambientais abordadas nesta dissertação alinham-se com o ensino com enfoque CTS.

Este enfoque pretende construir nos estudantes conhecimentos e competências para analisarem e tratarem criticamente várias questões presentes na sociedade contemporânea, desmistificando os aspectos subjacentes às relações entre ciência, tecnologia e sociedade, incluindo-se como parte desta sociedade o próprio meio ambiente (AULER e DELIZOICOV, 2001). Nesse cenário, apresentaremos a seguir: 1) aspectos históricos e conceituais do movimento CTS; 2) análise do ensino tradicional e do ensino com enfoque CTS; 3) exemplos de ensino de Física com enfoque CTS no contexto educacional brasileiro; e 4) elementos para caracterização do enfoque CTS na proposta de ensino desta dissertação.

3.2.1. Movimento CTS: elementos históricos e conceituais

A partir do final da 2ª guerra mundial, teve início em diversas partes do mundo, sobretudo nos Estados Unidos e na Europa, movimentos de setores profissionais e acadêmicos para contestação sobre os limites *quase irrestritos* de que dispunham a ciência e a tecnologia. Esses movimentos incluíam

manifestações de grupos ativistas, publicações de livros, influências de campos de estudos acadêmicos e formação de movimentos e sociedades organizadas em prol da defesa dos direitos da população, assegurados pela democracia, de participar das decisões que atingem suas vidas e o meio ambiente.

Os problemas de caráter científico-tecnológico que originaram tais repercussões foram inúmeros e diversos, tais como aqueles envolvendo: 1) os produtos químicos empregados na agricultura e na guerra do Vietnã; 2) a expansão da energia nuclear e os lançamentos das bombas atômicas no Japão durante a 2ª Guerra Mundial; 3) o emprego de animais para experiências nas pesquisas científicas; 4) o descaso da indústria automobilística em torno da segurança de certo modelo de automóvel; 5) o aumento do financiamento de tecnologia pelo estado; dentre outros (CHRISPINO, 2009; KRASILCHIK, 2000; SANTOS e BEMFEITO, 2010; SANTOS e MORTIMER, 2002; SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2005). Mediante um breve histórico, Cutcliffe (apud CHRISPINO, 2009, p.21) destaca que:

“... esse período da história presenciou o surgimento de inúmeros grupos chamados ativistas que, cada um a sua maneira, buscavam chamar atenção para os riscos a que estavam expostos os cidadãos. Durante a década de 1970, os mais significativos movimentos giravam em torno da energia nuclear e seus riscos, dos mísseis balísticos, do transporte supersônico, dos CFC (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) usados em aerossóis, das primeiras discussões sobre o impacto de pesquisas genéticas, dentre outros. A década de 1980 presenciou uma importante discussão levantada por um sindicato de operários que solicitava uma “Declaração dos Direitos sobre a Nova Tecnologia” que exigia algum tipo de controle sobre o processo de trabalho, refletia a problemática laboral surgida do impacto das novas tecnologias da automação sobre a estabilidade no trabalho, a segurança dos trabalhadores e a redução de habilidades necessárias.”

Acreditamos que os movimentos de contestação, que já obtiveram sucessos em diversas circunstâncias ao longo dos anos, certamente continuarão ocorrendo, pois sempre haverá pessoas atentas e dispostas a se manifestarem contra possíveis excessos relacionados às inovações científico-tecnológicas que ponham em risco a saúde humana e o meio ambiente. O

conjunto dessas mobilizações acadêmicas e profissionais da sociedade é chamado de movimento CTS, cujas marcas que o definem envolvem, segundo Chrispino (2009, p.23):

“A preocupação social, por meios organizados, com os impactos econômicos, sociais, ambientais, políticos, éticos e culturais da Ciência e da Tecnologia e a busca de maior participação da Sociedade nas decisões envolvendo Ciência e Tecnologia.”

Infelizmente, nesse contexto, as pessoas envolvidas em movimentos CTS representam uma parcela reduzida da população, tendo em vista que a maioria possui uma percepção equivocada sobre as relações das inovações científico-tecnológicas com a sociedade e o meio ambiente. O entendimento desta parcela da população sobre CT baseia-se no “modelo de desenvolvimento linear”, segundo o qual Vannevar Bush (apud CHRISPINO, 2009, p.14) destaca que:

“Os avanços na ciência, quando colocados no uso prático, significam: mais oportunidades de trabalho; salários mais altos; jornadas mais curtas; colheitas mais abundantes; e tempo mais livre para recreação, para o estudo, para aprender a viver sem o trabalho fatigoso e enfraquecedor que tem sido a carga do homem comum do período passado. Mas para alcançar estes objetivos... o fluxo do conhecimento científico novo deve ser contínuo e significativo.”

Encontramos na literatura autores que apresentam considerações e expressões mais impactantes sobre o entendimento e a postura dessa parcela da população em torno das inovações científico-tecnológicas e suas influências sobre suas vidas e o meio ambiente. Um desses autores é Winner (apud AULER e DELIZOICOV, 2001, p.6), que enfatiza:

“[...] a expressão “sonambulismo tecnológico” para caracterizar o comportamento conformado, a aceitação passiva da sociedade diante da chamada “marcha do progresso”, diante de novos artefatos tecnológicos, sem nenhuma reflexão crítica e em relação aos aspectos positivos e negativos dela decorrentes”.

A expressão “sonambulismo tecnológico” não envolveria o descaso dessas pessoas em relação aos diversos efeitos de tais artefatos sobre o mundo, mas revela a ausência de conhecimento e consciência críticos acerca desses efeitos, pois estas pessoas acabam sendo “levadas a uma suposta modernidade e progresso” como se estivessem realmente “hipnotizadas”. Por outro lado, ao tratar da enorme influência da ciência e da tecnologia em nossas vidas, Japiassu (apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.2) destaca que:

“Como consequência do cientificismo que emerge desse processo, a supervalorização da ciência gerou o mito da salvação da humanidade, ao considerar que todos os problemas humanos podem ser resolvidos cientificamente. Outra consequência é o mito da neutralidade científica.”

Na citação acima, o mito da neutralidade científica refere-se ao entendimento de que a ciência é isenta de influências externas, de modo que suas pesquisas e conclusões incluem somente aspectos “puros” da ciência, com toda a objetividade e isenção dos cientistas de fatores políticos, sociais, econômicos, culturais e sociais que possam interferir em suas pesquisas. Com discurso mais radical do que Japiassu, Thuillier (apud AULER e DELIZOICOV, 2001, p.3) salienta que:

“[...] a ciência é valorizada na sociedade moderna, como instância absoluta, exatamente como Deus é visto na Igreja. Assim como diziam os padres que queimavam hereges na inquisição “não sou eu, é Deus quem o quer”, nossos tecnocratas, ao tomarem decisões, dizem que não são eles os responsáveis, mas a ciência”.

O termo tecnocrata na citação anterior diz respeito aos defensores de que os técnicos e cientistas devem ter liberdade para tomar decisões de caráter científico-tecnológicas sem a participação da sociedade, mesmo considerando que tais decisões possuem dimensões políticas, econômicas, sociais, culturais, ambientais e éticas, além das científicas.

3.2.2. Ensino tradicional X ensino com enfoque CTS

Identificamos ao longo da história de diversos países do mundo, e particularmente do Brasil, que as reformas educacionais refletem mudanças político-econômicas e sócio-culturais em curso nas sociedades. Tais vínculos são ilustrados na Tabela 3.1, na qual Krasilchik (2000) salienta aspectos relevantes relacionados às tendências no ensino. No tocante aos objetivos do ensino no período considerado, percebemos uma mudança no perfil dos grupos atendidos pela educação, passando da meta para formar elites durante a Guerra Fria (décadas de 1950 e 1960), para a pretensão de formar o cidadão-trabalhador-estudante no período da Globalização (desde a década de 1990).

| Tendências no Ensino | Situação Mundial | | | |
|------------------------------------|--|--|--|------|
| | 1950 | 1970 | 1990 | 2000 |
| | Guerra Fria | Guerra Tecnológica | Globalização | |
| Objetivo do Ensino | <ul style="list-style-type: none"> • Formar Elite • Programas Rígidos | <ul style="list-style-type: none"> • Formar Cidadão-trabalhador • Propostas Curriculares Estaduais | <ul style="list-style-type: none"> • Formar Cidadão-trabalhador-estudante • Parâmetros Curriculares Federais | |
| Concepção de Ciência | <ul style="list-style-type: none"> • Atividade Neutra | <ul style="list-style-type: none"> • Evolução Histórica • Pensamento Lógico-crítico | <ul style="list-style-type: none"> • Atividade com Implicações Sociais | |
| Instituições Promotoras de Reforma | <ul style="list-style-type: none"> • Projetos Curriculares • Associações Profissionais | <ul style="list-style-type: none"> • Centros de Ciências, Universidades | <ul style="list-style-type: none"> • Universidades e Associações Profissionais | |
| Modalidades Didáticas Recomendadas | <ul style="list-style-type: none"> • Aulas Práticas | <ul style="list-style-type: none"> • Projetos e Discussões | <ul style="list-style-type: none"> • Jogos: Exercícios no Computador | |

Fonte: Elaboração da autora.

Tabela 3.1: Evolução na situação Mundial, segundo tendências no ensino (1950-2000) (KRASILCHIK, 2000, p.86).

Outro aspecto relevante apontado por Krasilchik na tabela acima é sobre a percepção da utilidade da ciência assumida em diferentes cenários políticos. Nesse sentido, percebemos que ocorreram mudanças significativas no decorrer do período ilustrado, indo desde a concepção de ciência como atividade neutra na época da Guerra Fria, passando pela concepção de evolução histórica da ciência durante a Guerra Tecnológica, chegando até o entendimento de ciência como atividade com implicações sociais, desde o início da Globalização na década de 1990.

No período da Guerra Fria, surgiram nos Estados Unidos e na Inglaterra movimentos de reforma educacional envolvendo profissionais da área científico-tecnológica. O propósito era melhorar a formação de quadros técnicos com o intuito de vencer os desafios demandados pela configuração

político-econômica e sócio-cultural do período. Esses projetos educacionais influenciaram o ensino em diversos países do mundo, como o Brasil, embora não tenham sido bem-sucedidos (MOREIRA, 2000; KRASILCHIK, 2000; SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2005).

Convergem para o insucesso desses projetos educacionais nos Estados Unidos outros fatores relevantes, dos quais destacamos que durante a Guerra Fria a elaboração de material didático para o ensino de ciências nos Estados Unidos visava interesses norte-americanos. Na época, a formação de quadros de técnicos e de pesquisadores atendia principalmente à indústria de armamentos. No caso do Brasil, por um lado, não se pode esquecer que nesse período ocorria a transição do ensino de ciências da elite para a massificação do Ensino Médio, e, por outro, textos norte-americanos e europeus, que visavam alunos bem preparados no Ensino Médio dos países industrializados, começaram a serem traduzidos e adotados nos países emergentes.

Entendemos que a principal razão para o insucesso desses projetos educacionais foi sua inadequada concepção de ciência como atividade neutra vigente na época, a qual serviu de pano de fundo na concepção e elaboração dos seus materiais didáticos. O vínculo entre os materiais didáticos e a concepção de aprendizagem, a qual é perpassada pelo entendimento sobre ciência, é apontado por Krasilchik (2000, p.87), ao destacar que *“as modalidades didáticas usadas no ensino das disciplinas científicas dependem, fundamentalmente, da concepção de aprendizagem de Ciência”*.

Embora possamos identificar atualmente a percepção da ciência como atividade humana com repercussões sócio-ambientais e político-econômicas nos documentos da atual reforma educacional brasileira e em trabalhos e artigos da pesquisa em ensino de Física e áreas afins, ainda prevalece a corrente pedagógica que assume a ciência como atividade isenta de influências externas, conforme destacam Souza Cruz e Zylbersztajn (2005, p.172), ao apontarem que:

“...o conhecimento científico é tratado como neutro, objetivo e essencialmente fatural. Assim, a ciência passa a ser vista como um conhecimento objetivo, abstrato e impessoal: uma racionalidade técnica universal com a propriedade

de ser diretamente aplicável a inúmeras situações. É uma visão de conhecimento como algo generalizável e não problemático.”

As práticas de ensino de Física referentes a essa concepção de ciência são extremamente comuns nas escolas brasileiras, sendo abrangentes e tradicionais. As aulas se reduzem à transmissão do conhecimento do professor para os estudantes, nas quais estes precisam memorizar os conhecimentos apresentados por aquele. Nessas aulas não ocorrem estudos dirigidos nem discussões sobre assuntos do cotidiano dos estudantes e que tenham relevância sócio-cultural. Nesse sentido, Krasilchik (2000, p.87) salienta que:

“A tendência de currículos tradicionalistas ou racionalistas-acadêmicos, apesar de todas as mudanças, ainda prevalecem não só no Brasil, mas também nos sistemas educacionais de países em vários níveis de desenvolvimento. Assumindo que o objetivo dos cursos é basicamente transmitir informação, ao professor cabe apresentar a matéria de forma atualizada e organizada, facilitando a aquisição de conhecimentos. [...]”

Essa prática didática é evidentemente inapropriada frente aos desafios inerentes à sociedade contemporânea, tendo em vista a pressão das inovações científico-tecnológicas influenciando profundamente nossas vidas em diversos aspectos, tais como mudanças sócio-culturais, político-econômicas e ambientais. Conforme discutido anteriormente, a maioria da população desconhece as relações CTS subjacentes aos avanços científico-tecnológicos, de modo que aceitam essas mudanças sem ter condições intelectuais de sequer refletir sobre as mesmas. Nesse cenário, entendemos que a educação formal deve contribuir para alterar esse quadro sócio-cultural. Devem ser proporcionadas aos estudantes situações de ensino para estudo e discussão sobre temas envolvendo as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Ao analisar a situação da maioria dos estudantes, os quais não são bem sucedidos no ensino tradicional de ciências, Aikenhead (2009, p.2) defende o mesmo ponto de vista, ao destacar que:

“Esta grande maioria de estudantes do ensino médio corresponde bem às disciplinas de ciências que promovem utilidade prática, valores humanos, e uma correlação com questões pessoais e sociais, ensinadas com orientação centrada no estudante (melhor do que a orientação centrada no cientista encontrada em disciplinas tradicionais de ciências). Como futuros cidadãos, estes estudantes conviverão com ciência e tecnologia em sua vida diária como estranhos aos profissionais de ciência e tecnologia. A meta da educação científica é desenvolver as capacidades dos estudantes para atuarem como cidadãos responsáveis e conscientes num mundo crescentemente influenciado pela ciência e tecnologia. Desta forma, os estudantes precisarão compreender as interações entre ciência-tecnologia e sua sociedade.” [tradução nossa]

Essa premente necessidade de mudança no paradigma de ensino é devidamente possibilitada pelo ensino com enfoque CTS, que surgiu das repercussões do movimento em defesa do meio ambiente na comunidade de ensino: CTS na educação. Nessa abordagem de ensino, mudam diversos aspectos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, tais como: 1) a concepção de educação para a sociedade; 2) o papel do professor; 3) a escolha dos temas abordados durante as aulas; 4) as estratégias de ensino utilizadas pelo docente; e 5) os objetivos do professor para os estudantes com relação aos assuntos tratados nas aulas. Segundo Membiela (apud CHRISPINO, 2009, p.174),

“...o propósito da educação CTS é promover a Alfabetização Tecnocientífica, de maneira que se capacite os cidadãos a participarem do processo democrático de tomada de decisão e se promova a ação cidadã voltada para a resolução de problemas relacionados com a Ciência e com a Tecnologia. [...]”

Existem na literatura outras designações que seriam sinônimos para alfabetização tecnocientífica; o que não se altera, no entanto, são os conceitos fundamentais a serem desenvolvidos durante as aulas para promovê-la. Embora possa parecer utopia, o propósito educacional enunciado na citação acima, da participação dos cidadãos no processo democrático de tomada de decisão envolvendo ciência e tecnologia, é uma realidade em diversos países do mundo, como também nas regiões mais avançadas do Brasil.

Ainda no tocante ao ensino com enfoque CTS, encontramos outros autores que apresentam suas metas utilizando outras palavras, porém, Santos e Mortimer (2002, p.5) fazem-no incorporando as posições de vários autores, ao salientarem que:

“O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos e habilidades, valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.”

No ensino com enfoque CTS, é relevante a compreensão dos conceitos científicos pelos estudantes; esse aspecto representa um dos fundamentais na composição da estrutura conceitual dos cursos CTS. Nesse contexto, Bybee (apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.6) aponta de forma resumida que *“a estrutura conceitual dos cursos CTS,..., é composta pelos seguintes temas: conceitos científicos e tecnológicos, processos de investigação e interações entre ciência, tecnologia e sociedade.”*

As interações entre ciência, tecnologia e sociedade envolvem as possíveis influências recíprocas dentro da tríade CTS. Não será possível abordar nessa dissertação todas as inter-relações que ocorrem entre os setores do conjunto CTS. Por serem complexas, apresentamos a seguir uma tabela de caráter conceitual indicando os aspectos CTS relevantes para a construção de uma alfabetização tecnocientífica.

| ASPECTOS CTS | ESCLARECIMENTOS |
|--|--|
| NATUREZA DA CIÊNCIA | Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social. |
| NATUREZA DA TECNOLOGIA | Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia. |
| NATUREZA DA SOCIEDADE | A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas. |
| EFEITO DA CIÊNCIA SOBRE A TECNOLOGIA | A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas. |
| EFEITO DA TECNOLOGIA SOBRE A SOCIEDADE | A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo. |
| EFEITO DA SOCIEDADE SOBRE A CIÊNCIA | Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica. |
| EFEITO DA CIÊNCIA SOBRE A SOCIEDADE | Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas. |
| EFEITO DA SOCIEDADE SOBRE A TECNOLOGIA | Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas. |
| EFEITO DA TECNOLOGIA SOBRE A CIÊNCIA | A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos. |

Tabela 3.2: Aspectos CTS que devem ser considerados no processo de alfabetização tecnocientífica mediante a abordagem CTS, segundo Santos e Schnetzler (apud CHRISPINO, 2009, p.119).

Além dos vínculos de influências mútuas nas relações CTS, encontramos na Tabela 3.2 considerações oportunas sobre a natureza da ciência, da tecnologia e da sociedade. Embora sejam considerações importantes para compreensão das relações CTS, devemos destacar que as mesmas são amplas e complexas demais para serem analisadas detalhadamente. Optamos pela reprodução do quadro acima face à abrangência e facilidade de sua compreensão. Esse quadro poderia ser utilizado como base para discussões envolvendo as interações CTS.

3.2.3. Atividades didáticas com enfoque CTS

No tocante ao ensino com enfoque CTS, encontramos na literatura fatores que dificultam sua implementação pelos professores (AULER e DELIZOICOV, 1999; SANTOS e BEMFEITO, 2010; SILVA e CARVALHO, 2009), tais como: 1) a falta de tempo devido à necessidade de cumprir todo o conteúdo curricular, tendo em vista o ENEM e os exames de vestibular ainda existentes; 2) o esvaziamento quantitativo de conceitos físicos na abordagem de temas com caráter CTS; 3) a formação acadêmico-profissional tradicional

dos professores, na qual não são contempladas atividades interdisciplinares; e 4) a dificuldade de compreensão da relevância de atividades que visam contribuir com a formação da cidadania. Além dos *contra-argumentos* que apresentamos até então ao longo desta dissertação, destacamos que uma revisão de trabalhos sobre a atuação profissional de graduados em ciências e reunidas e publicadas por Aikenhead (2009, p.5) apontou que:

“...o conteúdo de ciência canônica usado por graduados em ciência no local de trabalho foi tão específico que ele precisou ser aprendido no trabalho, e que o conteúdo de ciência do ensino médio e da universidade foi raramente utilizado. Por outro lado, ...dados sugeriram que a compreensão de procedimentos (isto é, o raciocínio diretamente relacionado às tarefas de como fazer ciência) foram essenciais através da maioria das carreiras relacionadas à ciência. [...] Uma perspectiva CTS é pertinente aqui, pois os trabalhadores estão preocupados com a compreensão vigente de conceitos de evidência e sobre os julgamentos de valor usados ao lidar com implicações sociais, por exemplo: A evidência científica é boa o suficiente para justificar a ação industrial e social proposta? [...]” [tradução nossa]

A concepção das atividades didáticas em ensino de ciências é, por vezes, construída tendo em vista as potenciais ocupações que nossos estudantes terão no futuro. Nesse sentido, as citações apresentadas acima indicam que até mesmo entre aqueles estudantes que não pretendem seguir as carreiras científico-tecnológicas a opção pelas atividades didáticas com enfoque CTS contribuirão mais do que aquelas pautadas no ensino tradicional.

Embora a educação CTS seja um campo de estudo e pesquisa em ensino ainda em consolidação no Brasil (CHRISPINO, 2009), os grupos que trabalham nesta linha de pesquisa têm contribuído bastante para seu estabelecimento com solidez na educação brasileira. Para tal, esses grupos e autores independentes têm apresentado em eventos de ensino e publicado em revistas *online* da área trabalhos que possuem caráter acadêmico ou que relatam atividades didáticas aplicadas em escolas ou, então, propostas de ensino. Nesse contexto, Santos e Mortimer (apud VIANNA, 2009, p.139) destacam que *“encontramos iniciativas que vão desde a elaboração de materiais didáticos até projetos curriculares que se apoiam no enfoque CTS.”*

As estratégias de ensino com enfoque CTS abordam diversos temas de relevância social, os quais além de possuírem aberturas diferenciadas dos aspectos CTS em relação aos conteúdos estritamente científicos, incluem estratégias múltiplas para suas abordagens durante as aulas. As peculiaridades dessas estratégias são apontadas por Souza Cruz e Zylbersztajn (2005, p.189), ao destacarem que:

“O enfoque CTS é bastante multifacetado, no que diz respeito a estratégias de ensino. Por um lado, existe entre seus proponentes uma razoável concordância sobre a importância de se estabelecerem alterações de ordem metodológica que favoreçam abordagens interdisciplinares e interativas, paralelamente às mudanças relativas aos objetivos da educação científica. Por outro lado, isso tem levado a uma diversidade de estratégias de ensino, refletindo o fato de que CTS não deve ser confundido com um método particular de ensino.”

As autoras destacam a relevância de suas metodologias de ensino, as quais devem possibilitar a abordagem interdisciplinar dos temas e o diálogo entre professor-aluno e aluno-aluno. Quanto às estratégias de ensino que podem ser adotadas, temos segundo Hofstein et al. (apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.13) *“palestras, demonstrações, sessões de discussão, solução de problemas, jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas a autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária.”*

Outro aspecto salientado anteriormente sobre a educação CTS e que merece destaque é a variedade de temas. Esses temas, que requerem relevância social, são geralmente escolhidos por terem uma importância que transcende aspectos nacionais, regionais ou locais, ou seja, são considerados relevantes universalmente do ponto de vista educacional. Eles são denominados temas globais, sendo defendidos por Merryfield (apud SANTOS e MORTIMER, 2002).

A utilização dos temas globais incorre claramente no risco de inadequadas receptividades pelos estudantes, tendo em vista que alguns temas globais podem não representarem assuntos importantes para suas vidas, de modo que acabam se mostrando indiferentes, ou seja, acabam não

sendo socialmente relevantes para os estudantes. No entanto, Santos e Mortimer (2002, p.11) apresentam temas passíveis de abordagem no contexto brasileiro, tais como:

“exploração mineral e desenvolvimento científico e social [...]; ...ocupação humana e poluição ambiental, na qual seriam discutidos os problemas de ocupação desordenada nos grandes centros urbanos, o saneamento básico, a poluição da atmosfera e dos rios, a saúde pública [...]; ...o destino do lixo e o impacto sobre o ambiente[...]; ...as fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos; ... a preservação ambiental, as políticas de meio ambiente, o desmatamento [...].”

Consideramos um avanço Santos e Mortimer apontarem temas CTS relevantes no Brasil, pois envolvem assuntos mais próximos dos estudantes e que afetam direta ou indiretamente suas vidas.

As atividades didáticas baseadas no enfoque CTS variam muito segundo a centralidade dada às interações CTS em relação aos conteúdos científicos abordados tradicionalmente nas aulas de ciências (SANTOS e MORTIMER, 2002, p.15). Desse modo, a fim de situar a presente proposta de ensino dentro do enfoque CTS, existem na literatura vários autores apontando formas de classificação dessas propostas (CHISPINO, 2009). Aikenhead (apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.15-16) apresenta uma classificação abrangente, na qual:

“a diferença entre as categorias para agrupar os cursos é função da prioridade que tem sido atribuída para cada um dos objetivos gerais de CTS e da proporção entre o conteúdo de CTS e o conteúdo puro de ciências”. Ademais, de acordo com a escala empregada no quadro abaixo, “... a categoria 1 corresponderia a 0% de avaliação de conteúdos CTS e a categoria 8 a 100%.”

A Tabela 3.3 abaixo, sobre as categorias de ensino com enfoque CTS de Aikenhead (ibid), não será comentada a seguir na sua totalidade, entretanto, as caracterizações das possíveis abordagens CTS são pertinentes para os propósitos da presente dissertação.

| Categorias | Descrição | Exemplos |
|--|--|--|
| 1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação. | Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes. | <i>O que muitos professores fazem para "dourar a pílula" de cursos puramente conceituais</i> |
| 2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores. | <i>Science and Technology in Society (SATIS, UK), Consumer Science (EUA), Values in School Science (EUA).</i> |
| 3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores. | <i>Havard Project Physics (EUA), Science and Social Issues (EUA), Nelson Chemistry (Canadá), Interactive Teaching Units for Chemistry (UK), Science, Technology and Society, Block J. (EUA). Three SATIS 16-19 modules (What is Science? What is Technology? How Does Society decide? – UK).</i> |
| 4. Disciplina científica | Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de | <i>ChemCon (EUA), os módulos holandeses de física como Light Sources</i> |

| | | |
|---|---|---|
| (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo CTS | ciências e a sua seqüência, mas e a seleção do conteúdo científico é feita a partir de uma disciplina. A lista dos tópicos de científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente. | <i>and Ionizing Radiation</i> (Holanda: PLON), <i>Science and Society Teaching units</i> (Canadá), <i>Chemical Education for Public Understanding</i> (EUA), <i>Science Teachers' Association of victoria Physics Series</i> (Austrália). |
| 5. Ciências por meio de conteúdo CTS | CTS organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências. | <i>Logical Reasoning in Science and Technology</i> (Canadá), <i>Modular STS</i> (EUA), <i>Global Science</i> (EUA), <i>Dutch Environmental Project</i> (Holanda), <i>Salters' Science Project</i> (UK) |
| 6. Ciências com conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem. | <i>Exploring the Nature of Science</i> (Ing.) <i>Society Environment and Energy Development Studies (SEEDS) modules</i> (EUA), <i>Science and Technology 11</i> (Canadá) |
| 7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência. | <i>Studies in a Social Context (SISCON) in Schools</i> (UK), <i>Modular Courses in Technology</i> (UK), <i>Science A Way of Knowing</i> (Canadá), <i>Science Technology and Society</i> (Austrália), <i>Creative Role Playing Exercises in Science and Technology</i> (EUA), <i>Issues for Today</i> (Canadá), <i>Interactions in Science and Society – videos</i> (EUA), <i>Perspectives in Science</i> (Canadá) |
| 8. Conteúdo de CTS | Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências. | <i>Science and Society</i> (UK.), <i>Innovations: The Social Consequencies of Science and Technology</i> program (EUA), <i>Preparing for Tomorrow's World</i> (EUA), <i>Values and Biology</i> (EUA). |

Tabela 3.3: Categorias de ensino com enfoque CTS, segundo Aikenhead (ibid).

Uma breve inspeção das categorias relacionadas na Tabela 3.3 revela que a categoria 1 é do professor que expõe os assuntos de ciências de forma tradicional, mas utilizando breves comentários sobre os temas CTS. Ou seja, nessa categoria os conteúdos puros de ciências são priorizados a fim de estabelecer vínculos com os assuntos de caráter CTS. Em contrapartida, a categoria 8 é justamente o inverso da 1, na medida em que prioriza quase absolutamente os problemas científico-tecnológicos no contexto da sociedade.

Nas categorias intermediárias, as preocupações com os temas CTS aumentam em ordem crescente de numeração.

A abertura destinada à discussão dos aspectos CTS em relação aos conceitos científicos é um dos fatores mais relevantes na fundamentação da elaboração das categorias das atividades de ensino com enfoque CTS. Sua importância se encontra no fato de que este aspecto varia muito de uma atividade CTS para outra.

Chripino (2009), Santos e Mortimer (2002) e Vianna (2009) apresentam outras categorias de ensino CTS, de modo que possamos situar cada atividade dentro da educação CTS, tendo em vista o espaço do conteúdo CTS relativamente ao científico. Anteriormente, apresentamos e discutimos a classificação de Aikenhead (apud SANTOS e MORTIMER, 2002), para a qual o próprio Aikenhead (ibid, p.16-17) destaca que *“as categorias de 3 a 6 são as que representam a visão mais comumente citada na literatura”*, ao passo que, de acordo com Santos e Mortimer (2002, p.17), *“currículos nas categorias 6 e 7 poderiam ser propostos dentro da atual reforma do ensino médio, na tentativa de se buscar a interdisciplinaridade na área de ciências da natureza e suas tecnologias. [...]”* Discordamos parcialmente do ponto de vista de Santos e Mortimer, pois já a partir da categoria 5 a ênfase passa aos temas CTS, que se tornam os norteadores dos conteúdos científicos, tal como é apregoadado pelos temas estruturadores dos PCN+ (BRASIL, 2002).

Nesse momento, consideramos relevante retomar e discutir os objetivos do ensino com enfoque CTS, sobretudo no contexto brasileiro. A partir do estudo dos pressupostos CTS no Brasil, Auler (apud CHRISPINO, 2009, p.186) aponta que os objetivos da educação CTS envolvem:

“promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais; discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT); adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico; e formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual.”

Conforme destacado anteriormente, estes objetivos educacionais para o ensino CTS serão contemplados na proposta de ensino desta dissertação, no entanto, reafirmamos que os mesmos somente começarão a ser efetivamente construídos se as discussões CTS nas aulas de ciências, e se possível nas disciplinas das diversas áreas do conhecimento escolar, forem realizadas recorrentemente ao longo do ano letivo, preferencialmente durante todo o Ensino Médio. Então, nossa proposta de ensino com enfoque CTS representa uma contribuição pontual face ao desafio de se promover a alfabetização tecnocientífica, para o qual precisa colaborar um conjunto de outras iniciativas didáticas que se alinham com os objetivos educacionais da proposta desta dissertação (ver Seção 4.1).

Apesar de termos apresentado e comentado (ver Capítulo 2) sobre uma amostragem de materiais bibliográficos que visam estabelecer aproximações entre temas ambientais e as aulas de Física, para ilustrar a diversidade brasileira de atividades de ensino com enfoque CTS apresentaremos brevemente os aspectos envolvidos em uma amostra que prioriza sua abordagem em sala de aula e leva em conta a grade curricular de Física no Ensino Médio. Dessa forma, estamos contemplando atividades de ensino alinhadas com a mesma abordagem que norteou a elaboração da proposta desta dissertação.

Vianna et al. (2008) apresenta propostas de ensino CTS que utilizam a metodologia investigativa para abordar os temas CTS em sala de aula. Para tal, os temas são abordados mediante textos de história da Física, de conceitos científicos e de discussões CTS, além de letras de música e vídeos de caráter CTS e experimentos científicos. As atividades dentro de cada proposta estão distribuídas nas unidades didáticas. Os temas são os seguintes: 1) Produção e Consumo de Energia Elétrica; 2) A Física e a Sociedade na TV; 3) Levitação Eletrodinâmica: Uma Discussão para a Melhoria da Qualidade do Ar; e 4) Raios X para o Ensino Médio.

Watanabe e Kawamura (2006) propõem a abordagem temática para tratar a questão da água, tendo como pano de fundo os conteúdos do livro didático do Ensino Médio e a grade curricular vigente. Essa proposta, que possui três momentos, inicia-se pela identificação da abrangência do tema, o que pode incluir outras disciplinas e áreas de conhecimento, além da Física.

Então, é necessário estabelecer a estrutura conceitual da Física relacionada ao tema, já que embora Watanabe e Kawamura saibam do caráter interdisciplinar da temática água, optaram pela proposição de uma abordagem disciplinar. O último momento consiste na articulação entre os dois momentos anteriores, levando em conta os objetivos educacionais pretendidos com a atividade.

Souza Cruz e Zylbersztajn (2005) apresentam a abordagem da ACE, na qual a escolha do evento CTS é crucial, pois o mesmo precisa mobilizar os estudantes intelectual e emocionalmente. O tema CTS norteará os conceitos científicos que serão abordados durante as aulas, as quais, por sua vez, não consistem de aulas tradicionais, mas sim de atividades contidas nos módulos. As autoras ilustram essa abordagem discutindo dois módulos sobre tecnologia nuclear, um tema de preocupação e interesse de muitas pessoas.

Angotti, Bastos e Mion (2001) consideram em sua proposta de ensino a relevância de se abordar os equipamentos tecnológicos mediante a discussão do seu funcionamento e dos conceitos científicos pertinentes, mas também de aspectos CTS subjacentes aos mesmos. Dessa forma, os autores propõem transformar equipamentos tecnológicos em equipamentos geradores de estudo, reflexão e crítica. Essa proposta didática insere-se nas aulas regulares de Física, tratando aparelhos, tais como ventilador, liquidificador e bicicleta, como equipamentos geradores de libertação dos estudantes acerca de questões de caráter CTS que se encontram ocultas. Nesse sentido, Angotti, Bastos e Mion defendem um programa de investigação-ação para esses temas nas aulas de Física.

Apesar de considerarmos relevantes os temas dos trabalhos anteriores, optamos nos exemplos ilustrativos da proposta de ensino desta dissertação por utilizar tópicos mais próximos dos estudantes do Ensino Médio, envolvendo problemas ambientais existentes em grandes centros urbanos brasileiros. Esses problemas são considerados temas CTS, já que sua compreensão ampla envolve aspectos das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Dessa forma, reduzimos a possibilidade de que os temas ambientais escolhidos não tenham boa receptividade pelos estudantes, já que fazem parte de questões que estes vivenciam, mesmo que, por vezes, inconscientemente. Sobre tal aspecto, Watanabe e Kawamura (2006, p.10-11) destacam que “[...] parece-nos... que discussões que partem de problemas sociais locais

contribuem para trabalhos mais envolventes, onde os alunos buscam explicações e soluções para determinados problemas [...].” Essa opção por temas CTS mais próximos dos estudantes é recomendada por diversos autores (BYRNE e JOHNSTONE, HEATH, e LAETER e LUNETTA apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.13), que os designam estudos de caso, os quais envolvem “*problemas reais da sociedade*”.

Finalmente, destacamos que infelizmente não podemos sob certos aspectos ter expectativas muito promissoras da inserção de temas ambientais nas aulas do Ensino Médio por muitos professores de Física. Para tal, precisamos levar em conta diversos fatores pertinentes, alguns dos quais já foram salientados anteriormente, que dificultam a abordagem de ensino sobre as questões ambientais, a saber: 1) a desfavorável realidade social dos estudantes; 2) a formação deficiente dos professores; 3) a desvalorização financeira do trabalho docente; e 4) o desinteresse de professores e estudantes pela preservação ambiental.

3.2.4. Caracterização do enfoque CTS na presente proposta de ensino

Conforme destacado anteriormente, os problemas ambientais que ilustram aplicações da proposta de ensino desta dissertação surgiram da identificação pelo autor de problemas ambientais presentes na escola pública da rede estadual do Rio de Janeiro onde leciona Física no Ensino Médio. Nesse sentido, tivemos que optar por apenas três, que além de se integrarem à grade curricular vigente na rede estadual (SEEDUC, 2010), provavelmente mobilizarão os estudantes intelectual e emocionalmente, já que envolvem problemas ambientais com os quais são obrigados a conviver e que, infelizmente, não são contemplados pelos professores desta escola, particularmente, pelos de Física.

As questões ambientais da escola e de centros urbanos brasileiros que nortearão os exemplos de utilização da proposta de ensino são as seguintes: 1) temperaturas elevadas e as mudanças climáticas globais; 2) altos níveis sonoros nas grandes cidades; e 3) incidência extrema de radiação ultravioleta e saúde humana. Esses problemas ambientais, assim como outros encontrados em diferentes situações e contextos da escola, são temas CTS.

Atualmente, a formação para a cidadania passa, na educação formal, impreterivelmente pela abordagem de problemas ambientais que afetam direta ou indiretamente e de diversas formas e intensidades a vida das pessoas. No entanto, lamentavelmente a população geralmente não possui conhecimento suficiente sobre tais problemas e respectivos impactos em suas vidas e na sociedade, tendo em vista que as abordagens das questões ambientais na educação formal ainda são tímidas e restritas em relação ao número de disciplinas envolvidas e à compreensão plena dos temas (SANTOS e SOUZA BARROS, 2010).

Essa proposta foi concebida e elaborada a partir de conceitos e aspectos que consideramos fundamentais para sua favorável receptividade pelos professores de Física, tal como sua articulação com a grade curricular do Ensino Médio, e pelos estudantes, levando em conta o seu envolvimento intelectual e a construção da alfabetização científico-tecnológica. Quanto à referida alfabetização dos alunos, serão considerados não somente objetivos apregoados nos textos da legislação educacional brasileira (BRASIL, 1999 e 2002), mas também os pertinentes à abordagem e metodologia utilizadas na proposta e apresentadas em trabalhos voltados para o ensino de Física e de Ciências Naturais, destacadamente os que tratam do ensino com enfoque CTS.

A proposta geral de ensino deste trabalho inclui diversos recursos didáticos: vídeos instrucionais; texto de apoio didático; atividade experimental; questionários; e relatório experimental. A ideia de produzir essa proposta e materializá-la em três problemas ambientais decorreu de dois aspectos básicos, a saber: 1) o tempo restrito que os professores dispõem para planejamento de aulas e elaboração de materiais didáticos, devido a suas condições salariais que os obrigam a trabalharem em várias escolas; e 2) a qualidade inadequada de textos impressos e disponíveis online sobre as questões ambientais, tal como destacam Santos e Souza Barros (2010) em sua análise do fenômeno do Aquecimento Global em livros didáticos de Física do Ensino Médio. Nesse sentido, estes autores apresentaram outro trabalho (SANTOS e SOUZA BARROS, 2011) sobre as questões ambientais no ensino de Física, o qual se alinha com a ideia desta proposta de ensino, apresentando, inclusive, como anexo um texto de apoio aos docentes de Física que trata introdutoriamente de algumas questões ambientais contemporâneas.

A proposta de ensino deste trabalho, que consiste de atividade didática com enfoque CTS, situa-se na categoria 3 de Aikenhead (apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p.15-16), na medida em que pretende compor um grupo de atividades com tal enfoque, mas de ênfase ambiental. Nesse sentido, inicialmente ocorre a aplicação da proposta geral de ensino sobre algum problema ambiental, dos quais apresentamos três exemplos ilustrativos, para, então, termos as aulas expositivas de Física orientadas pela grade curricular vigente (SEEDUC, 2010). Essa opção pretende permitir que os estudantes do Ensino Médio adquiram sentido e compreensões relevantes para as aulas expositivas sobre os assuntos pertinentes no currículo.

Na próxima seção, serão feitas considerações sobre os textos de apoio didático, os vídeos instrucionais e as avaliações da proposta de ensino.

3.3. Considerações sobre as ferramentas didáticas e as avaliações neste trabalho

A escolha das ferramentas didáticas da proposta de ensino desta dissertação almejou contemplar diversas formas de aprendizagem, tais como imagens e sons, leituras, medições experimentais e diálogos, aliadas à contextualização, à interdisciplinaridade e às relações CTS defendidas nos documentos da legislação educacional brasileira e em trabalhos de pesquisa em ensino de Física e educação em Ciências Naturais. Nesse sentido, são levantados inicialmente aspectos iniciais, para, então, realizarmos considerações sobre os vídeos instrucionais, os textos de apoio didático, as atividades experimentais com caráter de laboratório aberto e, finalmente, as avaliações da proposta de ensino deste trabalho.

3.3.1. Aspectos iniciais

No Brasil, existem diversos grupos de pesquisa em ensino de Física dedicados à concepção e elaboração de materiais didáticos com enfoque CTS, visando sua utilização nas escolas da educação básica, tais como o PROENFIS da UFRJ e o LaPEF da USP. Esses materiais resultam geralmente de trabalhos de final de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Nesse sentido, quanto às estratégias de ensino com enfoque CTS, Vianna (2009, p.139) salienta que:

“... são realizadas a fim de promover a motivação e o diálogo nas aulas de ciências, no sentido de tornar o conteúdo ministrado mais próximo da realidade do aluno e fazê-lo perceber a importância desse conteúdo em sua vida e no desenvolvimento científico e social [...]”

Nesta citação, Vianna destaca a importância da motivação e do diálogo durante as aulas de ciências, além de seus vínculos com as relações CTS. A motivação apontada por Vianna indica sua preocupação com a relevância dos temas de ciências para a vida dos estudantes. Esse cuidado é muito importante, já que os temas tratados nas aulas de ciências na educação básica geralmente não são relevantes socialmente, de modo que os alunos mostrassem-se indiferentes e desestimulados a estudá-los. Para evitar este e outros problemas educacionais, existem na literatura autores propondo critérios de avaliação social dos temas escolhidos, tais como Ramsey (apud SANTOS e MORTIMER, 2002) e Hickman et al. (apud CHRISPINO, 2009), nos quais não nos deteremos neste trabalho.

Quanto à relevância do diálogo apontado por Vianna, o docente precisa atentar para esse aspecto, já que é fundamental para a promoção da alfabetização científica dos estudantes e a construção de um ambiente de sala de aula favorável às discussões de caráter CTS. Nesse sentido, ressaltamos dois aspectos essenciais relativos às atividades de ensino com enfoque CTS: 1) o falar e o escrever ciência durante as aulas; e 2) estratégias de ensino que promovam o envolvimento dos estudantes.

As ferramentas didáticas presentes neste trabalho foram escolhidas, tendo em vista a motivação e o diálogo entre os alunos do Ensino Médio, além dos aspectos salientados no início da Seção 3.3. Apresentamos a seguir considerações relativas aos vídeos instrucionais da proposta de ensino.

3.3.2. Vídeos instrucionais

Os vídeos instrucionais são apresentados na literatura sobre o ensino com enfoque CTS (SANTOS e MORTIMER, 2002 e 2009; VIANNA, 2009), que inclui os temas ambientais, como relevante ferramenta didática para o professor em sala de aula. Inclusive, o trabalho de pesquisa em ensino de Santos e Mortimer (2009) destacaram que o vídeo com caráter sócio-científico utilizado na escola se revelou um valioso material instrucional no Ensino Médio.

No caso dos exemplos de problemas ambientais relativos à proposta de ensino desta dissertação, os vídeos instrucionais foram obtidos no *Youtube* e representam recursos didáticos que poderão mobilizar interesse e reflexões dos estudantes mediante sons e imagens vinculados a eventos ambientais vivenciados direta ou indiretamente pelos mesmos. A escolha dos vídeos da proposta de ensino é norteadada pelos três eixos a seguir: 1) as relações CTS; 2) os conhecimentos da Física vinculados aos problemas ambientais; e 3) A contextualização dos problemas ambientais na realidade da escola pública estadual onde o autor leciona Física no Ensino Médio. Esses aspectos serão sistematizados nas seções do capítulo seguinte destinadas a cada um dos três exemplos de problemas ambientais que materializam a proposta de ensino deste trabalho. Ademais, a escolha dos vídeos levou em conta o rigor científico e a linguagem apropriada para o Ensino Médio.

Destacamos que os professores e estudantes podem encontrar no *Youtube* e no site do INPE (neste caso, exceto para a poluição sonora) outros vídeos que podem ser utilizados para complementar a compreensão dos assuntos abordados em cada problema ambiental apresentado nesta dissertação.

A estratégia didática para utilização dos vídeos instrucionais envolve a construção de ideais e reflexões entre professor e alunos a partir dos aspectos levantados no decorrer dos mesmos. Salientamos que a descrição dos dois vídeos de cada um dos três problemas ambientais ilustrados neste trabalho ocorrerá nas Seções 4.4, 4.5 e 4.6, utilizando itens similares aos adotados por Carvalho et al. (1999) na apresentação dos filmes.

São realizadas a seguir considerações acerca dos textos de apoio didático desta dissertação.

3.3.3. Textos de apoio didático

A escassez de materiais didáticos de qualidade científica e educacional satisfatórias sobre temas ambientais no âmbito da Física do Ensino Médio, conforme destacam Santos e Souza Barros (2010) para o aquecimento global nos livros didáticos, suscitou-nos o objetivo de elaborarmos textos de apoio didático sobre tais assuntos. No entanto, sabemos que essa opção se defronta com: 1) a existência de trabalhos relativos à produção de materiais didáticos com enfoque CTS (VIANNA et al., 2008) que utilizaram (por vezes, com adaptações) materiais instrucionais (textos, reportagens, gráficos, tabelas, entre outros) disponibilizados na *internet*; e 2) os artigos encontrados destacando obstáculos do ensino com enfoque CTS vinculados ao professor, dos quais salientamos sua formação profissional inicial de caráter unicamente disciplinar e as dificuldades para elaboração de materiais instrucionais com enfoque CTS para a sala de aula (AULER e DELIZOICOV, 1999; SANTOS e BEMFEITO, 2010; SILVA e CARVALHO, 2009).

No tocante aos problemas ambientais utilizados como exemplos nesta dissertação (temperatura e mudanças climáticas; poluição sonora; e radiações UV), não dispomos na literatura e em *sites* de textos específicos para o Ensino Médio, mas somente para o público em geral, como é o caso do INPE, para as mudanças climáticas e a radiação ultravioleta. Inclusive, aproveitamos para recomendar que os textos disponíveis no *site* do INPE sejam utilizados para complementar os textos de apoio didático desta dissertação, permitindo que o professor de Física esteja melhor preparado para ensinar cada problema ambiental e esclarecer eventuais dúvidas dos alunos do Ensino Médio.

Salientamos inicialmente que os textos de apoio didático são introdutórios, curtos e não possuem um caráter *final*, pois poderão ser atualizados após sua aplicação em sala de aula. Ou seja, os textos de apoio na forma atual são apenas propositivos, de modo que no futuro poderão ser *aprimorados*, tendo em vista as dificuldades de compreensão e aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio. Destacamos que esses textos foram elaborados a partir das

leituras dos livros, artigos e trabalhos pertinentes a cada problema ambiental e presentes nas referências desta dissertação, além dos livros didáticos listados como *livros consultados* após as referências bibliográficas.

A concepção e elaboração de cada texto de apoio didático foram norteadas seguindo os mesmos três eixos que orientaram a escolha dos vídeos instrucionais relativos aos problemas ambientais presentes neste trabalho (ver subseção anterior).

A estratégia didática para os textos de apoio didático é similar à utilizada com textos históricos em sala de aula publicadas em CARVALHO et al. (1999). Dessa forma, permitimos que os estudantes reflitam e discutam entre si em pequenos grupos (no nosso caso, em dupla), e, então, em grupos maiores (que será a turma), assuntos com relevância sócio-ambiental na atualidade. A construção e consolidação bem-sucedidas deste ambiente de aprendizagem inovador em sala de aula dependem de mudanças na postura do professor e dos alunos, pois enquanto estes contarão com situações adequadas para compartilhar suas ideias, aqueles atuarão como instigadores e mediadores deste processo de construção do conhecimento pelos estudantes (CARVALHO et al., 1999).

Apresentamos a seguir fatores relativos às atividades experimentais da proposta de ensino desta dissertação.

3.3.4. Atividades experimentais com caráter de laboratório aberto

Além de se relacionar à relevância do tema para os alunos, conforme já abordado, o envolvimento dos estudantes nas atividades didáticas depende igualmente das estratégias de ensino utilizadas pelo docente em suas aulas ou atividades. Isto porque os professores utilizam geralmente estratégias de ensino muito rígidas e pré-determinadas, de modo que os estudantes não possuem liberdade para pensar e discutir aspectos científicos ou procedimentais envolvidos na atividade ou na aula, tanta teórica quanto experimental. No contexto das atividades de laboratório escolar, Borges (2002, p.12) defende que:

“[...] o importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento. [...]”

Borges critica as atividades típicas de laboratório escolar, que acabam fazendo com que os estudantes fiquem tão desestimulados quanto com as aulas teóricas tradicionais. Este autor propõe uma nova compreensão das atividades de ensino, na medida em que aponta, por exemplo, que estas podem ser puramente de pensamento. Nesse sentido, quanto às aulas de laboratório, Millar (apud BORGES, 2002, p.20) apresenta as técnicas de investigação, que *“[...] são ferramentas importantes e úteis para qualquer cidadão e relacionam-se com a obtenção de conhecimento e a sua comunicação [...]”* Essas técnicas de investigação incluem as atividades demonstrativas investigativas, o laboratório aberto e os problemas e questões abertas, nas quais o professor assume uma posição de questionador e mediador entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os científicos.

Com o intuito de categorizar as atividades investigativas de laboratórios de ciências frente ao nível de abertura que os estudantes dispõem, Tamir (apud BORGES, 2002, p.23) apresenta abaixo a Tabela 3.4, na qual apresenta quatro níveis de investigação. Essa categorização inclui desde o nível 0, referente ao laboratório tipicamente tradicional, em que os problemas, procedimentos e conclusões estão previamente determinados, até o nível 4, no qual os estudantes precisam construir os problemas, elaborar os procedimentos e obter as conclusões.

| Nível de Investigação | Problemas | Procedimentos | Conclusões |
|-----------------------|-----------|---------------|------------|
| Nível 0 | Dados | Dados | Dados |
| Nível 1 | Dados | Dados | Em aberto |
| Nível 2 | Dados | Em aberto | Em aberto |
| Nível 3 | Em aberto | Em aberto | Em aberto |

Tabela 3.4 – Níveis de investigação no laboratório de ciências.

Essas categorias foram relevantes para a concepção da proposta de ensino desta dissertação, quando da elaboração dos fundamentos da sua atividade experimental. Nesse contexto, precisamos abordar mais

especificamente o laboratório aberto, que, segundo Carvalho et al. (1999, p.13), “*é um tipo de laboratório em que o aluno participa ativamente de todas as etapas, desde a elaboração de hipóteses, até a elaboração da conclusão, junto com o professor. [...]*”

Carrasco (apud CARVALHO et al., 1999, p.69) defende que “*as aulas de laboratório devem ser essencialmente investigações experimentais por meio das quais se pretende resolver um problema.[...]*”

Além de defender a participação ativa dos estudantes, Carvalho et al. (1999) apontam a relevância educacional de todo o processo de resolução do problema, diferentemente do laboratório tradicional, em que o único objetivo é a verificação experimental de uma lei ou teoria Física, ou, então, a obtenção de certo valor para algum parâmetro ou grandeza Física, enfim, o foco é o resultado final. Nesse contexto, Carvalho et al. (apud CARVALHO et al., 1999, p.44) enfatizam que:

“... além do conhecimento adquirido neste processo (que seriam de fatos e conceitos), há a aprendizagem de outros conteúdos, sendo eles: os procedimentos e também as atitudes, os valores e as normas sem os quais os primeiros – os fatos, conceitos e procedimentos – não seriam aprendidos”.

O laboratório aberto contempla objetivos educacionais mais amplos e significativos do que os do tradicional, embora saibamos que alguns deles não podem facilmente avaliados. Os objetivos pedagógicos do laboratório aberto destacados por Tamir (apud CARVALHO et al., 1999, p.70) envolvem:

“habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar; conceitos – por exemplo: hipótese, modelo teórico,...; habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problema,...; compreensão da natureza da ciência – empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham,..., inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas; atitudes – por exemplo: curiosidade, interesse,..., responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.”

Dentre os objetivos apontados acima por Tamir, habilidades e atitudes precisam ser contempladas nas avaliações dos estudantes, embora tenhamos

consciência de que não são aspectos geralmente levados em conta nos instrumentos avaliativos dos professores, que habitualmente incluem apenas provas com questões sobre os assuntos abordados nas aulas.

Os problemas ambientais ilustrados nesta dissertação incluem atividades experimentais que possuem um caráter de laboratório aberto, pois estabelecem discussões e construção de soluções para problemas propostos frente ao tema em discussão na atividade didática. Nesse sentido, e considerando a categorização de Borges (ver Tabela 3.4) para nível de investigação no laboratório de ciências, podemos situar a atividade experimental da proposta de ensino deste trabalho no nível 1, tendo em vista que os problemas e os procedimentos são apresentados, no entanto, as conclusões são construídas pelos estudantes.

A seguir são apresentados e comentados aspectos relativos às avaliações na proposta didática desta dissertação.

3.3.5. Avaliações da proposta de ensino

A proposta de ensino, incluindo-se a utilização dos vídeos instrucionais, do texto de apoio didático, da atividade experimental, além dos questionários e relatório experimental, prevê competências, conhecimentos, atitudes e valores dentre os objetivos educacionais a serem desenvolvidos pelos estudantes do Ensino Médio (ver Seção 4.1). Embora não tenhamos a intenção de esgotar o assunto, realizaremos nesta seção algumas considerações pertinentes acerca da avaliação do ensino-aprendizagem na proposta de ensino deste trabalho.

Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de múltiplos e diversos dispositivos avaliativos, contemplando todos os objetivos educacionais envolvidos nas atividades de laboratório escolar. Nesse sentido, segundo Gunstone (apud BORGES, 2002, p.19),

“[...] antes de se realizar a atividade prática, deve-se discutir com eles a situação ou o fenômeno que será tratado. Pode-se pedir que escrevam suas previsões sobre o que deve acontecer e justificá-las. Na fase pós-atividade, faz-se a discussão das observações, resultados e interpretações obtidos, tentando reconciliá-las com as previsões feitas. Aqui é o momento de se discutir as falhas e limitações da atividade prática.”

A proposta de avaliação de Gunstone é vantajosa do ponto de vista educacional, já que permite que os estudantes contraponham suas perspectivas iniciais com as observações e resultados obtidos na atividade. Dessa forma, por um lado, os estudantes têm suas ideias prévias desafiadas cientificamente, e, por outro, o caráter classificatório da avaliação perde espaço para um instrumento avaliativo que promove os estudantes face as suas próprias concepções sobre os fenômenos científicos.

Ressaltamos que os instrumentos de avaliação são do ensino-aprendizagem, de modo que fornecem não somente informações sobre o alcance dos objetivos educacionais da proposta, mas igualmente devem servir para o docente aprimorar ou ajustar as ferramentas e estratégias didáticas sugeridas neste trabalho. Esse *feedback* é fundamental para o professor refletir e adequar as atividades didáticas à realidade educacional na qual se insere a sua atuação pedagógica (COLL, 1996; VILLATORE et al., 2009). Nesse sentido, apontamos que a reduzida carga horária de aula semanal, a faixa etária dos alunos do Ensino Médio e o ritmo de leitura e a capacidade de interpretação de textos dos estudantes são fatores que precisam ser *calibrados* pelo docente frente a sua turma.

Como a presente proposta de ensino representa uma inovação didática frente ao ensino tradicional, destacamos que os instrumentos de avaliação utilizados pelo docente precisam ser coerentes com a referida atividade didática (COLL, 1996; PROVENZANO e WALDHELM, 2009; VILLATORE et al., 2009), o que significa a adoção de ferramentas que contemplem as diversas dimensões envolvidas nos objetivos educacionais (conhecimentos científicos, competências, atitudes e valores). Caso não haja ressonância entre avaliação e atividade didática, o docente incorre no risco de ofuscar aspectos educacionais relevantes na proposta e promover entre os alunos um ambiente de sala de aula inadequado a sua aplicação, comprometendo, então, os objetivos educacionais contemplados pela proposta de ensino.

Nesse cenário, como sabemos do desafio docente em avaliar as competências (PROVENZANO e WALDHELM, 2009), conhecimentos, atitudes e valores dos estudantes do Ensino Médio, iremos propor no início do próximo capítulo sugestões, que consideramos apropriadas educacionalmente e viáveis

dentro da jornada diária dos professores da educação básica, para que o professor possa contemplar os objetivos educacionais envolvidos no processo de ensino-aprendizagem da proposta desta dissertação. Acreditamos que os instrumentos de avaliação a serem sugeridos possam colaborar com o levantamento e registro das metas educacionais previstas para a proposta. No capítulo a seguir apresentaremos este e outros aspectos relativos à aplicação nas escolas da proposta de ensino deste trabalho e seus exemplos de problemas ambientais.

Capítulo 4

Proposta de ensino para temas ambientais

A estruturação da proposta de ensino para temas (ou problemas) ambientais desta dissertação contemplou a utilização de diferentes recursos didáticos, a saber: 1) vídeos instrucionais; 2) texto de apoio didático; 3) atividade experimental; 4) questionários; e 5) relatório experimental. Ademais, essa estruturação ocorreu segundo minha experiência docente em escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro e leituras e reflexões acerca de trabalhos de pesquisa em ensino de Ciências Naturais, sobretudo de Física, divulgados em anais de encontros e em revistas da área disponíveis *online*, além de livros e outros textos pertinentes. Uma amostra representativa das leituras feitas está nas referências deste trabalho.

Elaboramos uma estruturação geral de estratégias e ferramentas didáticas para nortear a proposta de ensino (ver Quadro 4.1 abaixo), cuja previsão para implementação em sala de aula, independente do problema ambiental em tela, é de 4 dias de aula no âmbito da rede pública estadual do Rio de Janeiro, cuja carga horária semanal de Física é de 1h40min (nos turnos da manhã e da tarde) e cada turma possui em torno de 30 alunos.

| Primeiro dia | |
|--|---|
| 1ª etapa: Questionário Inicial | O professor entrega o Questionário Inicial com perguntas que relacionam o tema abordado com a experiência e conhecimento pessoal de cada aluno. Além de fazê-los começar a pensar sobre os assuntos relativos ao problema ambiental, o Questionário Inicial servirá como um pré-teste (ou avaliação inicial). |
| 2ª etapa: Abertura com Vídeos Instrucionais | O professor faz uma introdução geral do problema ambiental em tela e apresenta dois Vídeos Instrucionais . |
| 3ª etapa: Discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais | O professor comenta as respostas apresentadas no Questionário Inicial , construindo com os alunos correlações |

| | |
|---|---|
| | <p>com os aspectos destacados nos dois Vídeos Instrucionais. Para tal, o professor seguirá os seguintes eixos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - o quanto os problemas ambientais em tela o afetaram/afetam? - o que pensam sobre a possibilidade de se enfrentar esses problemas: o cidadão pode fazer alguma coisa? - ações globais versus ações locais. -o que pensam sobre conhecimentos novos relativos ao problema ambiental em tela? -quais as relações entre os conhecimentos físicos e o problema ambiental em discussão? |
| 4ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais | O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais , aproveitando para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos. |
| Segundo dia | |
| 5ª etapa: Texto de Apoio Didático | O professor faz uma explanação sobre aspectos centrais do problema ambiental em tela, entregando, em seguida, o Texto de Apoio Didático . Após sua leitura, cada dupla de alunos recebe o Questionário de Apoio ao Texto com perguntas relacionadas diretamente ao Texto de Apoio Didático . |
| 6ª etapa: Questionário de Apoio ao Texto | Enquanto os alunos estiverem respondendo o Questionário de Apoio ao Texto , o professor se movimenta pela sala de aula para esclarecer dúvidas e instigar reflexões acerca do texto. |
| 7ª etapa: Discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto | As duplas de alunos se organizam em círculo para o professor estabelecer uma discussão entre todas as duplas da turma. Essa discussão seguirá os mesmos eixos considerados na 3ª etapa. |
| 8ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto | O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a |

| | |
|--|---|
| | discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto , aproveitando novamente para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos. |
| Terceiro dia | |
| 9ª etapa: Introdução à atividade experimental, com as Perguntas de Introdução ao Experimento | O professor faz considerações gerais sobre o problema ambiental em tela, e realiza duas Perguntas de Introdução ao Experimento para os estudantes, seguindo as vertentes abaixo: -o problema ambiental em tela influencia o desempenho das pessoas na escola? Justifique. - como podemos verificar a resposta e respectiva justificativa para a pergunta anterior? |
| 10ª etapa: Considerações sobre a atividade experimental | O professor espera que os estudantes forneçam respostas positivas para a primeira pergunta da etapa anterior, tais como sim, certamente, etc., e se refiram às medidas experimentais como forma para a resposta da pergunta. A primeira resposta é aberta, porém, a segunda não. Caso os estudantes não cheguem à segunda resposta, o professor deve levá-los à necessidade de realizar medidas experimentais para avaliar as respostas da primeira pergunta. |
| 11ª etapa: Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental | O professor ensina os estudantes a utilizarem o Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental relativo ao problema ambiental em tela, apresentando sua medida e estimando sua incerteza. |
| 12ª etapa: Relatório Experimental | Os alunos recebem orientações sobre o preenchimento do Relatório Experimental , no qual deverão registrar a medida experimental e anotar os comentários de uma pessoa em cada ambiente sobre a influência do Parâmetro Físico Experimental em medição sobre a mesma. |
| 13ª etapa: Medição experimental e relatos de pessoas | Cada dupla de alunos sairá pela escola, e deverá cumprir esta tarefa em três ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula. |

| Quarto dia | |
|---|---|
| 13ª etapa (continuação): Medição experimental e relatos de pessoas | Cada dupla de alunos sairá pela escola e deverá cumprir esta tarefa em três ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula. |
| 14ª etapa: Discussão sobre as medidas experimentais e dos relatos das pessoas | O professor estabelece com os estudantes uma discussão sobre os resultados obtidos pelas duplas, estabelecendo correlações entre as medidas experimentais e os relatos das pessoas. |
| 15ª etapa: Sistematização da discussão acerca das medidas experimentais e os relatos das pessoas | O professor realiza uma sistematização das discussões desta etapa no quadro da sala de aula, levando-se em conta as considerações consensuais apresentadas pelas duplas, e apontando outras relevantes que não forem levantadas. |
| 16ª etapa: Questionário Final | O professor entrega o Questionário Final (igual ao Questionário Inicial) para os alunos responderem individualmente novamente. Dessa forma, o professor poderá avaliar se houve avanço na compreensão dos alunos a respeito dos novos conhecimentos, ou seja, se alguns dos objetivos almejados foram alcançados para cada aluno. Esse Questionário Final representa, então, um pós-teste (ou avaliação final). |

Quadro 4.1: Estruturação geral das estratégias e ferramentas didáticas da proposta de ensino para problemas ambientais.

Como o Quadro 4.1 possui um caráter geral, apresentaremos mais adiante neste capítulo as ferramentas didáticas e demais informações específicas para cada um dos três problemas ambientais utilizados para exemplificação da proposta apresentada no referido quadro. Essas ferramentas e informações, que estão em negrito no quadro acima, incluem: 1) **Questionário Inicial (e Final)**; 2) **Vídeos Instrucionais**; 3) **Texto de Apoio Didático**; 4) **Questionário de Apoio ao Texto**; 5) **Parâmetro Físico Experimental**; 6) **Instrumento de Medição**; e 7) **Perguntas de Introdução ao Experimento**.

Embora a escola e diversos centros urbanos brasileiros apresentem vários problemas ambientais, optamos pela abordagem de três deles (ver Quadro

4.2), os quais se correlacionam com assuntos da grade curricular vigente na rede estadual (SEEDUC, 2010). Ademais, acreditamos que os temas escolhidos despertarão o interesse e o envolvimento dos estudantes, já que envolvem problemas ambientais com os quais precisam conviver.

| Problema ambiental | Tema | Assuntos prévios na grade curricular |
|---------------------------|---|---|
| 1 | Temperaturas elevadas e efeitos locais em centros urbanos das mudanças climáticas globais | Termodinâmica, termometria e calorimetria |
| 2 | Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população | Ondas, som e acústica |
| 3 | Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana | Ótica, luz e espectro eletromagnético |

Quadro 4.2: Sistematização dos problemas ambientais exemplificados nesta dissertação frente aos assuntos da grade curricular (SEEDUC, 2010).

Segundo o Quadro 4.2, verificamos que os temas ambientais são discutidos dentro do referencial teórico da Física que será abordado posteriormente pelo professor em aulas expositivas. Logo, cada problema ambiental é tratado em sintonia com a ementa regular da disciplina e antes das aulas sobre os conhecimentos físicos pertinentes, ou seja, a abordagem de cada problema ambiental antecede a sequência expositiva da matéria, integrando-se à mesma. Dessa forma, os estudantes poderão construir compreensão, sentido e percepção de relevâncias dos conhecimentos físicos das subseqüentes aulas expositivas.

Salientamos que os três problemas ilustrados neste trabalho no quadro acima não são sucessivos na grade curricular de Física no Ensino Médio. Considerando a grade vigente (SEEDUC, 2010) na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, os problemas 1 e 2 são adequados, respectivamente, para a 1ª e a 3ª série do Ensino Médio, ao passo que o problema 3 pode ser utilizado nas duas referidas séries.

Acreditamos que diversas escolas públicas brasileiras, assim como seus respectivos centros urbanos, apresentem problemas ambientais similares aos

apresentados no Quadro 4.2, no entanto, caso a escola não compartilhe de pelo menos um deles, salientamos que essa proposta serve como modelo e pode ser adaptada ou seus exemplos substituídos por outros problemas ambientais vivenciados na escola do professor que pretender utilizá-la.

Com o intuito de esclarecer melhor os aspectos, alguns gerais e outros específicos, que abrangem a proposta de ensino deste trabalho, serão tratados inicialmente nas seções subsequentes deste capítulo: 1) objetivos educacionais; 2) viabilidade financeira nas escolas; e 3) ferramentas e estratégias didáticas da proposta e suas avaliações. Em seguida, apresentamos e comentamos mais especificamente, cada um dos três problemas ambientais utilizados como exemplos, incluindo suas respectivas ferramentas didáticas e informações que ficaram em aberto no Quadro 4.1, devido ao seu caráter geral.

3.4. Objetivos educacionais

Os objetivos educacionais compartilhados e almejados pela proposta de ensino desta dissertação foram concebidos e fundamentados seguindo três vertentes principais, a saber: 1) compreensão de aplicações dos conhecimentos físicos a problemas ambientais, ou seja, conceitos físicos envolvendo situações práticas e relevantes socialmente; 2) colaboração com a construção de competências para compreensão de aspectos subjacentes aos temas ambientais, sobretudo quanto às relações CTS; e 3) sensibilização frente a problemas ambientais típicos de centros urbanos, tendo em vista a colaboração para o desenvolvimento de posturas e atitudes necessárias ao seu enfrentamento e mitigação, isto é, a formação da cidadania nas grandes cidades.

A presente proposta de ensino pretende colaborar com a construção da cultura científica nos estudantes do Ensino Médio, conforme é defendido nos documentos da legislação educacional brasileira (BRASIL, 1996, 1999 e 2002) e em trabalhos da literatura da área (CARVALHO, 2008; CARVALHO *et al.*, 1999; LEMKE, 2006; SILVA e CARVALHO, 2006), sobretudo os que envolvem a abordagem de ensino com enfoque CTS (AIKENHEAD, 2009; ANGOTTI,

BASTOS e MION, 2001; CHRISPINO, 2009; SANTOS e BEMFEITO, 2010; SANTOS e MORTIMER, 2002; SANTOS e SOUZA BARROS, 2010 e 2011; SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2005; VIANNA, 2009; VIANNA et al. 2008; WATANABE e KAWAMURA, 2006). Baseados nestes documentos e trabalhos, elaboramos e destacamos abaixo os objetivos educacionais contemplados na proposta geral de ensino para temas ambientais desta dissertação:

- Contribuir para a apreensão sobre a utilização de instrumentos de medição, incluindo registrar suas medidas e estimar suas respectivas incertezas;
- Melhorar a percepção dos alunos sobre o processo de construção do conhecimento científico e o trabalho do cientista;
- Compreender as aplicações de conhecimentos físicos em situações vivenciadas pela população de modo geral e pelos estudantes de escolas de grandes cidades;
- Identificar relações entre Física, tecnologia e decisões éticas em situações cotidianas;
- Reconhecer vantagens e prejuízos da ciência e tecnologia para a saúde e a qualidade de vida da população em centros urbanos e escolas;
- Promover reflexões e emissões de juízos de valor sobre as interações entre ciência e tecnologia e aspectos sociais, culturais, ambientais e econômicos relativos a problemas ambientais de centros urbanos e suas escolas;
- Colaborar para construir a autonomia intelectual e o pensamento crítico para participação dos estudantes em discussões e decisões envolvendo as relações CTS;
- Contribuir com o desenvolvimento de atitudes que promovam a melhoria da saúde e da qualidade de vida em grandes cidades e suas escolas, tendo em vista o respeito ao meio ambiente.

Além desses objetivos educacionais da proposta, existem conhecimentos físicos sobre os quais os estudantes deverão desenvolver compreensões e sentidos mediante suas aplicações em situações

contextualizadas e relevantes socialmente. Nesse sentido, considerações e esclarecimentos de dúvidas iniciais pelo professor, conforme previsto na proposta, permitirão que os estudantes comecem a construir tais compreensões e sentidos sobre fenômenos, leis, termos, símbolos e noções Físicas presentes no problema ambiental em tela. Nesse sentido, no Quadro 4.3 a seguir estão os conhecimentos específicos de cada problema ambiental e seus respectivos assuntos da grade curricular (SEEDUC, 2010) que serão abordados pelo professor na atividade e em aulas expositivas subsequentes, ou seja, após a aplicação da proposta na escola para cada um dos três exemplos de problemas ambientais deste trabalho.

| Problema ambiental | Conhecimentos específicos | Conhecimentos na grade curricular |
|---------------------------|--|---|
| 1 | Mudanças climáticas; efeito estufa; ilhas de calor; medição de temperatura e sua incerteza; e correlações entre temperatura e organismo humano. | Calor; temperatura; escalas termométricas; termômetro; mudanças de fase; 1ª lei da Termodinâmica; radiação térmica; luz; reflexão e absorção da luz; e espectro eletromagnético. |
| 2 | Poluição sonora; audiograma; medição de nível de intensidade sonora e sua incerteza; e relações entre nível sonoro e saúde humana. | Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; som; intensidade sonora; NIS; e decibelímetro. |
| 3 | Camada de ozônio; buraco na camada de ozônio; medição de radiações UV e sua incerteza; índice UV; e correlações entre radiações UV e saúde humana. | Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; espectro eletromagnético; radiação ultravioleta; medidor de radiação ultravioleta; e interações entre radiação e matéria. |

Quadro 4.3: Conhecimentos específicos de cada problema ambiental e seus respectivos conhecimentos físicos na grade curricular da rede estadual.

O Quadro 4.3 apresenta conhecimentos específicos e na grade curricular a serem desenvolvidos em cada problema ambiental, para os quais o professor contará com oportunidades (questionário inicial, discussões e esclarecimentos de dúvidas) para elucidar questionamentos ou colaborar com

a aprendizagem que os estudantes do Ensino Médio precisam adquirir sobre cada um deles. Para tal, os estudantes terão oportunidades de sua compreensão sobre várias formas e em diversos momentos de ensino-aprendizagem, que incluem os dois vídeos instrucionais, o texto de apoio didático, a atividade experimental, os questionários, o relatório experimental, as discussões e os esclarecimentos de dúvidas. Conforme apresentado no Quadro 4.1, salientamos que estas discussões e esclarecimentos de dúvidas ocorrem em vários momentos durante os quatro dias e são realizadas a partir dos questionários, vídeos, texto e atividade e relatório experimental.

A aplicação da presente proposta de ensino requer preocupações do professor quanto a sua viabilidade financeira na escola, aspecto que será apresentado e discutido na próxima seção.

3.5. Viabilidade financeira nas escolas

As verbas recebidas mensalmente pelas escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro dependem de alguns fatores, tais como número de alunos matriculados, número de turnos das aulas e modalidades de ensino existentes (ensino regular, educação de jovens e adultos e ensino na *Telesala*), de modo que não podemos generalizar as considerações feitas nesta seção frente à viabilidade financeira para a aplicação de cada problema ambiental exemplificado nesta dissertação. Solicitamos da secretaria de estado de educação do Rio de Janeiro um valor médio recebido mensalmente pelas escolas, no entanto, este pedido não foi atendido pela sua central de relacionamento.

As considerações feitas serão, então, baseadas na verba recebida pela escola pública estadual onde o autor leciona Física no Ensino Médio, a qual possuiu 2.400 alunos matriculados em 2011, funciona nos três turnos e recebe R\$ 24.000,00 mensalmente, sendo metade correspondente à verba de merenda e a outra à verba de manutenção.

Os três problemas ambientais ilustrados neste trabalho demandam gastos da escola com cópias de questionários (inicial, final e de apoio) e relatório (experimental), o que considero viável para muitas escolas da rede

estadual. Entretanto, os demais gastos, que envolvem basicamente aquisições de instrumentos de medição, devem ser verificados com a direção da escola não somente para saber o valor da verba recebida, mas também porque existem outras demandas a serem atendidas, as quais podem ser prioritárias. Na escola onde o autor leciona, acreditamos que os gastos com as aquisições dos instrumentos de medição são viáveis para os três problemas ambientais, desde que não sejam realizados simultaneamente.

O ideal para a realização da proposta de ensino desta dissertação, independente do problema ambiental em tela, é que sejam adquiridos dois instrumentos de medição, de modo que as etapas relativas à atividade experimental possam ocorrer no prazo previsto de 4 dias. Ademais, tendo dois instrumentos, se acontecer algum problema com um deles, o professor contará com ao menos um, enquanto o outro é consertado, de forma que o andamento da atividade didática não seja completamente prejudicado.

Embora saibamos que possa não ser viável para o orçamento de muitas escolas da rede estadual, apresentamos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 informações sobre os respectivos instrumentos de medição com *datalogger*². Nesse sentido, se o orçamento for favorável, sugerimos que seja adquirido pelo menos um instrumento com *datalogger*, pois desse modo o professor de Física poderá realizar atividades experimentais suplementares à prevista pela proposta deste trabalho, enriquecendo ainda mais a abordagem do problema ambiental em tela.

No tocante à medição das temperaturas no problema 1, é necessária a compra de dois termômetros digitais portáteis, no entanto, se as condições financeiras da escola não forem favoráveis, podem ser utilizados dois termômetros de álcool, os quais, inclusive, algumas escolas já possuem. Seguem na Tabela 4.1 informações sobre valores e especificações para o termômetro digital portátil (e também com *datalogger*) de fabricantes diferentes, obtidos de pesquisas na *internet*. Não encontramos sites de empresas especializadas em instrumentos de medição vendendo termômetros de álcool, no entanto, pelas pesquisas realizadas em lojas não especializadas (que

² *Datalogger*: tipo de instrumento que realiza medições continuamente, em intervalos regulares de tempo ajustáveis e cujos dados podem ser transferidos e analisados em computador.

optamos por não colocá-las na Tabela 4.1), seu preço unitário está em torno de R\$ 25,00.

| Tipo e modelo do termômetro | Fabricante | Especificações do termômetro | Valor (R\$) | Site da pesquisa | Data do acesso |
|--|-------------------|--|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Termômetro digital portátil / DT 700 | DELLT | Faixa de medição: -50 a 70°C; Duplo display para temperatura interna / externa; Precisão: 1,0°C; Temperatura em °C ou °F. | 75,00 | dellt.com.br | 03/11/2011 |
| Termômetro digital portátil / TH 1300 | Instrutherm | Faixa de medição: -50 a 1300°C; Temperatura de operação: 0 a 50°C; Precisão: até 3,5°C; Temperatura em °C ou °F. | 81,05 | instrutherm.com.br | 03/11/2011 |
| Termômetro digital sem fio (HT 7000) com 3 sensores remotos de temperatura interna e externa (HT 7003) | ICEL Manaus | Escala de temperatura local: 0 a 60°C; Escala de temperatura remota: - 40 a 65°C; Precisão: 1,0°C; Temperatura em °C ou °F. | 170,00 | shoppingdo laboratorio.com.br | 03/11/2011 |
| Data logger de temperatura e umidade relativa do ar / HT-500 | Instrutherm | Escala: -40 a 70°C; Precisão: 1,0°C; Interface USB; Amplio ciclo de medição selecionável; Memória: 16000 leituras. | 214,58 | instrutherm.com.br | 30/10/2011 |
| Data logger de temperatura / TD-2800 | ICEL Manaus | Escala: -40 a 85°C; Precisão: 0,6 a 1,2°C; Interface USB; Ciclo de medição: não informado; | 269,00 | shoppingdo laboratorio.com.br | 30/10/2011 |

| | | | | | |
|---|--------|---|--------|-------------------|------------|
| | | Memória: 16000 leituras. | | | |
| Data logger de temperatura e umidade relativa do ar / RHT10 | Extech | Escala: -40 a 70°C; Precisão: 1,0 a 2,0°C; Interface USB; Ampla ciclo de medição selecionável; Memória: 16000 leituras. | 370,00 | instrutemp.com.br | 30/10/2011 |

Tabela 4.1: Informações sobre termômetros digitais portáteis (e com *datalogger*) para três fabricantes diferentes, a partir de pesquisas na *internet*.

Pelos valores acima, acreditamos que mesmo a compra de um termômetro com *datalogger* não seria tarefa fácil para o orçamento das escolas, entretanto, acreditamos que a aquisição de dois termômetros digitais portáteis seja viável para muitas delas. Caso o professor de Física ainda encontre obstáculos financeiros frente às verbas da escola, poderá solicitar a compra de dois termômetros de álcool, cujas despesas certamente cabem no orçamento.

Quanto à medição do NIS (ou, simplesmente, nível sonoro) no problema 2, devem ser adquiridos dois decibelímetros digitais portáteis. Seguem na Tabela 4.2 informações sobre valores e especificações para o decibelímetro digital portátil (e com *datalogger*) de fabricantes diferentes, obtidos de pesquisas na *internet*.

| Tipo e modelo do decibelímetro | Fabricante | Especificações do decibelímetro | Valor (R\$) | Site da pesquisa | Data do acesso |
|--|-------------------|---|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Decibelímetro digital compacto / DL 1000 | ICEL Manaus | Nível de medição: 40 até 130dB; Exatidão: 3,5dB; Display: LCD, de 4 dígitos. | 156,00 | shoppingdo laboratorio.com.br | 03/11/ 2011 |
| Decibelímetro digital portátil / DEC 460 | Instrutherm | Nível de medição: 35 até 130dB; Precisão: 1,5dB; Display: LCD, cristal líquido de | 239,43 | instrutherm.com.br | 03/11/ 2011 |

| | | | | | |
|---|-------------|---|--------|-------------------------------|-------------|
| | | 3 ^{1/2} dígitos. | | | |
| Decibelímetro digital portátil / ITDEC 4000 | Instrutemp | Nível de medição: 30 até 130dB; Exatidão: 1,5dB (sob condições de referência); Display: LCD, cristal líquido de 4 dígitos. | 249,00 | instrutemp.com.br | 03/11/ 2011 |
| Decibelímetro com datalogger / DL 4100 | ICEL Manaus | Nível de medição: 30 até 130dB; Precisão: 1,4dB; Memória: não informado; Display: cristal líquido de 4 dígitos com iluminação e barra gráfica. | 554,00 | Shoppingdo laboratorio.com.br | 03/11/ 2011 |
| Decibelímetro com datalogger / DEC 490 | Instrutherm | Nível de escala: 30 até 130dB (baixa); Precisão: 1,4dB; Memória: não informado; Display: 4 dígitos com iluminação e barra gráfica. | 536,54 | instrutherm.com.br | 03/11/ 2011 |
| Decibelímetro com datalogger / ITDEC 4010 | Instrutemp | Nível de medição: 30 até 130dB; Precisão: 1,5dB; Memória: 16000 medições; Display: LCD, cristal líquido de 4 dígitos iluminado. | 636,00 | instrutemp.com.br | 03/11/ 2011 |

Tabela 4.2: Informações sobre decibelímetro digital portátil (e com *datalogger*) para três fabricantes diferentes, a partir de pesquisas na *internet*.

Os decibelímetros digitais portáteis apresentam valores acessíveis para a escola onde o autor ministra aulas, de modo que seria viável a aquisição de dois destes instrumentos de medição, desde que não sejam solicitados os dois simultaneamente. No entanto, destacamos que o professor de Física

interessado neste problema ambiental precisa saber com a direção sobre as possibilidades financeiras da escola para realizar tal aquisição. Acreditamos que a maioria dos professores encontrará resistências por parte da direção, tendo em vista outros gastos considerados prioridades na escola.

Para medição das radiações UV no problema 3 são necessários dois medidores de UV para a radiação solar. Encontramos nas pesquisas realizadas na *internet* alguns modelos de medidores de UV, entretanto, destacamos que a maioria deles não é destinada à medição de radiações UV de origem solar. O único modelo e fabricante para medição de UV solar encontrado na *internet* está na Tabela 4.3.

| Tipo e modelo do medidor de UV solar | Fabricante | Especificações do medidor de UV solar | Valor (R\$) | Site da pesquisa | Data do acesso |
|---|-------------------|---|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| Medidor de UV / MUV 100 | Minipa | Índice UV: 5 níveis gráficos e 20 níveis de leitura digital com resolução de 0,5; Temporizador: função tempo de exposição estimada, temporizador, seleção de 4 tipos de pele e ajuste de SPF (fator e proteção) de 1 a 50; Temperatura: formato °C ou °F. | 85,90 | pares.com.br | 06/12/2011 |

Tabela 4.3: Informações sobre o medidor de UV solar.

De acordo com a tabela acima, a aquisição de dois medidores de UV é viável para muitas escolas, incluindo-se aquela onde o autor leciona na rede estadual. Caso o orçamento mensal da escola não permita a compra simultânea de dois medidores de UV, como o apresentado na Tabela 4.3, o professor de Física poderá solicitar a compra de cada um em ocasiões distintas ou, então, recorrer às denominadas fitas de medição de UV, cujo valor unitário é de aproximadamente R\$ 35,00. Não colocamos esta fita de medição na tabela acima porque não está à venda em lojas especializadas em instrumentos de medição.

Apresentamos na próxima seção aspectos relevantes relativos às ferramentas e estratégias didáticas presentes na proposta geral de ensino, o que inclui realizar considerações gerais complementares sobre os questionários (inicial, de apoio e final), os relatórios experimentais, os vídeos instrucionais, os textos de apoio didático e as atividades experimentais, além de aspectos, tais como mudança de posturas de professor e alunos, possibilidades e dificuldades educacionais da proposta e aspectos avaliativos.

3.6. Ferramentas e estratégias didáticas da proposta e suas avaliações

No início deste capítulo foram apresentadas no Quadro 4.1 as ferramentas e estratégias didáticas da proposta geral de ensino. As perguntas do questionário inicial e final serão norteadas pelos seguintes eixos: 1) vivência direta ou indireta do problema ambiental em tela; 2) responsáveis pelo problema ambiental, enfocando as relações CTS; 3) compreensão sobre os conhecimentos relativos ao problema ambiental; e 4) correlações entre a Física e os fenômenos e conhecimentos relativos ao problema ambiental em tela. O questionário inicial e final referente a cada um dos três problemas ambientais será apresentado nas Seções 4.4, 4.5 e 4.6.

Os vídeos instrucionais foram escolhidos respeitando os referidos eixos norteadores utilizados na elaboração do questionário inicial e final. Optamos pela escolha de dois vídeos para a proposta (que serão explicitados nas Seções 4.4, 4.5 e 4.6) frente à necessidade de abrangência plena dos seus eixos norteadores e metas educacionais, já que apenas um deles não seria capaz de fazê-lo. Ou seja, os dois vídeos escolhidos para cada problema ambiental ilustrado nesta dissertação se complementam face aos referidos eixos norteadores e objetivos (ver Subseção 3.3.2).

A elaboração do texto de apoio didático de cada problema ambiental (ver Seções 4.4, 4.5 e 4.6) ocorreu a partir dos mesmos eixos utilizados para orientar a elaboração do questionário inicial e final (ver Subseção 3.3.2). No entanto, destacamos que enfocamos em cada texto de apoio a apresentação dos conhecimentos a serem compreendidos pelos alunos do Ensino Médio no respectivo problema ambiental (ver Quadro 4.3).

Como cada questionário de apoio (ver Seções 4.4, 4.5 e 4.6) está vinculado ao respectivo texto de apoio didático do problema ambiental em estudo, de modo que sua elaboração seguiu a mesma diretriz utilizada para a elaboração do texto de apoio, inclusive, dando enfoque aos conhecimentos relativos ao problema ambiental apresentado no texto.

A atividade experimental de cada problema ambiental da proposta de ensino (ver Seções 4.4, 4.5 e 4.6) foi elaborada a partir dos seguintes eixos norteadores: 1) medição do parâmetro físico associado ao problema ambiental em tela e respectiva incerteza; 2) desenvolvimento da percepção entre grandeza experimental e sentido humano (escalas práticas de medidas e sensibilidade humana); 3) mapeamento dos lugares críticos da escola frente ao problema ambiental em estudo; e 4) construção de correlações entre os problemas ambientais existentes na escola e em grandes cidades brasileiras.

Quanto ao relatório experimental (construído a partir dos mesmos eixos norteadores da atividade experimental), é composto pelos seguintes itens: 1) Cabeçalho (dados da escola e da dupla de alunos); 2) Objetivos; 3) Materiais necessários; 4) Tabela contendo informações sobre o procedimento experimental; e 5) Conclusões (da dupla de estudantes).

No item 4, os estudantes preencherão os campos de uma tabela contendo os seguintes aspectos: 1) o ambiente da escola onde ocorreu a medição; 2) o parâmetro físico para avaliação, com sua unidade de medida e incerteza experimental; 3) horário em que ocorreu a medição; e 4) as respostas da pessoa entrevistada em cada ambiente da escola.

Como cada dupla de alunos realizará esta tarefa em três ambientes diferentes da escola, o professor deverá combinar de antemão com todas as duplas quais serão os três ambientes a serem avaliados por cada uma delas. Logo, o primeiro campo do item 4 da tabela deve ser preenchido em sala de aula, antes da saída das duplas pela escola para realizar as medições experimentais e as perguntas às pessoas.

Além desses aspectos relativos às ferramentas instrucionais utilizadas na proposta de ensino desta dissertação, destacamos, no tocante as suas estratégias didáticas, que é necessária uma mudança de postura de professores e estudantes. Os docentes precisam atuar como mediadores e provocadores de reflexões, raciocínios e discussões entre os alunos durante a

maior parte do tempo das aulas. Ou seja, os professores possuem o desafio de apresentar questões e ideias que instiguem momentos de trocas e aprendizagem dos estudantes, tanto na busca das respostas aos questionários quanto nas discussões. Nesse sentido, o professor precisa sempre ter o cuidado de evitar ao máximo intervir nas referidas situações com suas opiniões ou posicionamentos pessoais, deixando este momento para os fechamentos (denominados *sistematizações*) previstos na proposta de ensino para o final de cada dia de aula.

Quanto aos estudantes, precisam assumir parte, do ponto de vista educacional, no processo de construção do próprio conhecimento, deixando de serem excessivamente dependentes dos professores. Na verdade, reconhecemos grandes desafios para docentes e alunos nesse cenário, mesmo que seja esperado que já tenham vivenciado tais situações em outros momentos da educação básica, tendo em vista os temas transversais presentes no PCN do Ensino Fundamental (BRASIL, 1997).

Os principais desafios para utilização da presente proposta de ensino são a formação inicial do professor, a priorização das escolas frente ao ENEM e a exames vestibulares e a visão do docente sobre a formação para a cidadania, conforme destacado anteriormente nesta dissertação. Embora o ENEM e os exames vestibulares ainda existentes limitem as possibilidades didáticas em inúmeras escolas particulares, este aspecto possui influência restrita na maioria das escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, nas quais os professores dispõem de certa liberdade para desenvolver práticas de ensino consideradas inovadoras.

Se estiver atuando no turno noturno da rede estadual, o professor terá que realizar adaptações, pois neste turno cada dia de aula possui 1h10min e cada turma contém pelo menos 35 alunos, diferentemente do que ocorre nos turnos da manhã e da tarde. Essas adaptações do professor referentes à redução do tempo diário de aula e ao aumento do número de alunos por turma, somadas ao perfil dos estudantes (no turno noturno, a maioria são adultos e trabalhadores), envolvem a revisão e adaptação do tempo previsto para a proposta, das estratégias didáticas a serem utilizadas e dos dispositivos avaliativos. Caso contrário, entendemos que poderá ocorrer um desgaste

excessivo do professor e um sério comprometimento dos objetivos educacionais a serem alcançados pela proposta de ensino deste trabalho.

Os instrumentos de avaliação da proposta de ensino desta dissertação precisam contemplar os objetivos educacionais gerais da proposta (ver Seção 4.1) e os conhecimentos específicos de cada problema ambiental em tela (ver Quadro 4.3). Nesse sentido, o professor deve levar em conta não somente os questionários inicial, final e de apoio e o relatório experimental, mas também precisará utilizar uma tabela ou planilha para registrar para cada estudante informações sobre sua participação nas discussões internas da dupla e da turma em geral, além do seu envolvimento na realização da atividade experimental.

O questionário inicial e final servirá como pré-teste e pós-teste, respectivamente, para que o professor possa avaliar se alguns dos objetivos gerais da proposta e específicos do problema ambiental em tela foram alcançados por cada aluno do Ensino Médio. Já o questionário de apoio e o relatório experimental representam instrumentos avaliativos da dupla de estudantes, não de cada um deles separadamente.

Apresentamos a seguir o problema ambiental que aborda as temperaturas em centros urbanos e suas correlações com as mudanças climáticas.

3.7. Problema 1: Temperaturas elevadas e efeitos locais nos centros urbanos das mudanças climáticas globais

A população dos centros urbanos tem vivenciado situações ambientais de temperaturas elevadas, as quais tiveram repercussões na sociedade, tais como a mudança em horário de jogos de futebol pelo campeonato carioca, o estabelecimento do tempo técnico durante cada tempo de jogo para os jogadores tomarem água e demais líquidos de reposição para a hidratação do corpo e o esgotamento de aparelhos condicionadores de ar nas lojas de venda no varejo.

Recentemente, a secretaria de estado de educação do Rio de Janeiro finalmente instalou em escolas da rede estadual aparelhos condicionadores de ar nas salas de aula, tendo em vista as altas temperaturas decorrentes de *ondas de calor* que têm atingido nos últimos anos a região metropolitana do

estado do Rio de Janeiro. Esta situação de temperaturas elevadas, que o autor vivenciou como professor, chegou a provocar em alguns dias a liberação mais cedo dos alunos do Ensino Médio do turno da manhã. Na verdade, desde a graduação do autor numa das mais importantes universidades públicas federais do Brasil, ocorreram situações de temperaturas extremas, tanto que também houve professora encerrando a aula mais cedo devido aos seus reflexos negativos na hidratação e na concentração dela e dos estudantes.

Ainda é possível encontrar dentro da escola estadual onde o autor leciona e no seu entorno locais que podemos considerar danosos às pessoas, como decorrência das elevadas temperaturas registradas recentemente. Esse quadro está relacionado às mudanças climáticas globais e também a uma deterioração da qualidade da ocupação do solo urbano com, por exemplo, a progressiva destruição da cobertura vegetal urbana. O aumento indiscriminado das construções tem propiciado a formação das chamadas *Ilhas de Calor*.

Encontramos ambientes da escola nos quais as elevadas temperaturas dificultam a realização de atividades educacionais, tais como a quadra de Educação Física e até pouco tempo atrás a biblioteca, que hoje possui aparelhos condicionadores de ar. No entorno da escola, além das altas temperaturas para os pedestres, existem outras consequências prejudiciais das mudanças climáticas globais, das quais destacamos as chuvas intensas que alagam ruas, avenidas e casas devido ao transbordamento do rio Acari e entupimento de boeiros. Essas inundações já levaram diversos estudantes da escola a faltarem aulas ou chegarem atrasados em dias de chuvas intensas.

Na referida escola, os problemas ambientais relativos às temperaturas elevadas nas salas de aula, na biblioteca e na quadra de esportes possuem repercussões prejudiciais sobre professores e alunos, as quais incluem dificuldades de concentração, suor intenso e sede abundante, trazendo evidentemente perdas para o processo de ensino-aprendizagem. A presente dissertação pretende contribuir para a construção, nos estudantes do Ensino Médio, de posturas de cidadãos conscientes e críticos dos aspectos envolvidos nesse tema e necessários para dimensionar e emitir juízos de valor fundamentados a respeito.

Levando em conta os eixos norteadores apresentados na Seção 4.3, o questionário inicial e final deste problema ambiental segue abaixo (ver Questionário 4.1).

- 1) Existem problemas envolvendo temperaturas elevadas na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 2) O que você pode dizer sobre as chuvas ocorridas nos últimos verões (2010 e 2011) no Rio de Janeiro?
- 3) As recentes chuvas, em 2010 e 2011, causaram problemas no seu bairro, rua ou escola? Cite dois exemplos.
- 4) O que você entende por mudanças climáticas? E por efeito estufa? Representam o mesmo fenômeno?
- 5) Qual é a sua compreensão sobre ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 6) Existem relações entre as mudanças climáticas globais e as elevadas temperaturas na cidade do Rio de Janeiro? Explique.
- 7) Quais são os responsáveis pelos problemas causados pelas recentes chuvas no seu bairro, rua ou escola? E pelas mudanças climáticas globais?
- 8) O que pode ser feito para resolver os problemas advindos das chuvas intensas? E quanto às mudanças climáticas?

Questionário 4.1: Questionário inicial (e final) do Problema I.

Além do questionário acima, os outros instrumentos didáticos envolvem os dois vídeos instrucionais (ver Tabelas 4.4 e 4.5) e o texto de apoio didático (ver Texto 4.1) e seu respectivo questionário de apoio (ver Questionário 4.2), os quais são apresentados abaixo e seguem os mesmos eixos norteadores do questionário inicial e final (ver Seção 4.3).

| | |
|-----------------------|--|
| Onde encontrar | <i>Site do INPE ou Youtube</i> |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 2min17s |
| Resumo | Aborda os fatores responsáveis pelas mudanças climáticas globais causadas pelo homem, tais como expansão da produção industrial e aumento de poluentes na atmosfera. Apresenta, então, suas consequências, que incluem intensificação do efeito estufa e aumento da temperatura média da Terra, e indícios e projeções sobre as mudanças climáticas. Finalmente, fez |

| | |
|-------------------|---|
| | alusões à relevância do IPCC. |
| Observação | A expressão <i>mudanças ambientais globais</i> é utilizada no vídeo como sinônimo para <i>mudanças climáticas globais</i> . |

Tabela 4.4: Mudanças Climáticas Globais (Disponível em: <http://youtu.be/QCwXuEBDcU0>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | Site do INPE ou Youtube |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 4min20s |
| Resumo | O efeito estufa da Terra é apresentado mediante uma analogia com o efeito estufa que ocorre dentro um ônibus. Aparecem considerações sobre a interação entre radiações (infravermelha e ultravioleta) e atmosfera terrestre (gases estufa) e sua correlação com a temperatura média e o balanço energético da Terra. São apontadas consequências decorrentes do aumento da emissão de gás carbônico para a atmosfera. |
| Observação | <i>Gases estufa</i> é uma expressão que aparece como sinônimo para <i>gases do efeito estufa</i> . |

Tabela 4.5: Efeito Estufa (Disponível em: <http://youtu.be/soicSlswjOk>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Texto 1: *Temperaturas elevadas nas grandes cidades suas correlações com os efeitos locais das mudanças climáticas globais*

Ondas de calor, recordes de temperatura, estreitamento de faixas de areia, mudanças nos horários de partidas de futebol, recordes nas vendas de aparelhos condicionadores de ar, inundações e deslizamentos de encostas são situações noticiadas pelos meios de comunicação relacionadas a eventos ambientais extremos, e com os quais geralmente precisamos conviver direta ou indiretamente na região metropolitana do Rio de Janeiro. As adaptações da

população face aos referidos eventos incluem diversas ações, tais como a utilização de roupas leves, a hidratação constante do corpo (principalmente com água), a atenção aos noticiários meteorológicos locais e a improvisação de guarda chuva como guarda sol. No entanto, sabemos que existem grupos sociais mais vulneráveis diante da dificuldade para amenizar as consequências desses eventos ambientais.

A parcela da população que não dispõe de condições para evitar os reflexos comumente prejudiciais desses eventos ambientais abrange as pessoas que habitam os subúrbios, destacadamente nos morros e favelas, além das pessoas que precisam passar de carro, de ônibus ou a pé por áreas passíveis de alagamentos. Nestas regiões, consideradas de significativa vulnerabilidade ambiental, os habitantes estão sujeitos a desastres relacionados aos deslizamentos de encostas (ver Foto 4.1), a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto 4.2), e às elevadas temperaturas registradas desde a década de 1990.



Foto 4.1: Deslizamento de encosta no Morro do Bumba, em Niterói, em abril de 2010. (Disponível em: <http://veja.abril.com.br>. Acesso em 04 de setembro de 2011).



Foto 4.2: Alagamento na Praça da Bandeira, na zona norte do Rio de Janeiro, em abril de 2010 (Disponível em: <http://noticias.r7.com>. Acesso em 04 de setembro de 2011).

No tocante aos deslizamentos e às inundações, a população que habita zonas ambientalmente vulneráveis carece de apoio dos governos e demais autoridades políticas, de modo que amenizar os efeitos desses eventos ambientais implica em abandonar suas casas, o que geralmente não é aceito pela inexistência de outro espaço para moradia. Nesse sentido, verificamos pelos meios de comunicação que as ações governamentais ocorrem somente quando há grandes desastres, tais como o de Angra dos Reis em janeiro de 2010, o de Niterói em abril de 2010 (ver Foto 4.1 acima) e o da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, nos quais ocorreram perdas materiais enormes e, sobretudo, humanas irreparáveis. Estas posturas dos governantes se tornaram infelizmente recorrentes no contexto brasileiro e, mais recentemente, suspeitas de utilizações ilícitas e superfaturadas de verbas públicas na recuperação de cidades afetadas por problemas ambientais, tais como Nova Friburgo e Teresópolis, aumentou a indignação da população com aqueles que deveriam representá-la e defender os interesses públicos, não particulares.

Esses problemas ambientais estão relacionados à intensificação do efeito estufa mediante a excessiva emissão de dióxido de carbono pelas mais variadas fontes relacionadas às atividades humanas. Ademais, a degradação do meio ambiente urbano devido a sua ocupação descontrolada tem dado origem às ilhas de calor, as quais também contribuem com tais problemas ambientais.

A radiação solar que incide na atmosfera terrestre é parcialmente absorvida e refletida de volta ao espaço por seus gases constituintes, tais como dióxido de carbono, vapor d'água, nitrogênio, oxigênio e ozônio, e pelas nuvens e poeiras em suspensão, o que representa em torno de 30% de toda a radiação solar que chega ao planeta Terra. A outra parcela da radiação solar, ou seja, cerca de 70%, alcança a superfície terrestre, sendo absorvida e, então, emitida de volta ao espaço. Essa radiação é emitida sob a forma de radiação infravermelha (que transporta calor), provocando o aquecimento da atmosfera terrestre pela absorção de radiação infravermelha pelo dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, halocarbonetos e vapor d'água. Esses gases são chamados gases do efeito estufa.

Esse equilíbrio energético no sistema atmosfera-terra-oceanos (energia que entra na atmosfera terrestre é igual a que sai) é responsável por manter a temperatura média do nosso planeta em aproximadamente 15°C. Esse fenômeno natural é denominado efeito estufa, o qual é fundamental para a biodiversidade da fauna e flora terrestre. Caso não houvesse atmosfera na Terra, não ocorreria este fenômeno, de modo que a temperatura média seria de aproximadamente -18°C.

A influência humana sobre o clima terrestre começou com a Revolução Industrial Inglesa (século XVIII), quando teve início a emissão significativa de dióxido de carbono para a atmosfera terrestre pelas indústrias. O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás de contribuição antropogênica para o aquecimento global e sua emissão para a atmosfera terrestre provém das atividades industriais, dos veículos automotores à combustão e das queimadas das florestas. Como dissemos, o CO₂, assim como os demais gases do efeito estufa, funciona como uma espécie de barreira atmosférica que dificulta a dispersão do calor emitido pela superfície terrestre para o espaço. Esta tendência é apresentada graficamente abaixo:

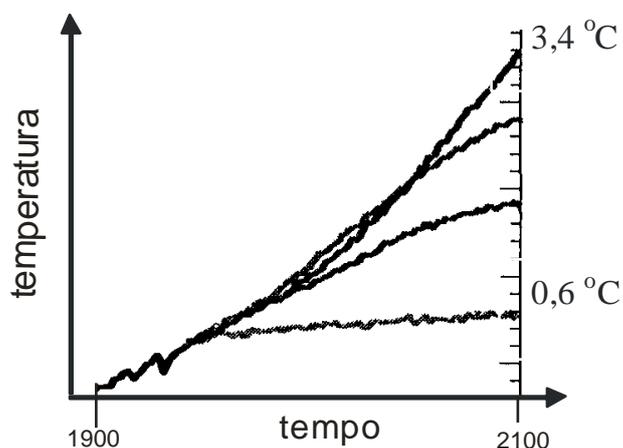


Gráfico 4.1: Previsões (0,6 a 3,4 °C) do aquecimento global por gases de efeito estufa (1900 a 2100): (IPCC, 2007, p.7).

Por que uma variação máxima de apenas 2,8°C seria um problema para a humanidade? Porque este valor é uma média global que oculta grandes flutuações climáticas responsáveis por desastres ambientais. Inclusive, uma designação mais apropriada para o aquecimento global seria mudanças

climáticas, de modo que ficaria evidente que não está ocorrendo aquecimento em todas as regiões do planeta. No cenário previsto atualmente, o aquecimento global tenderá a crescer, no entanto, conforme observamos no Gráfico 4.1 as previsões indicam a tendência deste fenômeno, já que seus níveis finais foram conjecturados (estimados mediante hipóteses).

O derretimento (processo de fusão) atual dos glaciares e do gelo contido no topo das montanhas, assim como a expansão térmica dos oceanos, levaram a um aumento do nível médio do mar em torno de 10 a 20 cm nos últimos 100 anos, com conseqüente redução das faixas de areia em algumas cidades litorâneas. Por outro lado, numa atmosfera mais aquecida aumenta a quantidade de vapor d'água no ar, que é um gás do efeito estufa. Observações mostram que desde 1970 um aumento de 0,55°C na temperatura do ar sobre os oceanos acarretou em um aumento de 4% de vapor d'água. Com o aumento de temperatura e de vapor d'água, verifica-se uma tendência de aumento na frequência de ocorrência de chuvas intensas.

Outro fator de caráter antropogênico que contribui para o aquecimento global são as denominadas ilhas de calor, fenômeno típico dos grandes centros urbanos. A ilha de calor é um fenômeno de aquecimento local das grandes cidades, mas que também contribui para o aquecimento global. A emissão de calor pelos veículos automotores e indústrias contribui para sua formação, entretanto, esse fenômeno local é fortemente influenciado pelo planejamento urbano mediante diversos fatores, tais como impermeabilização dos solos, falta de árvores e adensamento de uso de espaços urbanos (por exemplo: Complexo do Alemão). É possível encontrarmos na região metropolitana do Rio de Janeiro localidades, concentrando escolas, residências e hospitais, próximas de avenidas que possuem tráfego intenso de veículos automotores e nas quais também ocorrem formações das ilhas de calor. Como exemplo, apresentamos a Foto 4.3 no intuito de ilustrar uma região do subúrbio que tem se mostrado muito vulnerável.

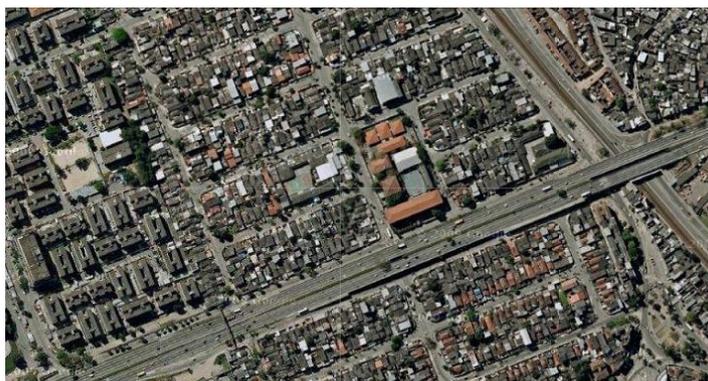


Foto 4.3: Localidade ambientalmente vulnerável abrangendo Acari, Fazenda Botafogo e Coelho Neto, bairros da zona norte do subúrbio da cidade do Rio de Janeiro (Disponível em: <http://maps.google.com>. Acesso em 21 de novembro de 2010).

Na região acima, a população enfrenta problemas ambientais apontados como reflexos do aquecimento global. Esses reflexos envolvem recorrentes tempestades que levam a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto 4.4 abaixo) e elevadas temperaturas (ver Foto 4.5 abaixo).



Foto 4.4: Enchente de rua e avenida (após temporal intenso na localidade da Foto 4.3) entre as estações de metrô Coelho Neto e Acari / Fazenda Botafogo, em janeiro de 2009 (Foto: Almir G. Santos).



Foto 4.5: Temperatura registrada por termômetro digital (na região da Foto 4.3) nas proximidades da estação de metrô Acari / Fazenda Botafogo, em março de 2009 (Foto: Almir G. Santos).

A vulnerabilidade da população que habita e convive na região acima poderia ser amenizada se houvesse mobilizações do governo e demais políticos, além de outros órgãos competentes, realizando a limpeza de ruas e boeiros, a dragagem de rios e o incentivo às caminhadas e ao uso de bicicletas e metrô, meios de transporte ecologicamente corretos. No entanto, sabemos que para esta mobilização ser bem-sucedida, precisaria contar com a participação efetiva da população, o que envolve mudanças sociais, culturais e econômicas sobre seus hábitos.

Na região ilustrada pela Foto 4.3 existem muitas escolas, dentre as quais, numa delas as elevadas temperaturas dificulta por vezes a concentração e o humor de alunos e professores, representando prejuízos para o processo de ensino-aprendizagem. Outra situação vivenciada nesta escola são as ausências de alunos em dias de temporais intensos, os quais, ou não conseguem chegar à escola devido ao alagamento de ruas e avenidas, ou ficam em casa colocando os móveis e eletrodomésticos em locais altos devido à possibilidade de inundações de suas residências.

Salientamos que esse é um problema ambiental urbano típico da região metropolitana do Rio de Janeiro, na medida em que também ocorrem inundações nas proximidades de instituições de ensino localizadas em bairros valorizados da cidade do Rio de Janeiro, tal como no do Maracanã.

No cenário atual, temos alguns obstáculos a superar, pois, por um lado, há abrangência reduzida de ciclovias no estado do Rio de Janeiro e metrôs superlotados nos horários do *rush*, e, por outro, os carros e motos ainda representam para muitas pessoas uma questão de status social e econômico

na sociedade. Entretanto, dentro de uma perspectiva de construção de um mundo mais justo, solidário e ecologicamente sustentável, precisamos repensar nossos hábitos e ações que repercutem negativamente sobre o nosso ambiente e planeta e, evidentemente, as prioridades políticas dos políticos que se dispõem a nos representar, elegendo aqueles que demonstrem preocupações reais com a natureza e o bem-estar ambiental da população nas grandes cidades.

- 1) O que tem ocorrido com as temperaturas médias no Rio de Janeiro nos últimos anos, em 2010 e 2011? Justifique.
- 2) Existem correlações entre temperaturas e eventos ou situações vivenciadas por você na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 3) Cite situações que ilustram o aumento da temperatura média global nos últimos anos (desde a década de 1990)? Com quais já conviveu (ou quais já observou)?
- 4) O que é o fenômeno do efeito estufa? Suas consequências são benéficas ou maléficas para os seres humanos? Exemplifique.
- 5) Explique o aquecimento global. Existe(m) diferença(s) entre aquecimento global e mudanças climáticas? Se sim, qual (ou quais)?
- 6) O que são as ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 7) Quais os principais fatores responsáveis pelo aquecimento global?
- 8) Os efeitos do aquecimento global são iguais para toda a população do Rio de Janeiro? Por quê?
- 9) Como o poder público pode amenizar as consequências do aquecimento global onde moramos? Explique.
- 10) Quais as nossas contribuições para reduzir os reflexos prejudiciais do aquecimento global na região de nossas residências? Justifique.

Questionário 4.2: Questionário de apoio ao texto do Problema 1.

Seguem abaixo a descrição e os comentários pertinentes sobre a atividade experimental e o relatório experimental referente ao problema ambiental desta seção.

Experimento 1: *Mapeamento das temperaturas nos diversos ambientes da escola*

As escolas possuem diversos ambientes fundamentais para o processo educacional, que incluem não somente as salas de aula, a biblioteca e a quadra de esportes, mas também a sala dos professores, a cozinha, a secretaria, a sala da direção e o refeitório. Nesse sentido, é fundamental assegurar as condições ambientais necessárias para seu funcionamento adequado, das quais destacamos para o presente problema ambiental a temperatura ambiente.

Elevadas temperaturas na sala de aula e na biblioteca representam graves problemas para o processo de ensino-aprendizagem, tendo em vista que afetam o organismo humano, prejudicando a concentração dos estudantes nas aulas e no estudo. Na quadra de esportes da escola da rede estadual onde o autor leciona, as altas temperaturas dificultam não somente a concentração, mas podem tornar inviáveis as aulas práticas de Educação Física ou levar os estudantes a situações preocupantes de desidratação.

Os trabalhos dos funcionários da cozinha e da secretaria, tão relevantes para a escola, podem ser afetados negativamente se não forem asseguradas condições ambientais de temperatura consideradas adequadas. As consequências resultantes de elevadas temperaturas na cozinha estão diretamente relacionadas à boa alimentação dos estudantes, e no tocante à secretaria da escola, os reflexos prejudiciais afetam o humor e a concentração no atendimento aos professores, alunos, ex-alunos, entre outros.

A atividade experimental apresentada para este problema ambiental pretende realizar um levantamento das temperaturas nos diversos ambientes da escola, relacionando-as a relatos de pessoas que os frequentam em termos dos reflexos positivos ou negativos das temperaturas nesses ambientes. Dessa forma, almejamos, dentre outros objetivos educacionais, despertar nos alunos do Ensino Médio a percepção entre medida experimental e sentido humano (reflexos da medida experimental em tela na vida das pessoas).

No tocante à presente atividade experimental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *As temperaturas nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o termômetro digital portátil, sendo possível, no caso de dificuldades financeiras da escola, utilizar o termômetro de álcool. Salientamos que serão necessários dois instrumentos, independente do tipo, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é a temperatura ambiente.

Quanto ao **Relatório Experimental**, a pergunta correlacionando o parâmetro físico relativo ao problema ambiental e seus reflexos na vida das pessoas em cada ambiente da escola é: *A temperatura neste lugar influencia seu desempenho? Explique.*

O problema ambiental a seguir trata dos níveis sonoros na escola e seus reflexos para a saúde humana.

4.5. Problema 2: Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população

As emissões excessivas de som acompanham os habitantes dos grandes centros urbanos desde suas casas até seus trabalhos ou suas escolas, em múltiplos locais e horários. Na verdade, nós mesmos somos por vezes fontes sonoras que emitem níveis sonoros que invadem o sistema auditivo das outras pessoas, podendo levar, inclusive, a danos irreversíveis à audição das mesmas. Neste cenário em que o som emitido representa prejuízos para a saúde humana, dizemos que está ocorrendo poluição sonora.

Os problemas decorrentes da poluição sonora incluem perda auditiva (temporária ou permanente), estresse, desvio da concentração e dificuldade para dormir, podendo chegar a problemas arteriais e estomacais. Alguns destes prejuízos decorrentes de níveis sonoros elevados se estabelecem silenciosamente no nosso organismo, e quando se tornam perceptíveis já se encontram em estágios avançados.

No contexto brasileiro, embora existam legislações federais (Constituição Federal e Política Nacional de Meio Ambiente) que nos asseguram direitos de viver e tráfegar por ambientes que não representem danos para nossa saúde nem para a natureza, é possível encontrarmos facilmente pessoas, empresas e órgãos públicos que contrariam estes direitos. A impunidade advinda do poder judiciário e a cultura do descaso com os direitos alheios são os principais fatores que dificultam a punição dos responsáveis pela poluição sonora, mesmo havendo legislações que prevêem punições, tal como a Lei de Crimes Ambientais no nível federal.

A escola estadual onde o autor leciona Física possui elevados níveis sonoros em diversos ambientes, sobretudo nas salas de aula e na quadra de esportes. As repercussões dessa situação sobre professores e alunos incluem perdas de audição, dificuldades de concentração e irritação, acarretando, portanto, enormes prejuízos para o processo de ensino-aprendizagem.

A rádio da escola, que foi reaberta recentemente, torna-se por vezes uma séria fonte de poluição sonora para estudantes, professores e demais funcionários que permanecem nos ambientes abrangidos pelos alto-falantes durante o intervalo do turno da manhã. Essa situação provavelmente ocorra pela ausência de conhecimentos dos seus responsáveis frente aos efeitos danosos para a saúde humana dos elevados níveis sonoros.

Levando em conta os eixos norteadores apresentados na Seção 4.3, o questionário inicial e final deste problema ambiental segue abaixo (ver Questionário 4.3).

- 1) Os “sons altos” encontrados em casa, nas ruas e na escola representam problemas para você? Apresente exemplos.
- 2) Os “volumes altos” de fones de ouvido ou da televisão afetam a saúde humana? Justifique.
- 3) É possível encontrar ambientes da escola onde o “som elevado” pode prejudicar? Explique.
- 4) Quais os problemas de saúde que os “sons altos” podem trazer para os seres humanos?
- 5) O que você entende por poluição sonora? E por níveis sonoros?
- 6) Qual o seu entendimento sobre audiograma? E sobre “dB”?
- 7) Quais são os responsáveis pela poluição sonora nas grandes cidades? Cite exemplos.
- 8) Quem (ou o que) produz poluição sonora na escola? Exemplifique.
- 9) O que pode ser feito para acabar com ou reduzir a poluição sonora nas grandes cidades? E na escola?

Questionário 4.3: Questionário inicial e final do Problema 2.

Os dois vídeos instrucionais (ver Tabelas 4.6 e 4.7) e o texto de apoio didático (ver Texto 2) e seu respectivo questionário de apoio (ver Questionário 4.4) seguem os mesmos eixos norteadores do questionário inicial e final (ver Seção 4.3) e serão apresentados abaixo.

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | CREA MT |
| Programa | CREA na TV |
| Duração | 4min |
| Resumo | São realizadas considerações gerais e introdutórias sobre a poluição sonora, para, então, contextualizar este |

| | |
|-------------------|---|
| | problema na cidade de Cuiabá (MT). E seguida, apresenta dados de reclamações da população e informações sobre o decibelímetro e os níveis sonoros relativos a alguns ambientes. Por fim, expõe os problemas de saúde vinculados à poluição sonora e as ações de redução e fiscalização. |
| Observação | É utilizado o termo <i>volume</i> (pelo fiscal da secretaria de meio ambiente de Cuiabá) ao invés de <i>nível sonoro</i> . |

Tabela 4.6: Danos da Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/L7nxPvYDCs>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | Repórter ECO – TV Brasil |
| Programa | Repórter ECO – TV Brasil |
| Duração | 4min28s |
| Resumo | São comentadas ideias de John Cage sobre música e situações gerais da poluição sonora em São Paulo. A poluição sonora é conceituada e correlacionada por Eduardo Murgel ao nosso cotidiano e a problemas de saúde. Em seguida, este autor faz considerações sobre a poluição sonora no mundo animal e as formas de mitigar este problema ambiental nos centros urbanos. |
| Observação | Não são feitas considerações sobre os conceitos físicos envolvidos na poluição sonora. |

Tabela 4.7: Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/2hDVOqXoeaE>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Será apresentado a seguir o texto de apoio didático 2, relativo ao problema ambiental da poluição sonora nos centros urbanos e seus efeitos sobre a saúde humana.

Texto 2: Os altos níveis sonoros nas regiões metropolitanas e seus reflexos sobre a população

A população dos grandes centros urbanos brasileiros convive com problemas ambientais que podem trazer sérios danos à saúde e à qualidade de vida, dos quais destacamos o excesso de ruído, situação conhecida como poluição sonora. Embora o conceito de poluição sonora seja um tanto subjetivo, pois as músicas de uma banda de *rock* podem ser fontes de ruídos perturbadoras para algumas pessoas, mas entendidas como expressões artísticas por outras, consideraremos, para fins práticos, que poluição sonora será a situação ou o evento em que a emissão excessiva de som acarreta prejuízos para a saúde humana individual e coletiva, incluindo-se aspectos físicos, emocionais, psíquicos e fisiológicos, tais como perdas temporárias e permanentes de audição, estresse, insônia e problemas cardíacos, arteriais e estomacais.

Embora seja enorme a diversidade de locais e horários em que os habitantes das grandes cidades ficam sujeitos a níveis sonoros danosos para sua saúde e qualidade de vida, existem aquelas situações mais comuns e preocupantes para a população em geral, sobretudo, a que habita as zonas de risco ambiental dos subúrbios dos centros urbanos brasileiros. Essas situações envolvem: 1) buzinas e barulhos de veículos automotores; 2) conversas em voz alta entre passageiros nos transportes públicos; 3) pessoas falando ao celular no modo vivavoz (no sistema convencional e, principalmente, no Nextel), ouvindo música ou assistindo televisão no celular (sistema de TV digital) com nível sonoro muito elevado nos meios de transporte público; 4) adolescentes e adultos ouvindo música no fone de ouvido em nível sonoro tão alto que incomoda quem se encontra nas proximidades; e 5) ruídos provenientes do motor ou de peças soltas ou com folgas em trens e ônibus.

Para algumas pessoas, as situações de poluição sonora envolvem a própria profissão, tais como: o operário da construção civil e os ruídos advindos de batidas de marretas, de máquinas cortadoras de azulejo e de britadeiras; o motorista de ônibus coletivo e o barulho do seu motor; o operador de tráfego (de trânsito) e os roncões de motores e barulhos de buzinas; e o professor e os alunos de uma escola e os sons elevados de conversas barulhentas na sala de

aula. No caso do professor e dos alunos, destacamos que suas saúdes sofrem as consequências da poluição sonora, tendo em vista que: 1) a acústica das salas de aula é inadequada para falar e ouvir; 2) os estudantes conversam entre si em voz muito alta; e 3) as salas de aula podem se localizar nas proximidades de ruas e avenidas, cujo tráfego intenso de veículos traz ruídos indesejáveis para o processo de ensino-aprendizagem.

Apesar das situações acima causarem claramente irritação às pessoas envolvidas, os prejuízos para sua saúde podem ir muito além da simples irritabilidade, pois incluem, dentre outros danos: 1) perda temporária ou permanente na audição em médio e longo prazo; 2) distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais; 3) estresse; 4) insônia; 5) dificuldade de concentração; 6) queda de rendimento no trabalho; e 7) problemas emocionais. Esses problemas de saúde são muito preocupantes, sobretudo porque se desenvolvem silenciosamente no nosso organismo, de modo que somente se tornam perceptíveis quando já se encontram em fase avançada e, por vezes, irreversível, tais como as perdas auditivas e os distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais.

A orientação, avaliação e controle dos níveis sonoros são feitos por órgãos vinculados à saúde, ao meio ambiente e ao trabalho, dos quais destacamos a OMS, a ANVISA, o IBAMA, o Ministério do Trabalho e as secretarias estaduais e municipais de meio ambiente. Para tal, existem as indicações aceitáveis dos níveis sonoros em diversas situações diárias nas grandes cidades, cujos danos à saúde humana se iniciam em 50 dB (ver Tabela 4.8 abaixo).

| | Watts | dB | |
|--------------------------------|---------------|-----|--------------------------------|
| Avião a jato a 30 m | 10 | 130 | Limiar de dor |
| Turbina de avião a 7 m | 1 | 120 | |
| Trovão | 0,1 | 110 | Show de rock |
| Motor de caminhão | .01 | 100 | |
| Locais de trabalho ruidosos | .001 | 90 | Música clássica (no palco) |
| Picos muito fortes de música | .0001 | 80 | |
| Tráfego (carros) pesado a 10 m | .00001 | 70 | Conversa normal |
| Média de uma biblioteca | .000001 | 60 | |
| Escritório ruidoso | .0000001 | 50 | Sala silenciosa |
| Média de um escritório | .00000001 | 40 | |
| Média de uma residência | .000000001 | 30 | Estúdio de gravação silencioso |
| | .0000000001 | 20 | |
| | .00000000001 | 10 | Limiar de audição |
| | .000000000001 | 0 | |

Tabela 4.8: Valores de potência sonora e dos níveis sonoros de situações às quais estamos sujeitos, com algumas figuras ilustrativas (FIGUEIREDO e TERRAZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

Na tabela acima encontramos indicações de potências sonoras e respectivos níveis sonoros relativos a certos contextos passíveis de serem encontrados no nosso cotidiano nos grandes centros urbanos. Os níveis sonoros de um show de *rock* e de um motor de caminhão podem contribuir com perdas irreversíveis para a audição humana, mesmo com reduzidos tempos de exposição.

Quando pensamos nos problemas ambientais contemporâneos, a constituição federal do Brasil estabelece direitos dos cidadãos e de animais silvestres a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual abrange não somente as florestas e demais ecossistemas, mas igualmente as cidades, de modo que as pessoas possam viver num espaço ou ambiente urbano onde sejam assegurados seus direitos à saúde e à qualidade de vida. Embora tais aspectos constitucionais sejam reafirmados na Política Nacional de Meio Ambiente, sabemos infelizmente que geralmente as pessoas, as empresas e o governo não demonstram preocupações com a construção de um ambiente mais saudável e equilibrado, exceto quando realmente ocorrem prejuízos financeiros mediante sanções previstas na Lei de Crimes Ambientais.

Ainda no tocante à tabela acima, destacamos que os problemas de audição decorrentes de elevados níveis sonoros não dependem unicamente do nível sonoro, mas também envolvem o tempo de exposição ao ruído, conforme destacado pelo Ministério do Trabalho na Tabela 4.9 a seguir. No entanto, há casos em que o tempo de exposição possui influência secundária, tais como explosões muito intensas de bombas e sons muito altos e agudos oriundos de máquinas da construção civil, em que os níveis são extremamente altos.

| Tempo | Decibéis |
|------------|----------|
| 8 horas | 85 |
| 4 horas | 90 |
| 2 horas | 94 |
| 1 hora | 100 |
| 30 minutos | 105 |
| 15 minutos | 110 |
| 07 minutos | 115 |

Tabela 4.9: Relações entre tempo de exposição e decibéis (nível sonoro) para ruídos contínuos nas profissões, segundo legislação do Ministério do Trabalho (BRAGA et al., 2005, p.212).

A tabela acima nos revela exemplos de cenários relacionando nível sonoro (em decibéis) e tempo de exposição. Combinando informações das Tabelas 4.8 e 4.9, percebemos que como motores de caminhão emitem níveis sonoros em torno de 100dB, um mecânico de caminhão, por exemplo, não poderia exceder 1h de trabalho contínuo num ambiente onde esteja ligado um caminhão, a menos que disponha de proteção auricular adequada.

No tocante aos problemas auditivos dos seres humanos decorrentes da poluição sonora, precisamos compreender, dentre outros aspectos, a sensação sonora das pessoas. O ouvido humano capta sons com frequências que variam de 20 até 20.000 Hz, ao passo que a fala dos seres humanos envolvem sons na faixa de 100 a 200 Hz para homens adultos e de 200 a 400 Hz para mulheres adultas. Na verdade, tais valores são médios para as pessoas, já que com o avanço da idade e/ou com a exposição a níveis sonoros muito elevados durante certo período, os limites das frequências audíveis se tornam menores, sobretudo nas altas frequências.

Os audiogramas são gráficos que relacionam níveis sonoros e frequências audíveis pelas pessoas. O Gráfico 4.2 apresenta três curvas que caracterizam indivíduos de situações distintas de acuidade auditiva.

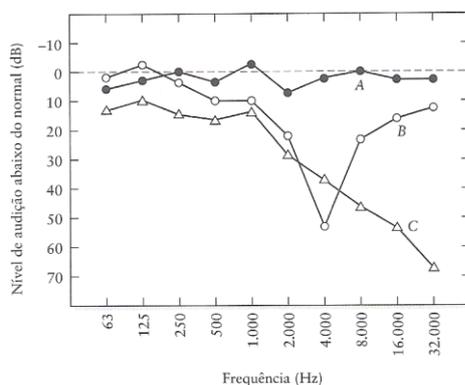


Gráfico 4.2: Três audiogramas de pessoas com diferentes acuidades auditivas (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Nos audiogramas acima, a pessoa A apresenta uma ótima audição, na medida em que manifesta níveis normais para todas as frequências, ao passo que as pessoas B e C possuem problemas de audição. A pessoa B manifesta dificuldades auditivas para sons em frequências em torno de 4000 Hz, na faixa de 2000 Hz até 8000 Hz, podendo representar um trabalhador que teve perda auditiva devido à constante exposição às frequências específicas no seu

emprego. Ou então pode se relacionar a jovens que tiveram danos no aparelho auditivo em decorrência de escutar continuamente músicas em níveis elevados. Seja como for, a pessoa B possui dificuldades para conversar, tendo em vista que suas perdas auditivas ocorreram na região de frequências próximas da fala. Por fim, a pessoa C é representada por um audiograma típico de alguém idoso, pois com o passar dos anos as pessoas perdem sua acuidade auditiva nas frequências mais altas, ou seja, nos sons agudos.

A sensação auditiva dos seres humanos não segue aspectos puramente físicos, de modo que quando a intensidade sonora dobra ou triplica, a audibilidade do respectivo som não dobra ou triplica, fato extremamente benéfico para a saúde auditiva das pessoas. Na verdade, a audibilidade humana é regida por uma lei Biofísica, aplicável em outras situações relativas aos sentidos humanos, denominada lei Psicofísica de Weber-Fechner, segunda a qual a sensação sonora humana (ou nível sonoro) depende logaritmicamente da intensidade sonora (ou da pressão sonora). Nesse contexto, o audiograma a seguir favorece a compreensão dos fatores que influenciam a sensação sonora (ou audibilidade) humana (ver Gráfico 4.3 abaixo), a saber: frequência do som; e intensidade sonora.

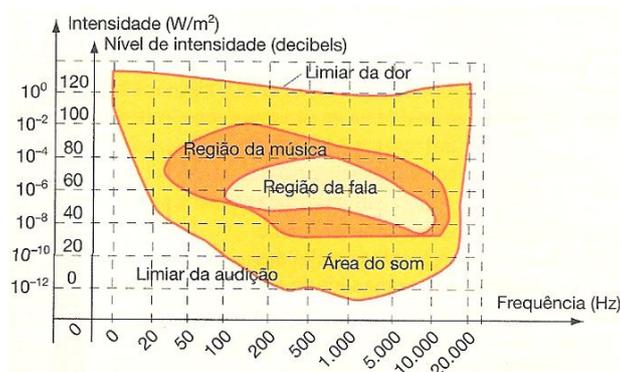


Gráfico 4.3: Região de sensibilidade da orelha em função da frequência e da intensidade sonoras. As escalas dessas duas grandezas são logarítmicas (FIGUEIREDO e TERRAZZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

No gráfico acima, além do nível sonoro e da frequência, identificamos a intensidade sonora, que está relacionada ao nível sonoro segundo a Lei de Weber-Fechner. Ademais, os principais aspectos apresentados pelo gráfico incluem: 1) a existência do limiar de audibilidade e do limiar de sensação dolorosa; 2) a dependência da sensação sonora humana com a intensidade

sonora e a frequência do som; e 3) a região da fala é bem menor do que a da audição em intensidade sonora e em frequência.

O som é detectado pelo ouvido humano pela variação de pressão do ar sobre a membrana timpânica, que compõe o ouvido externo do aparelho auditivo humano. Na Figura 4.1, temos os principais componentes do aparelho auditivo humano, o qual é dividido em três partes: o ouvido externo, o médio e o interno. As variações de pressão que ocorrem no tímpano fazem com que os ossículos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo, nesta ordem) vibrem e amplifiquem a amplitude de vibração, aumentando a intensidade sonora.

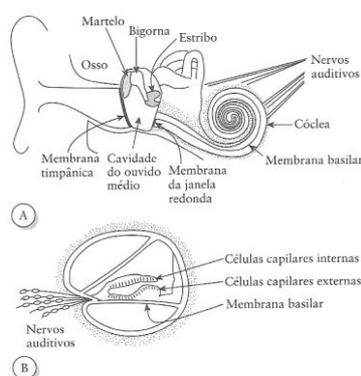


Figura 4.1: O desenho A ilustra o esquema do ouvido humano e o outro, B, representa a cóclea vista em corte (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Após passarem pelos ossículos do ouvido médio, as vibrações sonoras encontram a membrana da janela redonda (ou oval), que além de separar o ouvido médio do interno, amplifica ainda mais as vibrações sonoras. Estas são transmitidas à membrana basilar, que está conectada à membrana da janela redonda, para, então, fazerem vibrar um líquido contido na cóclea, uma estrutura óssea do ouvido interno que possui minúsculas células capilares (denominadas internas e externas). As vibrações do líquido são detectadas pelas células capilares, sendo que as altas frequências movem as células mais próximas da janela redonda e as baixas as que se encontram no lado oposto, ou seja, no outro lado da cóclea. Os movimentos mecânicos dessas células capilares fazem-nas se encostarem, gerando, assim, impulsos elétricos que são levados ao cérebro pelos nervos auditivos, o qual interpreta as vibrações sonoras.

Os problemas de audição humana em decorrência da exposição a níveis sonoros elevados (acima de 50 dB) incluem: 1) danos temporários ou

permanentes (dependendo do tempo de exposição e da intensidade e frequência do ruído) a componentes do ouvido (membrana timpânica; ossículos do ouvido médio; e terminações do ouvido interno); 2) estresse e hipertensão; 3) distúrbios no sono; 4) dificuldade de concentração e queda no rendimento acadêmico ou profissional; 5) úlcera; e 6) problemas cardíacos.

Para se evitar ou eliminar esses potenciais problemas para a saúde humana, torna-se necessário encontrar formas de mitigar ou eliminar a poluição sonora. Essa tarefa pode ser realizada mediante intervenções sobre a fonte sonora, o caminho do ruído ou o receptor do som. Alterações sobre a fonte sonora, reduzindo seu nível sonoro, representam geralmente a estratégia mais eficaz para cumprir essa tarefa, o que no caso dos automóveis nas ruas pode ser feito mediante: 1) exigências de redução de ruído nas vistorias anuais; 2) melhorias na pavimentação de ruas e avenidas; 3) redução e controle dos limites de velocidade; e 4) replanejamento de rotas de automóveis por estradas distantes das áreas residenciais. No tocante ao controle do caminho do ruído, poderiam ser utilizadas barreiras antirruídos, cujas relações custo-benefício são questionáveis, ou as extensas matas fechadas, as quais se tornam inviáveis nos grandes centros urbanos. Por fim, temos a atuação sobre o receptor, que geralmente é feita com a utilização de pequenos protetores auriculares pelos seres humanos, cuja eficácia é limitada ao canal auditivo, tendo em vista que não protegem a audição humana das vibrações sonoras dos ossos no entorno do ouvido. Nesse sentido, os mais recomendados e eficazes para a proteção auditiva são os protetores auriculares grandes, que cobrem o canal auditivo e seu entorno, tal como os utilizados (ou que deveriam ser utilizados) pelos operários que trabalham com as britadeiras e funcionários que atuam na pista de pouso e decolagem de aviões nos aeroportos.

Pensando nas ações mais imediatas, as pessoas poderiam passar a respeitar os outros no cotidiano, evitando falar em voz alta pessoalmente ou no celular, não utilizando o celular no modo vivavoz em ambientes fechados, não ouvindo rádio ou vendo televisão no celular ou em casa com níveis elevados, evitando ao máximo buzinar no trânsito e elegendo políticos que estejam atentos aos problemas humanos relativos à poluição sonora. Ademais, as pessoas que pretendem melhorar a acústica dos ambientes precisam estar atentas a mitos e erros consagrados, que incluem as ideias associadas ao

isopor e à caixa de ovos, além do papel da vegetação como barreira acústica e do material termo-acústico.

- 1) A população das grandes cidades convive com problemas ambientais relacionados ao barulho excessivo? Cite exemplos.
- 2) Os barulhos excessivos podem causar prejuízos no organismo humano? Quais?
- 3) Você já desenvolveu problemas de saúde ocasionados pelos sons excessivamente elevados? Explique.
- 4) O que significa poluição sonora?
- 5) Qual a grandeza física utilizada para medir os sons? E sua unidade de medida? Quais são os órgãos responsáveis por fazê-la?
- 6) O que são os audiogramas?
- 7) Descreva como funciona a sensação sonora dos seres humanos? E a recepção do som pelos ouvidos humanos?
- 8) A perda de audição humana depende de quais fatores? Qual o nível a partir do qual começam a ocorrer os problemas de saúde advindos da poluição sonora?
- 9) A população brasileira possui o direito de viver em um ambiente sem poluição sonora? Explique.
- 10) O que podemos fazer no nosso cotidiano para colaborar com a construção de um ambiente sem poluição sonora?

Questionário 4.4: Questionário de apoio ao texto do Problema 2.

Experimento 2: Níveis sonoros nos espaços da escola

Os níveis sonoros comumente encontrados nos centros urbanos provocam geralmente alterações danosas nos seres humanos e que se estendem desde simples irritações até prejuízos irreversíveis na audição humana, dependendo do nível sonoro e tempo de exposição. Por conseguinte, percebemos que a emissão de sons pode representar ruídos prejudiciais para a população, caso em que se denomina poluição sonora.

A poluição sonora urbana infelizmente não possui local nem horário para ocorrer, pois pode surgir tanto em simples conversas durante o almoço num restaurante, quanto quando o metrô passa próximo de residências tarde da noite. As escolas são locais em que regularmente podemos encontrar situações de poluição sonora, em locais e horários diversos.

Salas de aula, quadra de esportes, refeitórios, sala dos professores e corredores da escola são alguns exemplos de ambientes em que é possível registrar níveis sonoros de valores preocupantes para a saúde humana, sobretudo, de professores, estudantes e coordenadores de turmas. Esse

problema ambiental estabelece um cenário prejudicial ao processo educacional, afetando a concentração e a paciência das referidas pessoas.

A presente atividade experimental pretende avaliar os níveis sonoros de diferentes ambientes da escola e compará-los com os relatos das pessoas comumente presentes nos mesmos, estabelecendo correlações entre ambas as informações. Pretendemos, então, construir nos estudantes noções sobre correlações entre medida experimental e sentido humano (efeitos da medida experimental sobre as pessoas).

No tocante à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *Os níveis sonoros excessivos nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o decibelímetro digital portátil, não havendo alternativa mais barata para aquisição pela escola. Ademais, destacamos novamente que devem ser adquiridos dois instrumentos, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de intensidade sonora, ou, simplesmente, nível sonoro.

A pergunta do **Relatório Experimental**, relacionando parâmetro físico do problema ambiental aos seus reflexos sobre o bem-estar das pessoas em cada ambiente é: *O nível sonoro neste ambiente afeta seu desempenho? Explique.*

A seguir apresentamos o problema ambiental que aborda os níveis de radiações UV em cidades brasileiras e seus efeitos na saúde humana.

4.6. Problema 3: Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana

Os níveis elevados de radiação ultravioleta registrados recentemente em cidades brasileiras provocam preocupações com a saúde da população, pois a exposição excessiva às radiações UV sem as devidas proteções (bonés, óculos, guarda sol, roupas adequadas e filtros solares) podem desencadear graves problemas na pele e nos olhos. Na pele há riscos de queimaduras solares, redução da imunidade, envelhecimento precoce e câncer de pele, ao passo que nos olhos podem ocorrer cerato-conjuntivite, pterígio e catarata.

A população brasileira é particularmente suscetível a desenvolver esses problemas de saúde, não somente pela proximidade de certas cidades em relação à linha do Equador, mas também pela cultura, equivocada e de caráter unicamente estético, de que pele bastante bronzeada é sinal de beleza e saúde. Nesse cenário, temos dois fatores aumentando nossas preocupações: 1) em pesquisa do Ministério da Saúde publicada em 2009, foi constatado que os brasileiros se protegem cada vez menos das radiações UV; e 2) em estatísticas do Instituto Nacional do Câncer para o ano de 2005, o câncer de pele seria o de maior incidência dentre todos os tipos de câncer.

O INPE desenvolve um importante projeto de pesquisa no território nacional para monitorar o buraco na camada de ozônio e o nível de radiação ultravioleta, fornecendo estas informações no seu *site*. No tocante às radiações UV, a população brasileira pode ter acesso pelo referido *site* ao índice UV em sua cidade, de modo a poder adotar os devidos cuidados com proteção ao sair de casa, sobretudo para locais de maior exposição ao Sol, principal fonte natural de radiações UV.

As radiações UV não representam apenas malefícios para os seres humanos, pois são fundamentais para a produção de vitamina D no organismo, a qual atua na fixação de cálcio e fosfato pelo aparelho digestivo, colaborando com o crescimento normal e fortalecendo os ossos. Ademais, as radiações UV são utilizadas para esterilizar a água e o ar das salas de cirurgia, restaurantes e sistema de condicionadores de ar, e em exames médicos, tais como fototerapia, fotoquimioterapia e laserterapia.

Na escola da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro onde o autor leciona Física para o Ensino Médio existem dois ambientes – a quadra de esportes e o jardim ao ar livre – nos quais estudantes e professores ficam expostos aos elevados níveis de radiações UV, dependendo do horário. As repercussões de sua incidência sobre os mesmos podem envolver sérios problemas de saúde na pele e nos olhos.

Levando em conta os eixos norteadores apresentados na Seção 4.3, o questionário inicial e final deste problema ambiental segue abaixo (ver Questionário 4.5).

- 1) Por que se recomenda utilizar filtros de proteção solar, óculos, boné e camisas em dias ensolarados?
- 2) Você se protege das radiações ultravioleta de origem solar? Como, quando e onde você faz isso?
- 3) A radiação ultravioleta pode prejudicar a saúde das pessoas? Se sim, quais os problemas de saúde que podem ser adquiridos pelas pessoas?
- 4) Você acha que pele bronzeada é sinal de saúde? Explique.
- 5) Qual a sua compreensão sobre o aumento nos últimos anos dos casos de pessoas com câncer de pele?
- 6) O que você entende por camada de ozônio? Existe correlação entre a camada de ozônio e a radiação ultravioleta? Qual?
- 7) Qual o seu entendimento sobre o buraco na camada de ozônio? Quais os efeitos sobre as pessoas do aumento desse buraco?
- 8) O que representa o índice UV? Qual deve ser nossa postura em dias com índices UV elevados?
- 9) Quais os responsáveis pelo buraco na camada de ozônio? O que podemos fazer para colaborar com sua redução?

Questionário 4.5: Questionário inicial e final do Problema 3.

Os dois vídeos instrucionais (ver Tabelas 4.10 e 4.11) e o texto de apoio didático (ver Texto 3) e seu respectivo questionário de apoio (ver Questionário 4.6) seguem os mesmos eixos norteadores do questionário inicial e final (ver Seção 4.3). Estes instrumentos didáticos são apresentados a seguir.

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Site do INPE ou Youtube</i> |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 2min9s |
| Resumo | Apresenta a camada de ozônio e seu buraco, destacando: a interação do ozônio com a radiação UV; a destruição desta camada e os fatores responsáveis; e o aumento na incidência de câncer de pele. |
| Observação | O ozônio também absorve as radiações UVA e UVC, mas em quantidades bem menores comparadas à da radiação UVB. |

Tabela 4.10: Buraco na Camada de Ozônio (Disponível em: http://youtu.be/Ck_mRXHdUw4. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|--|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | Jornal da Cultura (SP) |
| Programa | Jornal da Cultura (SP) |
| Duração | 1min38s |
| Resumo | São feitos comentários gerais e contextualizados sobre a incidência da radiação UV em cidades brasileiras e apresentadas dicas de proteção à saúde, sobretudo da pele. |
| Observação | A repórter utiliza o termo <i>radiação solar</i> ao invés de <i>radiação ultravioleta</i> . |

Tabela 4.11: Perigo dos Raios UV nas Cidades (Disponível em: http://youtu.be/66YMUOsg_IM. Acesso em 26 de dezembro de 2011).

Será apresentado a seguir o texto de apoio didático 3, abordando o problema ambiental sobre radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus riscos para a saúde humana.

Texto 3: A radiação ultravioleta e a saúde humana em cidades brasileiras

Quando nos aproximamos do verão, os meios de comunicação, sobretudo a televisão, reservam quadros de telejornais e outros programas para fornecer à população sugestões de cuidados com aparência e saúde. Devemos reconhecer que existem orientações valiosas, no entanto, identificamos dicas que escondem prejuízos para os seres humanos, sendo a radiação ultravioleta um exemplo que requer bastante atenção.

Se, por um lado, são recomendados usos de filtros de proteção solar, chapéus, roupas (de tecidos não muito finos) e óculos na praia e nos demais locais, mesmo em dias nublados, por outro, a população apropria-se equivocadamente de imagens apresentadas pelos próprios meios de comunicação apontando que corpo bronzeado é necessariamente sinal de saúde e beleza, de modo que acabam se expondo à radiação ultravioleta solar sem as devidas proteções para a pele e os olhos. Essa tônica cultural representa um grave equívoco que esconde diversos danos potenciais para a saúde humana. Esse cenário é bem diferente do que ocorria no início do século

XX, quando as pessoas frequentavam as praias quase completamente vestidas, tendo em vista que o valor cultural de caráter estético da época estava na brancura da pele.

A principal fonte de radiação ultravioleta (luz ou raios ultravioleta) é o Sol, que também emite para o nosso planeta luz visível e radiação infravermelha. Ademais, temos as fontes artificiais de produção de RUV, que incluem as lâmpadas de vapor de Hg, lâmpadas fluorescentes comuns e lâmpadas de arco elétrico, além de metais e vidros em estado de fusão e aparelhos de corte e solda à base de oxiacetileno.

A radiação ultravioleta se encontra na faixa de comprimentos de onda entre 100 e 400nm, e diferentemente da luz visível, que sensibiliza os olhos, e da radiação infravermelha, que permite a sensação térmica de calor, as radiações UV não são perceptíveis pelos sentidos humanos, atuando benéfica ou maleficamente de forma silenciosa sobre nosso organismo. Os dermatologistas (OKUNO e VILELA, 2005, p.19) realizaram uma classificação da radiação ultravioleta, aceita formalmente desde 1970, em UVA (400 até 315nm), UVB (315 até 280nm) e UVC (280 até 100nm). Os valores entre parênteses são os intervalos de comprimentos de onda de cada tipo de radiação UV e estão dispostos em ordem crescente de energia de RUV.

Salientamos que somente cerca de 10% da radiação solar que chega à Terra é de radiação ultravioleta, do qual apenas uma parcela bastante reduzida consegue atravessar a atmosfera, que é composta por gases como ozônio, nitrogênio, dióxido de carbono e vapor d'água, e chegar à superfície terrestre. Existe na estratosfera (entre 15 e 50Km de altitude) a chamada camada de ozônio (entre 25 e 35Km de altitude), onde ocorrem reações fotoquímicas das RUV com moléculas de oxigênio (O_2) e ozônio (O_3), nas quais são utilizadas as energias das RUV na produção e dissociação natural de moléculas de ozônio (O_3) (ver as reações na Figura 4.2).

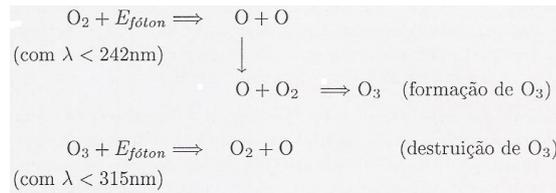


Figura 4.2: Reações fotoquímicas de formação e destruição de ozônio pela radiação UV, com energia das radiações UV indicadas por $E_{\text{fóton}}$ (OKUNO e VILELA, 2005, p.30).

Essas reações de produção e eliminação de ozônio envolvem radiação ultravioleta com comprimentos de onda menores do que 242nm e 315nm, respectivamente, os quais abrangem as radiações UVC e UVB, mas também incluem uma pequena parte da radiação UVA. As radiações UV atuam nestas reações fornecendo energia que dependem inversamente do seu comprimento de onda e que é indicado por $E_{\text{fóton}}$, sendo *fóton* o termo utilizado para representar a radiação ultravioleta quando apresenta comportamento corpuscular, como nas reações fotoquímicas acima.

Após a filtragem natural na camada de ozônio, as radiações UV que conseguem chegar à superfície terrestre são uma pequena parte de UVA e uma parcela muito reduzida de UVB (ver Gráfico 4.4). Embora a camada de ozônio seja localizada entre 25 e 35Km de altitude, a concentração de ozônio é máxima em torno de 30Km de altitude. Ademais, como a maior incidência de radiações UV do Sol ocorre nas proximidades da linha do Equador, o ozônio é amplamente produzido no Equador para, então, dirigir-se para os pólos geográficos terrestres.

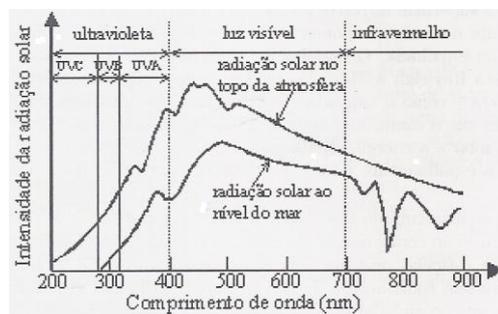


Gráfico 4.4: Espectro da radiação que atinge o topo da atmosfera e o nível do mar em termos do comprimento de onda (UNEP apud OKUNO e VILELA, 2005, p.28).

A redução da intensidade de radiação solar que chega à superfície terrestre depende de diversos fatores, tais como os tipos de moléculas presentes na atmosfera (vapor de água, dióxido de carbono e ozônio) e a

existência de nuvens. Nesse contexto, considerando a radiação UV, destacamos a influência de fatores temporais, geográficos e meteorológicos na sua incidência na superfície terrestre, os quais incluem: 1) a hora do dia (é máxima em torno do meio-dia); 2) a latitude (é maior em regiões de baixas latitudes, ou seja, próximas da linha do Equador); 3) a altitude (aumenta com o aumento de altitude em cerca de 6% a cada 1Km); 4) as nuvens (reduz devido às nuvens); 5) estação do ano; 6) reflexão na superfície (pessoas embaixo de guarda sol ficam sujeitas à RUV após sua reflexão na areia da praia, por exemplo); e 7) a camada de ozônio (reduz, conforme apontado acima para a radiação solar).

No final da década de 70 e início da de 80, cientistas e especialistas detectaram reduções na espessura da camada de ozônio provocada por substâncias compostas de CFC's, por exemplo, em tubos de aerossóis, comuns em desodorantes, inseticidas caseiros e sprays, e em fluidos refrigerantes, presentes em aparelhos condicionadores de ar, geladeiras e congeladores. Os compostos de CFC's interferem nas reações fotoquímicas das RUV com as moléculas de oxigênio e ozônio (ver reações na figura abaixo), levando à redução na concentração de ozônio na estratosfera, fenômeno conhecido como buraco na camada de ozônio. A partir destas constatações, ocorreram iniciativas, inicialmente nos países desenvolvidos e, então, no Brasil, visando à substituição destes compostos químicos por outros que não interferissem nas reações que ocorrem naturalmente na camada de ozônio. Atualmente, este processo foi consolidado não somente nos países desenvolvidos, mas também no Brasil.



Figura 4.3: O cloro liberado pela quebra dos compostos de CFC's pelas radiações UV reage com o ozônio e com o átomo de oxigênio (OKUNO e VILELA, 2005, p.31).

As mobilizações e iniciativas ocorridas em torno desse problema ambiental de rarefação da camada de ozônio decorrem dos graves danos das radiações UV para a saúde humana, incluindo problemas na pele, nos olhos e no sistema imunológico, que poderiam incidir em excesso sobre as pessoas, com a redução da proteção natural feita pela camada de ozônio.

As considerações sobre os benefícios e malefícios das radiações UV utilizará sua classificação em UVA, UVB e UVC, categorizando melhor seus efeitos sobre as pessoas. Conforme já destacado, quase nenhuma radiação UVC chega à superfície terrestre devido à proteção natural da camada de ozônio. A incidência da radiação UVC nos seres humanos desencadeia sérios problemas cutâneos, sobretudo câncer de pele.

No tocante à radiação UVB, esta penetra na pele humana até a epiderme, provocando queimaduras solares (ou eritema) na pele, com riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo se a exposição sem proteção apropriada for prolongada por diversos anos (ver foto abaixo). Os efeitos de vermelhidão e riscos de câncer cutâneo diminuem nas pessoas com cor de pele mais escura (ver Tabela 4.12 abaixo). Entretanto, destacamos que estas pessoas estão igualmente sujeitas aos efeitos das radiações UV nos olhos e no sistema imune da pele relativo à radiação UVB e aos demais tipos.



Foto 4.6: Pele humana com ulceração cancerosa devido à exposição excessiva às radiações UV (MÁXIMO e ALVARENGA, 2011, p.298).

| Tipo | Reações da pele à radiação solar | Exemplos |
|------|--|--|
| I | Sempre se queima, facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); nunca se bronzeia; a pele sempre se descasca. | Pele muito clara, olhos azuis, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca. |
| II | Geralmente se queima facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); bronzeamento inexistente ou muito fraco; também descasca. | Pele clara, olhos claros ou castanhos, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca. |
| III | Queima moderadamente e apresenta bronzeamento médio. | Média dos caucasianos; a pele não-exposta é branca. |
| IV | Mínima queimadura, bronzeia-se facilmente e acima da média em cada exposição; geralmente exibe reações de IPD (<i>immediate pigment darkening</i>) | Pessoas com a pele branca ou morena, cabelos e olhos castanhos escuros (mediterrâneos, mongolóides, orientais, hispânicos, etc.); a pele não-exposta é branca ou morena. |
| V | Raramente se queima, bronzeia-se facilmente e substancialmente; sempre exibe IPD | Mulatos e mestiços (ameríndios, índios, hispânicos, etc.) |
| VI | Nunca queima e se bronzeia abundantemente; sempre exibe IPD | Negros; a pele não exposta é negra |

Tabela 4.12: Efeitos das radiações UV nos tipos de peles humanas (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV_e_pele.html. Acesso em 26 de novembro de 2011).

A radiação UVA consegue penetrar até a derme da pele humana, provocando alterações nas fibras colágenas e distribuição irregular dos

melanócitos, deixando a pele mais enrugada, com maior flacidez e menor elasticidade, o que leva ao envelhecimento precoce da pele e a predisposição para desenvolver câncer cutâneo melanoma (ver Foto 4.7 a seguir) e não-melanoma. Para as pessoas com pele mais escura, a radiação UVA pode proporcionar o bronzeamento da pele mediante sua atuação na proteína melanina da derme, porém este efeito não se estende às pessoas com peles mais claras, conforme enfatizado na Tabela 4.12 acima.



Foto 4.7: 2 lesões de câncer cutâneo melanoma no ombro (OKUNO e VILELA, 2005, p.v).

Nas últimas décadas, a associação equivocada entre pele bronzeada e saúde e beleza fez com que muitas pessoas venham cada vez mais se expondo ao Sol sem os devidos cuidados com proteção contra as radiações UV, conforme pesquisa divulgada em 2009 pelo Ministério da Saúde relativa aos hábitos e à saúde do brasileiro. Nesse contexto, têm aumentado o número de casos de pessoas com câncer de pele nos últimos anos no Brasil e no mundo, destacadamente o do tipo não melanoma. Inclusive, em estatística fornecida pelo INCA, do Ministério da Saúde, para o ano de 2005, o câncer de pele não melanoma seria responsável pela maior incidência dentre todos os tipos de câncer.

Ainda no tocante à radiação UVA, podemos encontrar em discotecas e casas noturnas lâmpadas de radiação UVA produzindo efeito fosforescente sobre roupas brancas e dentes brancos, os quais ficam brilhando. Entretanto, o caso mais preocupante envolve a utilização da radiação UVA para bronzeamento artificial, pois as pessoas que se submetem a tais práticas estéticas não são por vezes informadas dos riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo e de envelhecimento precoce da pele. Inclusive, existem trabalhos correlacionando o aumento de casos de mulheres com estes dois problemas cutâneos com o bronzeamento artificial.

Os problemas cutâneos, oculares e imunológicos destacados acima podem ser evitados ou, pelo menos, mitigados se as pessoas tiverem alguns cuidados necessários e básicos para se protegerem da incidência elevada de radiações UV. Roupas com tecidos que evitem a passagem de radiação UV ou luz, boné, guarda sol e óculos com lentes que protejam os olhos são instrumentos simples e altamente recomendáveis para proteger pele e olhos contra as radiações UV. A exposição excessiva e sem proteções adequadas às radiações UV também pode desencadear problemas nos olhos, tais como cerato-conjuntivite, pterígio e catarata.

Embora tenhamos apenas algumas cidades brasileiras das regiões Norte e Nordeste localizadas nas proximidades da linha do Equador, o índice UV é em média elevado o ano inteiro no Brasil, conforme pode ser visto na Tabela 4.13 para a cidade do Rio de Janeiro. O índice UV solar é um indicador adimensional relacionado à irradiância espectral solar de radiação UV (medida em W/m^2) para uma faixa de comprimento de onda. O INPE possui um programa muito relevante no nosso território para avaliar, mediante uma rede de observatórios, o buraco na camada de ozônio e o índice UV. São disponibilizados no *site* do INPE boletins meteorológicos com os valores diários de índice UV (ver Figuras 4.5 e 4.6).

| País (Cidade) | latitude | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Argentina (Buenos Aires) | 35 °S | 9 | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 10 |
| Austrália (Sidney) | 34 °S | 9 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| Brasil (Rio de Janeiro) | 23 °S | 12 | 11 | 9 | 7 | 5 | 5 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 12 |
| Canadá (Vancouver) | 49 °N | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| Cuba (Havana) | 23 °N | 6 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 11 | 10 | 8 | 6 | 5 |
| França (Paris) | 49 °N | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| Alemanha (Berlim) | 52 °N | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 7 | 5 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| Japão (Tóquio) | 36 °N | 2 | 4 | 5 | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 |
| Kênia (Nairobi) | 1 °S | 12 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 |
| Panamá (Panamá) | 9 °N | 9 | 11 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 9 | 9 |
| Rússia (São Petersburgo) | 60 °N | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Estados Unidos (N. Iorque) | 41 °N | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 6 | 3 | 2 | 1 |

Tabela 4.13: Diversos países do mundo e seus índices UV no decorrer do ano (OKUNO e VILELA, 2005, p.66).



Figura 4.5: As recomendações em símbolos para os índices UV, onde quanto maior o valor, maior é a incidência de radiações UV (Global Solar UV Index apud OKUNO e VILELA, 2005, p.iii).



Figura 4.6: Interpretações dos valores de índice UV (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/Tabela_IUV.html. Acesso em 27 de novembro de 2011).

A OMS recomenda que utilizemos protetores solares (filtro solar, óculos, boné e roupas apropriadas) quando o índice UV for superior a 3. No entanto, destacamos que os protetores solares devem incluir proteção contra as radiações UVA e UVB, de modo que possa abranger uma ampla faixa de comprimentos de onda de radiações UV. Ademais, quanto mais clara for a cor da pele da pessoa, maior precisa ser o valor do FPS do protetor solar, já que o tempo necessário para produzir eritema é tanto menor quanto mais clara for a cor da pele.

Por fim, outro cuidado relevante frente à proteção contra a radiação UV envolve o horário de nossa exposição à mesma. Nesse contexto, recomenda-se ir à praia antes das 9h e/ou após as 15h, pois a maior incidência das radiações UV ocorre em torno de meio-dia.

Embora tenhamos, até então, dado ênfase aos malefícios causados pelas radiações UV, ressaltamos que estas RUV também representam diversos benefícios para os seres humanos. Como a radiação UVC é letal a vírus, bactérias e germes, são utilizadas lâmpadas de UVC para esterilizar instrumentos, ar e água em centros cirúrgicos, restaurantes e sistemas de

condicionadores de ar, além de serem empregadas na indústria alimentícia e farmacêutica.

A radiação UV é fundamental para o crescimento dos animais, pois colabora com a síntese da vitamina D pelo aparelho digestivo, a qual, por sua vez, atua na fixação do cálcio e do fosfato nos ossos, permitindo, então, o crescimento normal das pessoas. Para tal, são necessários apenas 10min de exposição diária antes das 9h ou após as 15h, além de uma dieta alimentar equilibrada. Além disso, na medicina as radiações UV são cruciais para a realização de diversos exames, tais como fototerapia, fotoquimioterapia, terapia fotodinâmica e laserterapia.

- 1) Quais as recomendações que as pessoas deveriam seguir frente à proteção contra a radiação ultravioleta?
- 2) A população segue as orientações de proteção contra a radiação ultravioleta? Explique.
- 3) Quais os problemas de saúde que podem ser produzidos pela incidência excessiva de radiação ultravioleta?
- 4) Quais os tipos de fatores que interferem na incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre? Cite exemplos.
- 5) O que é a camada de ozônio? Qual a sua função frente às radiações UV?
- 6) Explique o que representa o buraco na camada de ozônio? Quais os fatores que o originou?
- 7) O que é o índice UV? Qual é a sua importância?
- 8) Como as pessoas podem proteger sua pele contra as radiações UV? E seus olhos?
- 9) Existem riscos para a saúde humana envolvendo o bronzamento artificial? Cite esses riscos.
- 10) As radiações UV representam apenas prejuízos para a população? Justifique.

Questionário 4.6: Questionário de apoio ao texto do problema ambiental 3.

Experimento 3: *Levantamento do nível de radiação UV na escola*

Os índices UV registrados ultimamente em cidades brasileiras geram preocupações muito grandes com a saúde dos seres humanos, pois as radiações UV provocam sérios danos na pele, tais como queimadura, reações no sistema imune e câncer cutâneo, e nos olhos, como, por exemplo, catarata e cerato-conjuntivite. Nesse cenário, desde o início da década de 1980, surgiram preocupações com a camada de ozônio que recobre a Terra, que é uma proteção natural contra as radiações UV e com a qual foi verificado que

estava ocorrendo uma redução de sua espessura devido à emissão humana para a atmosfera de compostos de CFC's.

A emissão destes compostos, encontrados em sprays, condicionadores de ar e geladeiras, está atualmente controlada nos países desenvolvidos, e, inclusive, no Brasil, mediante a substituição por outros compostos que não interfiram nas reações fotoquímicas naturais entre radiações UV e ozônio e oxigênio na chamada camada de ozônio. No entanto, embora tenhamos cidades brasileiras das regiões Norte e Nordeste próximas da linha do Equador, o índice UV é em média elevado durante o ano inteiro no Brasil, sendo, por isso, muito preocupante.

Somado à latitude de cidades brasileiras, outro fator de risco é de caráter cultural, já que nas últimas décadas foi construída, com a colaboração dos meios de comunicação, destacadamente a televisão, a associação equivocada e perigosa para a saúde humana de que pele bem bronzeada é sinal de saúde e beleza. Esta correlação errônea acaba infelizmente submetendo muitas pessoas, sobretudo as mulheres, a exposições ao Sol nos horários de maior incidência de radiações UV e a sessões estéticas em câmaras de bronzeamento artificial.

Os descuidados dos brasileiros já foram revelados em pesquisa do Ministério da Saúde sobre suas proteções (boné, chapéu, óculos e filtro de proteção solar) frente às radiações UV. Nesse contexto, estatística fornecida pelo INCA para 2005, do Ministério da Saúde, apontava que o câncer de pele não melanoma seria o de maior incidência dentre todos os tipos de câncer.

Na escola estadual onde o autor leciona, a quadra de esportes é descoberta e uma parte dos estudantes fica em diferentes horários do dia exposta na escola às radiações UV. Esse quadro é bastante preocupante, pois estas situações ocorrem diariamente e por vezes em horários de grande incidência das radiações UV na superfície terrestre. Tais exposições de estudantes, e também de professores, destacadamente os de Educação Física, podem carregar danos de saúde para suas peles e seus olhos.

A presente atividade experimental permite levantar os níveis de radiações UV na escola em diferentes horários do dia, correlacionando-os com as respostas das pessoas que os vivenciam nesses ambientes, estabelecendo relações entre estas informações. Para isso, como a abrangência temporal das

aulas de Física é pequena, é preciso que o próprio professor apresente valores de radiação UV medidos na escola, e respectivos relatos de pessoas, em diversos horários do dia, os quais serão somados e analisados em conjunto com os dos estudantes. Dessa forma, almejamos construir nos alunos percepções de correlações entre medida experimental e sentido humano (reflexos da medida experimental sobre as pessoas).

No tocante à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *Os níveis de radiações UV nos diferentes horários do dia afetam o desempenho das pessoas na escola? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o medidor de UV (Solar) digital portátil (é o mais recomendável!), existindo como alternativa mais barata de compra as fitas de medição de UV. Salientamos que precisam ser adquiridos dois instrumentos (ou fitas, se for o caso), e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de radiações UV, ou, simplesmente, o nível UV.

A pergunta do **Relatório Experimental**, correlacionando parâmetro físico do problema ambiental e reflexos sobre a saúde das pessoas nos diversos horários é: *Os níveis da radiação ultravioleta influenciam seu desempenho neste ambiente? Explique.*

Como a presente dissertação envolve uma proposta geral de ensino para temas ambientais, a seguir serão feitas considerações finais acerca de suas possibilidades e limitações frente à legislação educacional brasileira, à pesquisa em ensino de Física e à realidade educacional e financeira de escolas da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro.

Capítulo 5

Considerações finais

Os problemas ambientais vivenciados pelos brasileiros que vivem nos centros urbanos não podem se restringir a raras iniciativas didáticas na escola e com enfoque conceitual e interdisciplinar restrito e distorcido, tal como verificamos em diversos materiais didáticos de Física impressos e online direcionados para o Ensino Médio. Esse panorama é ao mesmo tempo lamentável, devido à lacuna de materiais didáticos de qualidade satisfatória que aproximem os problemas ambientais do ensino de Física no Ensino Médio, e contraditório, já que encontramos na literatura disponível, sobretudo em revistas *online* e em anais de encontros de ensino de Física, diversos trabalhos e autores que defendem a premência de abordagem dos temas ambientais na Física do Ensino Médio.

Com o intuito de contribuir para o preenchimento desta lacuna entre pesquisadores em ensino e professores de Física do Ensino Médio, e levando-se em conta o tempo restrito que estes possuem para elaborar materiais didáticos sobre questões ambientais no âmbito da Física, elaboramos uma proposta geral de ensino para temas ambientais, que é ilustrada para três problemas ambientais comuns em centros urbanos brasileiros e na escola pública estadual onde o autor leciona. Os temas destes exemplos de problemas ambientais envolvem: 1) temperaturas elevadas e mudanças climáticas globais; 2) altos níveis sonoros nas grandes cidades; e 3) incidência extrema da radiação ultravioleta e saúde humana.

A presente proposta de ensino sobre problemas ambientais consiste de estratégias de ensino para utilização de vídeos instrucionais e textos de apoio didático com enfoque CTS e de atividades experimentais com caráter de laboratório aberto, além de questionários e relatório experimental. Esta proposta foi concebida e elaborada para ser aplicável a problemas ambientais vinculados aos assuntos contemplados pela grade curricular da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro (SEEDUC, 2010), sempre antes das aulas expositivas sobre os conhecimentos físicos relativos ao problema ambiental em tela.

A construção dos objetivos educacionais somente ocorrerá se as atividades didáticas de Física abordando problemas ambientais forem recorrentes durante o ano letivo e, se possível, durante todo o Ensino Médio. Na verdade, defendemos o engajamento dos professores de todas as disciplinas em torno de problemas ambientais que tanto afetam a vida da população das grandes cidades, principalmente os que habitam os subúrbios urbanos. Dessa forma, os docentes de todas as componentes curriculares, em particular os de Física, poderão construir finalmente respostas valiosas educacional e socialmente para “o que”, “por que” e “para que” ensinar Física no Ensino Médio.

Embora não tenhamos aplicado os exemplos de problemas ambientais desta dissertação em turmas do Ensino Médio na escola estadual onde o autor leciona, temos expectativas promissoras frente ao envolvimento dos estudantes, que incluem não somente argumentos e resultados advindos da literatura e apresentados em capítulos anteriores, mas também uma situação ocorrida na escola e que será apresentada a seguir.

Antes do início da greve na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro (iniciada no decorrer do 2º bimestre do ano letivo de 2011) a escola estava se mobilizando para a semana do meio ambiente, para a qual apresentei a alguns estudantes de uma turma da 3ª série do Ensino Médio sugestões de temas ambientais (que incluíam os exemplos desta dissertação) sobre os quais poderíamos desenvolver atividades pertinentes para apresentação no referido evento. Estes alunos acolheram muito bem minha proposta, no entanto, devido à greve (da qual participaram diversos professores, incluindo os que estavam à frente da organização da semana do meio ambiente), a mobilização pela realização do evento acabou se enfraquecendo, de modo que com a necessidade de recuperar a ementa da disciplina após a greve, infelizmente não pudemos desenvolver a proposta de ensino desta dissertação aplicada aos três exemplos (e outros) de problemas ambientais da escola.

Apêndice A - Guia de orientações para o professor

Este guia de orientações para o professor visa atender aos professores interessados na proposta geral de ensino sobre temas ambientais desta dissertação e nas suas aplicações a três exemplos de problemas ambientais comuns em centros urbanos brasileiros. No entanto, destacamos que somente a leitura deste guia não é suficiente para compreender os fundamentos, os objetivos educacionais, além das possibilidades e dificuldades envolvidas na proposta e nos seus exemplos. Por isso, recomendamos a leitura da dissertação, antes da utilização desta proposta e seus exemplos na sala de aula.

A.1. Proposta de ensino para temas ambientais

A estruturação da proposta de ensino para temas (ou problemas) ambientais desta dissertação está no Quadro A.1, cuja previsão para implementação em sala de aula, independente do problema ambiental em tela, é de 4 dias de aula, no âmbito da Física na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, cuja carga horária semanal é de 1h40min nos turnos da manhã e da tarde e cujas turmas contam com cerca de 30 alunos, em média, na sala de aula (por exemplo, na escola onde o autor leciona).

| Primeiro dia | |
|--|---|
| 1ª etapa: Questionário Inicial | O professor entrega o Questionário Inicial com perguntas que relacionam o tema abordado com a experiência e conhecimento pessoal de cada aluno. Além de fazê-los começar a pensar sobre os assuntos relativos ao problema ambiental, o Questionário Inicial servirá como um pré-teste (ou avaliação inicial). |
| 2ª etapa: Abertura com Vídeos Instrucionais | O professor faz uma introdução geral do problema ambiental em tela e apresenta dois Vídeos Instrucionais . |
| 3ª etapa: Discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais | O professor comenta as respostas apresentadas no Questionário Inicial , construindo com os alunos correlações |

| | |
|---|---|
| | <p>com os aspectos destacados nos dois Vídeos Instrucionais. Para tal, o professor seguirá os seguintes eixos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - o quanto os problemas ambientais em tela o afetaram/afetam? - o que pensam sobre a possibilidade de se enfrentar esses problemas: o cidadão pode fazer alguma coisa? - ações globais versus ações locais. -o que pensam sobre conhecimentos novos relativos ao problema ambiental em tela? -quais as relações entre os conhecimentos físicos e o problema ambiental em discussão? |
| 4ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais | O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a discussão sobre o Questionário Inicial e os dois Vídeos Instrucionais , aproveitando para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos. |
| Segundo dia | |
| 5ª etapa: Texto de Apoio Didático | O professor faz uma explanação sobre aspectos centrais do problema ambiental em tela, entregando, em seguida, o Texto de Apoio Didático . Após sua leitura, cada dupla de alunos recebe o Questionário de Apoio ao Texto com perguntas relacionadas diretamente ao Texto de Apoio Didático . |
| 6ª etapa: Questionário de Apoio ao Texto | Enquanto os alunos estiverem respondendo o Questionário de Apoio ao Texto , o professor se movimenta pela sala de aula para esclarecer dúvidas e instigar reflexões acerca do texto. |
| 7ª etapa: Discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto | As duplas de alunos se organizam em círculo para o professor estabelecer uma discussão entre todas as duplas da turma. Essa discussão seguirá os mesmos eixos considerados na 3ª etapa. |
| 8ª etapa: Sistematização da discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto | O professor sistematiza no quadro da sala de aula os principais aspectos levantados pelos estudantes durante a |

| | |
|--|---|
| | discussão sobre o Texto de Apoio Didático e seu Questionário de Apoio ao Texto , aproveitando novamente para esclarecer eventuais dúvidas sobre os conhecimentos físicos envolvidos. |
| Terceiro dia | |
| 9ª etapa: Introdução à atividade experimental, com as Perguntas de Introdução ao Experimento | O professor faz considerações gerais sobre o problema ambiental em tela, e realiza duas Perguntas de Introdução ao Experimento para os estudantes, seguindo as vertentes abaixo: -o problema ambiental em tela influencia o desempenho das pessoas na escola? Justifique. - como podemos verificar a resposta e respectiva justificativa para a pergunta anterior? |
| 10ª etapa: Considerações sobre a atividade experimental | O professor espera que os estudantes forneçam respostas positivas para a primeira pergunta da etapa anterior, tais como sim, certamente, etc., e se refiram às medidas experimentais como forma para a resposta da pergunta. A primeira resposta é aberta, porém, a segunda não. Caso os estudantes não cheguem à segunda resposta, o professor deve levá-los à necessidade de realizar medidas experimentais para avaliar as respostas da primeira pergunta. |
| 11ª etapa: Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental | O professor ensina os estudantes a utilizarem o Instrumento de Medição do Parâmetro Físico Experimental relativo ao problema ambiental em tela, apresentando sua medida e estimando sua incerteza. |
| 12ª etapa: Relatório Experimental | Os alunos recebem orientações sobre o preenchimento do Relatório Experimental , no qual deverão registrar a medida experimental e anotar os comentários de uma pessoa em cada ambiente sobre a influência do Parâmetro Físico Experimental em medição sobre a mesma. |
| 13ª etapa: Medição experimental e relatos de pessoas | Cada dupla de alunos sairá pela escola, e deverá cumprir esta tarefa em três ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula. |

| Quarto dia | |
|---|---|
| 13ª etapa (continuação): Medição experimental e relatos de pessoas | Cada dupla de alunos sairá pela escola e deverá cumprir esta tarefa em três ambientes distintos, com previsão total de 10 a 20 min para cada dupla realizá-la e retornar à sala de aula. |
| 14ª etapa: Discussão sobre as medidas experimentais e dos relatos das pessoas | O professor estabelece com os estudantes uma discussão sobre os resultados obtidos pelas duplas, estabelecendo correlações entre as medidas experimentais e os relatos das pessoas. |
| 15ª etapa: Sistematização da discussão acerca das medidas experimentais e os relatos das pessoas | O professor realiza uma sistematização das discussões desta etapa no quadro da sala de aula, levando-se em conta as considerações consensuais apresentadas pelas duplas, e apontando outras relevantes que não forem levantadas. |
| 16ª etapa: Questionário Final | O professor entrega o Questionário Final (igual ao Questionário Inicial) para os alunos responderem individualmente novamente. Dessa forma, o professor poderá avaliar se houve avanço na compreensão dos alunos a respeito dos novos conhecimentos, ou seja, se alguns dos objetivos almejados foram alcançados para cada aluno. Esse Questionário Final representa, então, um pós-teste (ou avaliação final). |

Quadro A.1: Estruturação geral das estratégias e ferramentas didáticas da proposta de ensino para problemas ambientais.

O caráter geral do Quadro A.1 posterga para as seções seguintes deste apêndice (A.2, A.3 e A.4) a apresentação das ferramentas didáticas e informações específicas de cada um dos três exemplos de problemas ambientais deste trabalho, as quais estão em negrito no quadro acima e incluem: 1) **Questionário Inicial (e Final)**; 2) **Vídeos Instrucionais**; 3) **Texto de Apoio Didático**; 4) **Questionário de Apoio ao Texto**; 5) **Parâmetro Físico Experimental**; 6) **Instrumento de Medição**; e 7) **Perguntas de Introdução ao Experimento**.

Os exemplos de problemas ambientais para ilustrarmos a proposta de ensino desta dissertação foram identificados pelo autor na escola da rede

estadual de ensino do Rio de Janeiro onde leciona Física no Ensino Médio. Embora essa escola apresente diversos problemas ambientais, optamos pela abordagem de três deles (ver Quadro A.2), os quais se correlacionam com assuntos da grade curricular vigente na rede estadual (SEEDUC, 2010).

| Problema ambiental | Tema | Assuntos prévios na grade curricular |
|---------------------------|---|---|
| 1 | Temperaturas elevadas e efeitos locais em centros urbanos das mudanças climáticas globais | Termodinâmica, termometria e calorimetria |
| 2 | Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população | Ondas, som e acústica |
| 3 | Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana | Ótica, luz e espectro eletromagnético |

Quadro A.2: Sistematização dos problemas ambientais exemplificados nesta dissertação frente aos assuntos da grade curricular (SEEDUC, 2010).

Segundo o Quadro A.2, verificamos que os temas ambientais são discutidos dentro do referencial teórico da Física que será tratado nas aulas expositivas subsequentes pelo professor da escola. Cada problema ambiental é aplicado no momento devido, em sintonia com a ementa regular da disciplina e antes das aulas sobre os conhecimentos físicos envolvidos (ver Quadro A.3), ou seja, a abordagem de cada problema ambiental sempre antecede a sequência expositiva da matéria, integrando-se a ela.

Salientamos ainda que os três problemas não são sucessivos na grade curricular de Física do Ensino Médio. Considerando a grade curricular vigente (SEEDUC, 2010) na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro, os problemas 1 e 2 são adequados, respectivamente, para a 1ª e 3ª séries do Ensino Médio, ao passo que o problema 3 pode ser utilizado em ambas as séries.

| Problema ambiental | Conhecimentos específicos | Conhecimentos na grade curricular |
|---------------------------|--|---|
| 1 | Mudanças climáticas; efeito estufa; ilhas de calor; medição de temperatura e sua incerteza; e correlações entre temperatura e organismo humano. | Calor; temperatura; escalas termométricas; termômetro; mudanças de fase; 1ª lei da Termodinâmica; radiação térmica; luz; reflexão e absorção da luz; e espectro eletromagnético. |
| 2 | Poluição sonora; audiograma; medição de nível de intensidade sonora e sua incerteza; e relações entre nível sonoro e saúde humana. | Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; som; intensidade sonora; NIS; e decibelímetro. |
| 3 | Camada de ozônio; buraco na camada de ozônio; medição de radiações UV e sua incerteza; índice UV; e correlações entre radiações UV e saúde humana. | Ondas; frequência; comprimento de onda; fenômenos ondulatórios; espectro eletromagnético; radiação ultravioleta; medidor de radiação ultravioleta; e interações entre radiação e matéria. |

Quadro A.3: Conhecimentos específicos de cada problema ambiental e seus respectivos conhecimentos físicos na grade curricular da rede estadual.

Apresentamos nas seções seguintes (A.2, A.3 e A.4) os três exemplos de problemas ambientais identificados pelo autor em centros urbanos brasileiros e na sua escola, com suas ferramentas didáticas e informações específicas de cada problema e que não foram especificadas no Quadro A.1, devido ao seu caráter geral. Nesse sentido, estas ferramentas e informações serão explicitadas objetivamente, de modo que recomendamos a leitura na íntegra ao menos da seção da dissertação referente a cada problema ambiental.

A.2. Problema 1: Temperaturas elevadas e efeitos locais nos centros urbanos das mudanças climáticas globais

- 1) Existem problemas envolvendo temperaturas elevadas na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 2) O que você pode dizer sobre as chuvas ocorridas nos últimos verões (2010 e 2011) no Rio de Janeiro?
- 3) As recentes chuvas, em 2010 e 2011, causaram problemas no seu bairro, rua ou escola? Cite dois exemplos.
- 4) O que você entende por mudanças climáticas? E por efeito estufa? Representam o mesmo fenômeno?
- 5) Qual é a sua compreensão sobre ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 6) Existem relações entre as mudanças climáticas globais e as elevadas temperaturas na cidade do Rio de Janeiro? Explique.
- 7) Quais são os responsáveis pelos problemas causados pelas recentes chuvas no seu bairro, rua ou escola? E pelas mudanças climáticas globais?
- 8) O que pode ser feito para resolver os problemas advindos das chuvas intensas? E quanto às mudanças climáticas?

Questionário A.1: Questionário inicial (e final) do Problema I.

| | |
|-----------------------|--|
| Onde encontrar | Site do INPE ou Youtube |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA web multimídia e-learning e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 2min17s |
| Resumo | Aborda os fatores responsáveis pelas mudanças climáticas globais causadas pelo homem, tais como expansão da produção industrial e aumento de poluentes na atmosfera. Apresenta, então, suas consequências, que incluem intensificação do efeito estufa e aumento da temperatura média da Terra, e indícios e projeções sobre as mudanças climáticas. Finalmente, fez alusões à relevância do IPCC. |
| Observação | A expressão <i>mudanças ambientais globais</i> é utilizada no vídeo como sinônimo para <i>mudanças climáticas globais</i> . |

Tabela A.1: Mudanças Climáticas Globais (Disponível em: <http://youtu.be/QCwXuEBDcU0>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Site do INPE ou Youtube</i> |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA <i>web multimídia e-learning</i> e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 4min20s |
| Resumo | O efeito estufa da Terra é apresentado mediante uma analogia com o efeito estufa que ocorre dentro um ônibus. Aparecem considerações sobre a interação entre radiações (infravermelha e ultravioleta) e atmosfera terrestre (gases estufa) e sua correlação com a temperatura média e o balanço energético da Terra. São apontadas consequências decorrentes do aumento da emissão de gás carbônico para a atmosfera. |
| Observação | <i>Gases estufa</i> é uma expressão que aparece como sinônimo para <i>gases do efeito estufa</i> . |

Tabela A.2: Efeito Estufa (Disponível em: <http://youtu.be/soicSlswjOk>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Texto 1: *Temperaturas elevadas nas grandes cidades e suas correlações com os efeitos locais das mudanças climáticas globais*

Ondas de calor, recordes de temperatura, estreitamento de faixas de areia, mudanças nos horários de partidas de futebol, recordes nas vendas de aparelhos condicionadores de ar, inundações e deslizamentos de encostas são situações noticiadas pelos meios de comunicação relacionadas a eventos ambientais extremos, e com os quais geralmente precisamos conviver direta ou indiretamente na região metropolitana do Rio de Janeiro. As adaptações da população face aos referidos eventos incluem diversas ações, tais como a utilização de roupas leves, a hidratação constante do corpo (principalmente com água), a atenção aos noticiários meteorológicos locais e a improvisação de guarda chuva como guarda sol. No entanto, sabemos que existem grupos sociais mais vulneráveis diante da dificuldade para amenizar as consequências desses eventos ambientais.

A parcela da população que não dispõe de condições para evitar os reflexos comumente prejudiciais desses eventos ambientais abrange as pessoas que habitam os subúrbios, destacadamente nos morros e favelas, além das pessoas que precisam passar de carro, de ônibus ou a pé por áreas passíveis de alagamentos. Nestas regiões, consideradas de significativa vulnerabilidade ambiental, os habitantes estão sujeitos a desastres relacionados aos deslizamentos de encostas (ver Foto A.1), a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto A.2), e às elevadas temperaturas registradas desde a década de 1990.



Foto A.1: Deslizamento de encosta no Morro do Bumba, em Niterói, em abril de 2010. (Disponível em: <http://veja.abril.com.br>. Acesso em 04 de setembro de 2011).



Foto A.2: Alagamento na Praça da Bandeira, na zona norte do Rio de Janeiro, em abril de 2010 (Disponível em: <http://noticias.r7.com>. Acesso em 04 de setembro de 2011).

No tocante aos deslizamentos e às inundações, a população que habita zonas ambientalmente vulneráveis carece de apoio dos governos e demais autoridades políticas, de modo que amenizar os efeitos desses eventos ambientais implica em abandonar suas casas, o que geralmente não é aceito pela inexistência de outro espaço para moradia. Nesse sentido, verificamos

pelos meios de comunicação que as ações governamentais ocorrem somente quando há grandes desastres, tais como o de Angra dos Reis em janeiro de 2010, o de Niterói em abril de 2010 (ver Foto A.1 acima) e o da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, nos quais ocorreram perdas materiais enormes e, sobretudo, humanas irreparáveis. Estas posturas dos governantes se tornaram infelizmente recorrentes no contexto brasileiro e, mais recentemente, suspeitas de utilizações ilícitas e superfaturadas de verbas públicas na recuperação de cidades afetadas por problemas ambientais, tais como Nova Friburgo e Teresópolis, aumentou a indignação da população com aqueles que deveriam representá-la e defender os interesses públicos, não particulares.

Esses problemas ambientais estão relacionados à intensificação do efeito estufa mediante a excessiva emissão de dióxido de carbono pelas mais variadas fontes relacionadas às atividades humanas. Ademais, a degradação do meio ambiente urbano devido a sua ocupação descontrolada tem dado origem às ilhas de calor, as quais também contribuem com tais problemas ambientais.

A radiação solar que incide na atmosfera terrestre é parcialmente absorvida e refletida de volta ao espaço por seus gases constituintes, tais como dióxido de carbono, vapor d'água, nitrogênio, oxigênio e ozônio, e pelas nuvens e poeiras em suspensão, o que representa em torno de 30% de toda a radiação solar que chega ao planeta Terra. A outra parcela da radiação solar, ou seja, cerca de 70%, alcança a superfície terrestre, sendo absorvida e, então, emitida de volta ao espaço. Essa radiação é emitida sob a forma de radiação infravermelha (que transporta calor), provocando o aquecimento da atmosfera terrestre pela absorção de radiação infravermelha pelo dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, halocarbonetos e vapor d'água. Esses gases são chamados gases do efeito estufa.

Esse equilíbrio energético no sistema atmosfera-terra-oceanos (energia que entra na atmosfera terrestre é igual a que sai) é responsável por manter a temperatura média do nosso planeta em aproximadamente 15°C. Esse fenômeno natural é denominado efeito estufa, o qual é fundamental para a biodiversidade da fauna e flora terrestre. Caso não houvesse atmosfera na

Terra, não ocorreria este fenômeno, de modo que a temperatura média seria de aproximadamente -18°C .

A influência humana sobre o clima terrestre começou com a Revolução Industrial Inglesa (século XVIII), quando teve início a emissão significativa de dióxido de carbono para a atmosfera terrestre pelas indústrias. O dióxido de carbono (CO_2) é o principal gás de contribuição antropogênica para o aquecimento global e sua emissão para a atmosfera terrestre provém das atividades industriais, dos veículos automotores à combustão e das queimadas das florestas. Como dissemos, o CO_2 , assim como os demais gases do efeito estufa, funciona como uma espécie de barreira atmosférica que dificulta a dispersão do calor emitido pela superfície terrestre para o espaço. Esta tendência é apresentada graficamente abaixo:

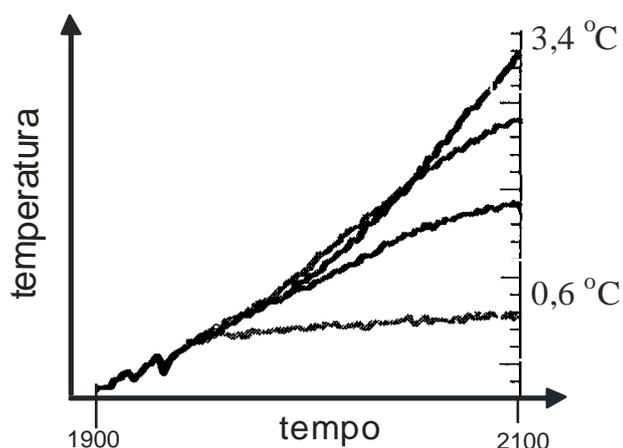


Gráfico A.1: Previsões (0,6 a $3,4^{\circ}\text{C}$) do aquecimento global por gases de efeito estufa (1900 a 2100): (IPCC, 2007, p.7).

Por que uma variação máxima de apenas $2,8^{\circ}\text{C}$ seria um problema para a humanidade? Porque este valor é uma média global que oculta grandes flutuações climáticas responsáveis por desastres ambientais. Inclusive, uma designação mais apropriada para o aquecimento global seria mudanças climáticas, de modo que ficaria evidente que não está ocorrendo aquecimento em todas as regiões do planeta. No cenário previsto atualmente, o aquecimento global tenderá a crescer, no entanto, conforme observamos no Gráfico A.1 as previsões indicam a tendência deste fenômeno, já que seus níveis finais foram conjecturados (estimados mediante hipóteses).

O derretimento (processo de fusão) atual dos glaciares e do gelo contido no topo das montanhas, assim como a expansão térmica dos oceanos, levaram a um aumento do nível médio do mar em torno de 10 a 20 cm nos últimos 100 anos, com conseqüente redução das faixas de areia em algumas cidades litorâneas. Por outro lado, numa atmosfera mais aquecida aumenta a quantidade de vapor d'água no ar, que é um gás do efeito estufa. Observações mostram que desde 1970 um aumento de 0,55°C na temperatura do ar sobre os oceanos acarretou em um aumento de 4% de vapor d'água. Com o aumento de temperatura e de vapor d'água, verifica-se uma tendência de aumento na frequência de ocorrência de chuvas intensas.

Outro fator de caráter antropogênico que contribui para o aquecimento global são as denominadas ilhas de calor, fenômeno típico dos grandes centros urbanos. A ilha de calor é um fenômeno de aquecimento local das grandes cidades, mas que também contribui para o aquecimento global. A emissão de calor pelos veículos automotores e indústrias contribui para sua formação, entretanto, esse fenômeno local é fortemente influenciado pelo planejamento urbano mediante diversos fatores, tais como impermeabilização dos solos, falta de árvores e adensamento de uso de espaços urbanos (por exemplo: Complexo do Alemão). É possível encontrarmos na região metropolitana do Rio de Janeiro localidades, concentrando escolas, residências e hospitais, próximas de avenidas que possuem tráfego intenso de veículos automotores e nas quais também ocorrem formações das ilhas de calor. Como exemplo, apresentamos a Foto A.3 no intuito de ilustrar uma região do subúrbio que tem se mostrado muito vulnerável.

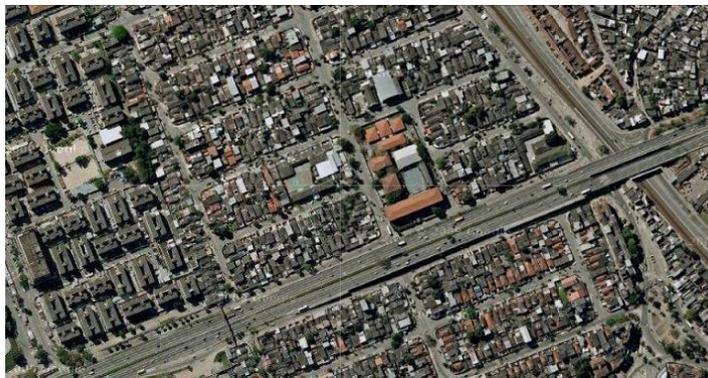


Foto A.3: Localidade ambientalmente vulnerável abrangendo Acari, Fazenda Botafogo e Coelho Neto, bairros da zona norte do subúrbio da cidade do Rio de Janeiro (Disponível em: <http://maps.google.com>. Acesso em 21 de novembro de 2010).

Na região acima, a população enfrenta problemas ambientais apontados como reflexos do aquecimento global. Esses reflexos envolvem recorrentes tempestades que levam a inundações de casas, ruas e avenidas (ver Foto 4.4 abaixo) e elevadas temperaturas (ver Foto 4.5 abaixo).



Foto A.4: Enchente de rua e avenida (após temporal intenso na localidade da Foto 4.3) entre as estações de metrô Coelho Neto e Acari / Fazenda Botafogo, em janeiro de 2009 (Foto: Almir G. Santos).



Foto A.5: Temperatura registrada por termômetro digital (na região da Foto 4.3) nas proximidades da estação de metrô Acari / Fazenda Botafogo, em março de 2009 (Foto: Almir G. Santos).

A vulnerabilidade da população que habita e convive na região acima poderia ser amenizada se houvesse mobilizações do governo e demais políticos, além de outros órgãos competentes, realizando a limpeza de ruas e boeiros, a dragagem de rios e o incentivo às caminhadas e ao uso de bicicletas e metrô, meios de transporte ecologicamente corretos. No entanto, sabemos que para esta mobilização ser bem-sucedida, precisaria contar com a participação efetiva da população, o que envolve mudanças sociais, culturais e econômicas sobre seus hábitos.

Na região ilustrada pela Foto A.3 existem muitas escolas, dentre as quais, numa delas as elevadas temperaturas dificulta por vezes a concentração e o humor de alunos e professores, representando prejuízos para o processo de ensino-aprendizagem. Outra situação vivenciada nesta escola são as ausências de alunos em dias de temporais intensos, os quais, ou não conseguem chegar à escola devido ao alagamento de ruas e avenidas, ou ficam em casa colocando os móveis e eletrodomésticos em locais altos devido à possibilidade de inundações de suas residências.

Salientamos que esse é um problema ambiental urbano típico da região metropolitana do Rio de Janeiro, na medida em que também ocorrem inundações nas proximidades de instituições de ensino localizadas em bairros valorizados da cidade do Rio de Janeiro, tal como no do Maracanã.

No cenário atual, temos alguns obstáculos a superar, pois, por um lado, há abrangência reduzida de ciclovias no estado do Rio de Janeiro e metrô superlotados nos horários do *rush*, e, por outro, os carros e motos ainda representam para muitas pessoas uma questão de status social e econômico na sociedade. Entretanto, dentro de uma perspectiva de construção de um mundo mais justo, solidário e ecologicamente sustentável, precisamos repensar nossos hábitos e ações que repercutem negativamente sobre o nosso ambiente e planeta e, evidentemente, as prioridades políticas dos políticos que se dispõem a nos representar, elegendo aqueles que demonstrem preocupações reais com a natureza e o bem-estar ambiental da população nas grandes cidades.

- 1) O que tem ocorrido com as temperaturas médias no Rio de Janeiro nos últimos anos, em 2010 e 2011? Justifique.
- 2) Existem correlações entre temperaturas e eventos ou situações vivenciadas por você na sua casa, rua ou escola? Exemplifique.
- 3) Cite situações que ilustram o aumento da temperatura média global nos últimos anos (desde a década de 1990)? Com quais já conviveu (ou quais já observou)?
- 4) O que é o fenômeno do efeito estufa? Suas consequências são benéficas ou maléficas para os seres humanos? Exemplifique.
- 5) Explique o aquecimento global. Existe(m) diferença(s) entre aquecimento global e mudanças climáticas? Se sim, qual (ou quais)?
- 6) O que são as ilhas de calor? Quais os fatores que a influenciam?
- 7) Quais os principais fatores responsáveis pelo aquecimento global?
- 8) Os efeitos do aquecimento global são iguais para toda a população do Rio de Janeiro? Por quê?

- | |
|---|
| <p>9) Como o poder público pode amenizar as consequências do aquecimento global onde moramos? Explique.</p> <p>10) Quais as nossas contribuições para reduzir os reflexos prejudiciais do aquecimento global na região de nossas residências? Justifique.</p> |
|---|

Questionário A.2: Questionário de apoio ao texto do Problema 1.

No tocante à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *As temperaturas nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o termômetro digital portátil, sendo possível, no caso de dificuldades financeiras da escola, utilizar o termômetro de álcool. Salientamos que são necessários dois instrumentos, independente do tipo, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é a temperatura ambiente.

Quanto ao **Relatório Experimental**, a pergunta correlacionando o parâmetro físico do problema ambiental com seus reflexos na vida das pessoas em cada ambiente da escola é: *A temperatura neste lugar influencia seu desempenho? Explique.*

O problema ambiental da seção seguinte aborda os níveis sonoros nos centros urbanos e seus reflexos na saúde humana.

A.3. Problema 2: Níveis sonoros nas grandes cidades e seus efeitos sobre a população

- 1) Os “sons altos” encontrados em casa, nas ruas e na escola representam problemas para você? Apresente exemplos.
- 2) Os “volumes altos” de fones de ouvido ou da televisão afetam a saúde humana? Justifique.
- 3) É possível encontrar ambientes da escola onde o “som elevado” pode prejudicar? Explique.
- 4) Quais os problemas de saúde que os “sons altos” podem trazer para os seres humanos?
- 5) O que você entende por poluição sonora? E por níveis sonoros?
- 6) Qual o seu entendimento sobre audiograma? E sobre “dB”?
- 7) Quais são os responsáveis pela poluição sonora nas grandes cidades? Cite exemplos.
- 8) Quem (ou o que) produz poluição sonora na escola? Exemplifique.
- 9) O que pode ser feito para acabar com ou reduzir a poluição sonora nas grandes cidades? E na escola?

Questionário A.3: Questionário inicial e final do Problema 2.

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | CREA MT |
| Programa | CREA na TV |
| Duração | 4min |
| Resumo | São realizadas considerações gerais e introdutórias sobre a poluição sonora, para, então, contextualizar este problema na cidade de Cuiabá (MT). E seguida, apresenta dados de reclamações da população e informações sobre o decibelímetro e os níveis sonoros relativos a alguns ambientes. Por fim, expõe os problemas de saúde vinculados à poluição sonora e as ações de redução e fiscalização. |
| Observação | É utilizado o termo <i>volume</i> (pelo fiscal da secretaria de meio ambiente de Cuiabá) ao invés de <i>nível sonoro</i> . |

Tabela A.3: Danos da Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/L7nxPvYDCs>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | Repórter ECO – TV Brasil |
| Programa | Repórter ECO – TV Brasil |
| Duração | 4min28s |
| Resumo | São comentadas ideias de John Cage sobre música e situações gerais da poluição sonora em São Paulo. A poluição sonora é conceituada e correlacionada por Eduardo Murgel ao nosso cotidiano e a problemas de saúde. Em seguida, este autor faz considerações sobre a poluição sonora no mundo animal e as formas de mitigar este problema ambiental nos centros urbanos. |
| Observação | Não são feitas considerações sobre os conceitos físicos envolvidos na poluição sonora. |

Tabela A.4: Poluição Sonora (Disponível em: <http://youtu.be/2hDVOqXoeaE>. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

Texto 2: Os altos níveis sonoros nas regiões metropolitanas e seus reflexos sobre a população

A população dos grandes centros urbanos brasileiros convive com problemas ambientais que podem trazer sérios danos à saúde e à qualidade de vida, dos quais destacamos o excesso de ruído, situação conhecida como poluição sonora. Embora o conceito de poluição sonora seja um tanto subjetivo, pois as músicas de uma banda de *rock* podem ser fontes de ruídos perturbadoras para algumas pessoas, mas entendidas como expressões artísticas por outras, consideraremos, para fins práticos, que poluição sonora será a situação ou o evento em que a emissão excessiva de som acarreta prejuízos para a saúde humana individual e coletiva, incluindo-se aspectos físicos, emocionais, psíquicos e fisiológicos, tais como perdas temporárias e permanentes de audição, estresse, insônia e problemas cardíacos, arteriais e estomacais.

Embora seja enorme a diversidade de locais e horários em que os habitantes das grandes cidades ficam sujeitos a níveis sonoros danosos para sua saúde e qualidade de vida, existem aquelas situações mais comuns e

preocupantes para a população em geral, sobretudo, a que habita as zonas de risco ambiental dos subúrbios dos centros urbanos brasileiros. Essas situações envolvem: 1) buzinas e barulhos de veículos automotores; 2) conversas em voz alta entre passageiros nos transportes públicos; 3) pessoas falando ao celular no modo vivavoz (no sistema convencional e, principalmente, no Nextel), ouvindo música ou assistindo televisão no celular (sistema de TV digital) com nível sonoro muito elevado nos meios de transporte público; 4) adolescentes e adultos ouvindo música no fone de ouvido em nível sonoro tão alto que incomoda quem se encontra nas proximidades; e 5) ruídos provenientes do motor ou de peças soltas ou com folgas em trens e ônibus.

Para algumas pessoas, as situações de poluição sonora envolvem a própria profissão, tais como: o operário da construção civil e os ruídos advindos de batidas de marretas, de máquinas cortadoras de azulejo e de britadeiras; o motorista de ônibus coletivo e o barulho do seu motor; o operador de tráfego (de trânsito) e os roncos de motores e barulhos de buzinas; e o professor e os alunos de uma escola e os sons elevados de conversas barulhentas na sala de aula. No caso do professor e dos alunos, destacamos que suas saúdes sofrem as consequências da poluição sonora, tendo em vista que: 1) a acústica das salas de aula é inadequada para falar e ouvir; 2) os estudantes conversam entre si em voz muito alta; e 3) as salas de aula podem se localizar nas proximidades de ruas e avenidas, cujo tráfego intenso de veículos traz ruídos indesejáveis para o processo de ensino-aprendizagem.

Apesar das situações acima causarem claramente irritação às pessoas envolvidas, os prejuízos para sua saúde podem ir muito além da simples irritabilidade, pois incluem, dentre outros danos: 1) perda temporária ou permanente na audição em médio e longo prazo; 2) distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais; 3) estresse; 4) insônia; 5) dificuldade de concentração; 6) queda de rendimento no trabalho; e 7) problemas emocionais. Esses problemas de saúde são muito preocupantes, sobretudo porque se desenvolvem silenciosamente no nosso organismo, de modo que somente se tornam perceptíveis quando já se encontram em fase avançada e, por vezes, irreversível, tais como as perdas auditivas e os distúrbios cardíacos, arteriais e estomacais.

A orientação, avaliação e controle dos níveis sonoros são feitos por órgãos vinculados à saúde, ao meio ambiente e ao trabalho, dos quais destacamos a OMS, a ANVISA, o IBAMA, o Ministério do Trabalho e as secretarias estaduais e municipais de meio ambiente. Para tal, existem as indicações aceitáveis dos níveis sonoros em diversas situações diárias nas grandes cidades, cujos danos à saúde humana se iniciam em 50 dB (ver Tabela A.5 abaixo).

| | Watts | dB | |
|--------------------------------|---------------|-----|--------------------------------|
| Avião a jato a 30 m | 10 | 130 | Limiar de dor |
| Turbina de avião a 7 m | 1 | 120 | |
| Trovão | 0,1 | 110 | |
| Motor de caminhão | .01 | 100 | Show de rock |
| Locais de trabalho ruidosos | .001 | 90 | |
| Picos muito fortes de música | .0001 | 80 | Música clássica (no palco) |
| Trafego (carros) pesado a 10 m | .00001 | 70 | |
| Média de uma fábrica ruidosa | .000001 | 60 | Conversa normal |
| Escritório ruidoso | .0000001 | 50 | Sala silenciosa |
| Média de um escritório | .00000001 | 40 | |
| Média de uma residência | .000000001 | 30 | Estúdio de gravação silencioso |
| | .0000000001 | 20 | |
| | .00000000001 | 10 | |
| | .000000000001 | 0 | Limiar de audição |

Tabela A.5: Valores de potência sonora e dos níveis sonoros de situações às quais estamos sujeitos, com algumas figuras ilustrativas (FIGUEIREDO e TERRAZZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

Na tabela acima encontramos indicações de potências sonoras e respectivos níveis sonoros relativos a certos contextos passíveis de serem encontrados no nosso cotidiano nos grandes centros urbanos. Os níveis sonoros de um show de *rock* e de um motor de caminhão podem contribuir com perdas irreversíveis para a audição humana, mesmo com reduzidos tempos de exposição.

Quando pensamos nos problemas ambientais contemporâneos, a constituição federal do Brasil estabelece direitos dos cidadãos e de animais silvestres a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual abrange não somente as florestas e demais ecossistemas, mas igualmente as cidades, de modo que as pessoas possam viver num espaço ou ambiente urbano onde sejam assegurados seus direitos à saúde e à qualidade de vida. Embora tais aspectos constitucionais sejam reafirmados na Política Nacional de Meio Ambiente, sabemos infelizmente que geralmente as pessoas, as empresas e o governo não demonstram preocupações com a construção de um ambiente

mais saudável e equilibrado, exceto quando realmente ocorrem prejuízos financeiros mediante sanções previstas na Lei de Crimes Ambientais.

Ainda no tocante à tabela acima, destacamos que os problemas de audição decorrentes de elevados níveis sonoros não dependem unicamente do nível sonoro, mas também envolvem o tempo de exposição ao ruído, conforme destacado pelo Ministério do Trabalho na Tabela A.6 a seguir. No entanto, há casos em que o tempo de exposição possui influência secundária, tais como explosões muito intensas de bombas e sons muito altos e agudos oriundos de máquinas da construção civil, em que os níveis são extremamente altos.

| Tempo | Decibéis |
|------------|----------|
| 8 horas | 85 |
| 4 horas | 90 |
| 2 horas | 94 |
| 1 hora | 100 |
| 30 minutos | 105 |
| 15 minutos | 110 |
| 07 minutos | 115 |

Tabela A.6: Relações entre tempo de exposição e decibéis (nível sonoro) para ruídos contínuos nas profissões, segundo legislação do Ministério do Trabalho (BRAGA et al., 2005, p.212).

A tabela acima nos revela exemplos de cenários relacionando nível sonoro (em decibéis) e tempo de exposição. Combinando informações das Tabelas 4.8 e 4.9, percebemos que como motores de caminhão emitem níveis sonoros em torno de 100dB, um mecânico de caminhão, por exemplo, não poderia exceder 1h de trabalho contínuo num ambiente onde esteja ligado um caminhão, a menos que disponha de proteção auricular adequada.

No tocante aos problemas auditivos dos seres humanos decorrentes da poluição sonora, precisamos compreender, dentre outros aspectos, a sensação sonora das pessoas. O ouvido humano capta sons com frequências que variam de 20 até 20.000 Hz, ao passo que a fala dos seres humanos envolvem sons na faixa de 100 a 200 Hz para homens adultos e de 200 a 400 Hz para mulheres adultas. Na verdade, tais valores são médios para as pessoas, já que com o avanço da idade e/ou com a exposição a níveis sonoros muito elevados durante certo período, os limites das frequências audíveis se tornam menores, sobretudo nas altas frequências.

Os audiogramas são gráficos que relacionam níveis sonoros e frequências audíveis pelas pessoas. O Gráfico A.2 apresenta três curvas que caracterizam indivíduos de situações distintas de acuidade auditiva.

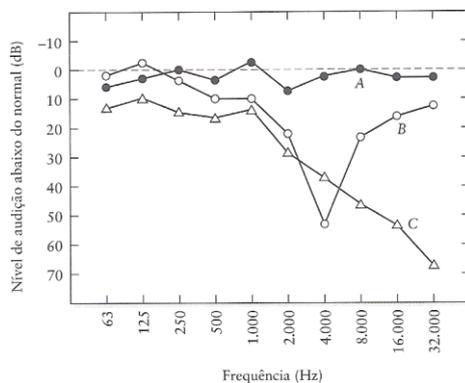


Gráfico A.2: Três audiogramas de pessoas com diferentes acuidades auditivas (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Nos audiogramas acima, a pessoa A apresenta uma ótima audição, na medida em que manifesta níveis normais para todas as frequências, ao passo que as pessoas B e C possuem problemas de audição. A pessoa B manifesta dificuldades auditivas para sons em frequências em torno de 4000 Hz, na faixa de 2000 Hz até 8000 Hz, podendo representar um trabalhador que teve perda auditiva devido à constante exposição às frequências específicas no seu emprego. Ou então pode se relacionar a jovens que tiveram danos no aparelho auditivo em decorrência de escutar continuamente músicas em níveis elevados. Seja como for, a pessoa B possui dificuldades para conversar, tendo em vista que suas perdas auditivas ocorreram na região de frequências próximas da fala. Por fim, a pessoa C é representada por um audiograma típico de alguém idoso, pois com o passar dos anos as pessoas perdem sua acuidade auditiva nas frequências mais altas, ou seja, nos sons agudos.

A sensação auditiva dos seres humanos não segue aspectos puramente físicos, de modo que quando a intensidade sonora dobra ou triplica, a audibilidade do respectivo som não dobra ou triplica, fato extremamente benéfico para a saúde auditiva das pessoas. Na verdade, a audibilidade humana é regida por uma lei Biofísica, aplicável em outras situações relativas aos sentidos humanos, denominada lei Psicofísica de Weber-Fechner, segunda a qual a sensação sonora humana (ou nível sonoro) depende logaritmicamente da intensidade sonora (ou da pressão sonora). Nesse contexto, o audiograma a

seguir favorece a compreensão dos fatores que influenciam a sensação sonora (ou audibilidade) humana (ver Gráfico A.3 abaixo), a saber: frequência do som; e intensidade sonora.

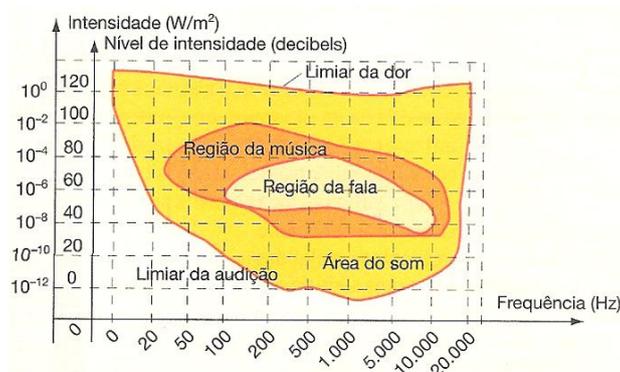


Gráfico A.3: Região de sensibilidade da orelha em função da frequência e da intensidade sonoras. As escalas dessas duas grandezas são logarítmicas (FIGUEIREDO e TERRAZAN apud SANT'ANNA et al., 2010, p.409).

No gráfico acima, além do nível sonoro e da frequência, identificamos a intensidade sonora, que está relacionada ao nível sonoro segundo a Lei de Weber-Fechner. Ademais, os principais aspectos apresentados pelo gráfico incluem: 1) a existência do limiar de audibilidade e do limiar de sensação dolorosa; 2) a dependência da sensação sonora humana com a intensidade sonora e a frequência do som; e 3) a região da fala é bem menor do que a da audição em intensidade sonora e em frequência.

O som é detectado pelo ouvido humano pela variação de pressão do ar sobre a membrana timpânica, que compõe o ouvido externo do aparelho auditivo humano. Na Figura A.1, temos os principais componentes do aparelho auditivo humano, o qual é dividido em três partes: o ouvido externo, o médio e o interno. As variações de pressão que ocorrem no tímpano fazem com que os ossículos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo, nesta ordem) vibrem e amplifiquem a amplitude de vibração, aumentando a intensidade sonora.

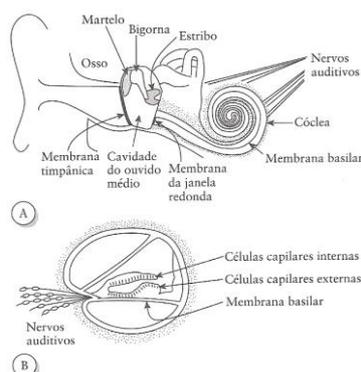


Figura A.1: O desenho A ilustra o esquema do ouvido humano e o outro, B, representa a cóclea vista em corte (VESILIND e MORGAN, 2011, p.382).

Após passarem pelos ossículos do ouvido médio, as vibrações sonoras encontram a membrana da janela redonda (ou oval), que além de separar o ouvido médio do interno, amplifica ainda mais as vibrações sonoras. Estas são transmitidas à membrana basilar, que está conectada à membrana da janela redonda, para, então, fazerem vibrar um líquido contido na cóclea, uma estrutura óssea do ouvido interno que possui minúsculas células capilares (denominadas internas e externas). As vibrações do líquido são detectadas pelas células capilares, sendo que as altas frequências movem as células mais próximas da janela redonda e as baixas as que se encontram no lado oposto, ou seja, no outro lado da cóclea. Os movimentos mecânicos dessas células capilares fazem-nas se encostarem, gerando, assim, impulsos elétricos que são levados ao cérebro pelos nervos auditivos, o qual interpreta as vibrações sonoras.

Os problemas de audição humana em decorrência da exposição a níveis sonoros elevados (acima de 50 dB) incluem: 1) danos temporários ou permanentes (dependendo do tempo de exposição e da intensidade e frequência do ruído) a componentes do ouvido (membrana timpânica; ossículos do ouvido médio; e terminações do ouvido interno); 2) estresse e hipertensão; 3) distúrbios no sono; 4) dificuldade de concentração e queda no rendimento acadêmico ou profissional; 5) úlcera; e 6) problemas cardíacos.

Para se evitar ou eliminar esses potenciais problemas para a saúde humana, torna-se necessário encontrar formas de mitigar ou eliminar a poluição sonora. Essa tarefa pode ser realizada mediante intervenções sobre a fonte sonora, o caminho do ruído ou o receptor do som. Alterações sobre a fonte sonora, reduzindo seu nível sonoro, representam geralmente a estratégia

mais eficaz para cumprir essa tarefa, o que no caso dos automóveis nas ruas pode ser feito mediante: 1) exigências de redução de ruído nas vistorias anuais; 2) melhorias na pavimentação de ruas e avenidas; 3) redução e controle dos limites de velocidade; e 4) replanejamento de rotas de automóveis por estradas distantes das áreas residenciais. No tocante ao controle do caminho do ruído, poderiam ser utilizadas barreiras antirruídos, cujas relações custo-benefício são questionáveis, ou as extensas matas fechadas, as quais se tornam inviáveis nos grandes centros urbanos. Por fim, temos a atuação sobre o receptor, que geralmente é feita com a utilização de pequenos protetores auriculares pelos seres humanos, cuja eficácia é limitada ao canal auditivo, tendo em vista que não protegem a audição humana das vibrações sonoras dos ossos no entorno do ouvido. Nesse sentido, os mais recomendados e eficazes para a proteção auditiva são os protetores auriculares grandes, que cobrem o canal auditivo e seu entorno, tal como os utilizados (ou que deveriam ser utilizados) pelos operários que trabalham com as britadeiras e funcionários que atuam na pista de pouso e decolagem de aviões nos aeroportos.

Pensando nas ações mais imediatas, as pessoas poderiam passar a respeitar os outros no cotidiano, evitando falar em voz alta pessoalmente ou no celular, não utilizando o celular no modo viva-voz em ambientes fechados, não ouvindo rádio ou vendo televisão no celular ou em casa com níveis elevados, evitando ao máximo buzinar no trânsito e elegendo políticos que estejam atentos aos problemas humanos relativos à poluição sonora. Ademais, as pessoas que pretendem melhorar a acústica dos ambientes precisam estar atentas a mitos e erros consagrados, que incluem as ideias associadas ao isopor e à caixa de ovos, além do papel da vegetação como barreira acústica e do material termo-acústico.

- 1) A população das grandes cidades convive com problemas ambientais relacionados ao barulho excessivo? Cite exemplos.
- 2) Os barulhos excessivos podem causar prejuízos no organismo humano? Quais?
- 3) Você já desenvolveu problemas de saúde ocasionados pelos sons excessivamente elevados? Explique.
- 4) O que significa poluição sonora?
- 5) Qual a grandeza física utilizada para medir os sons? E sua unidade de medida? Quais são os órgãos responsáveis por fazê-la?
- 6) O que são os audiogramas?

- 7) Descreva como funciona a sensação sonora dos seres humanos? E a recepção do som pelos ouvidos humanos?
- 8) A perda de audição humana depende de quais fatores? Qual o nível a partir do qual começam a ocorrer os problemas de saúde advindos da poluição sonora?
- 9) A população brasileira possui o direito de viver em um ambiente sem poluição sonora? Explique.
- 10) O que podemos fazer no nosso cotidiano para colaborar com a construção de um ambiente sem poluição sonora?

Questionário A.4: Questionário de apoio ao texto do Problema 2.

Quanto à atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) *Os níveis sonoros excessivos nos diversos ambientes da escola influenciam o desempenho das pessoas? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o decibelímetro digital portátil, não havendo alternativa mais barata para aquisição pela escola. Ademais, destacamos novamente que devem ser adquiridos dois instrumentos, e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de intensidade sonora, ou, simplesmente, nível sonoro.

A pergunta do **Relatório Experimental**, relacionando parâmetro físico do problema ambiental aos seus reflexos sobre o bem-estar das pessoas em cada ambiente é: *O nível sonoro neste ambiente afeta seu desempenho? Explique.*

A seguir apresentamos o problema ambiental que aborda os níveis de radiações UV nas cidades brasileiras e seus efeitos na saúde humana.

A.4. Problema 3: Radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus reflexos na saúde humana

- 1) Por que se recomenda utilizar filtros de proteção solar, óculos, boné e camisas em dias ensolarados?
- 2) Você se protege das radiações ultravioleta de origem solar? Como, quando e onde você faz isso?
- 3) A radiação ultravioleta pode prejudicar a saúde das pessoas? Se sim, quais os problemas de saúde que podem ser adquiridos pelas pessoas?
- 4) Você acha que pele bronzeada é sinal de saúde? Explique.
- 5) Qual a sua compreensão sobre o aumento nos últimos anos dos casos de pessoas com câncer de pele?
- 6) O que você entende por camada de ozônio? Existe correlação entre a camada de ozônio e a radiação ultravioleta? Qual?
- 7) Qual o seu entendimento sobre o buraco na camada de ozônio? Quais os efeitos sobre as pessoas do aumento desse buraco?
- 8) O que representa o índice UV? Qual deve ser nossa postura em dias com índices UV elevados?
- 9) Quais os responsáveis pelo buraco na camada de ozônio? O que podemos fazer para colaborar com sua redução?

Questionário A.5: Questionário inicial e final do Problema 3.

| | |
|-----------------------|---|
| Onde encontrar | <i>Site do INPE ou Youtube</i> |
| Produzido por | MAMUTE MÍDIA <i>web</i> multimídia <i>e-learning</i> e INPE |
| Série | Mudanças Ambientais Globais |
| Duração | 2min9s |
| Resumo | Apresenta a camada de ozônio e seu buraco, destacando: a interação do ozônio com a radiação UV; a destruição desta camada e os fatores responsáveis; e o aumento na incidência de câncer de pele. |
| Observação | O ozônio também absorve as radiações UVA e UVC, mas em quantidades bem menores comparadas à da radiação UVB. |

Tabela A.7: Buraco na Camada de Ozônio (Disponível em: http://youtu.be/Ck_mRXHdUw4. Acesso em 20 de dezembro de 2011).

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Onde encontrar | <i>Youtube</i> |
| Produzido por | Jornal da Cultura (SP) |
| Programa | Jornal da Cultura (SP) |

| | |
|-------------------|--|
| Duração | 1min38s |
| Resumo | São feitos comentários gerais e contextualizados sobre a incidência da radiação UV em cidades brasileiras e apresentadas dicas de proteção à saúde, sobretudo da pele. |
| Observação | A repórter utiliza o termo <i>radiação solar</i> ao invés de <i>radiação ultravioleta</i> . |

Tabela A.8: Perigo dos Raios UV nas Cidades (Disponível em: http://youtu.be/66YMUOsq_IM. Acesso em 26 de dezembro de 2011).

Será apresentado a seguir o texto de apoio didático 3, abordando o problema ambiental sobre radiação ultravioleta em cidades brasileiras e seus riscos para a saúde humana.

Texto 3: A radiação ultravioleta e a saúde humana em cidades brasileiras

Quando nos aproximamos do verão, os meios de comunicação, sobretudo a televisão, reservam quadros de telejornais e outros programas para fornecer à população sugestões de cuidados com aparência e saúde. Devemos reconhecer que existem orientações valiosas, no entanto, identificamos dicas que escondem prejuízos para os seres humanos, sendo a radiação ultravioleta um exemplo que requer bastante atenção.

Se, por um lado, são recomendados usos de filtros de proteção solar, chapéus, roupas (de tecidos não muito finos) e óculos na praia e nos demais locais, mesmo em dias nublados, por outro, a população apropria-se equivocadamente de imagens apresentadas pelos próprios meios de comunicação apontando que corpo bronzeado é necessariamente sinal de saúde e beleza, de modo que acabam se expondo à radiação ultravioleta solar sem as devidas proteções para a pele e os olhos. Essa tônica cultural representa um grave equívoco que esconde diversos danos potenciais para a saúde humana. Esse cenário é bem diferente do que ocorria no início do século XX, quando as pessoas frequentavam as praias quase completamente vestidas, tendo em vista que o valor cultural de caráter estético da época estava na brancura da pele.

A principal fonte de radiação ultravioleta (luz ou raios ultravioleta) é o Sol, que também emite para o nosso planeta luz visível e radiação infravermelha. Ademais, temos as fontes artificiais de produção de RUV, que incluem as lâmpadas de vapor de Hg, lâmpadas fluorescentes comuns e lâmpadas de arco elétrico, além de metais e vidros em estado de fusão e aparelhos de corte e solda à base de oxiacetileno.

A radiação ultravioleta se encontra na faixa de comprimentos de onda entre 100 e 400nm, e diferentemente da luz visível, que sensibiliza os olhos, e da radiação infravermelha, que permite a sensação térmica de calor, as radiações UV não são perceptíveis pelos sentidos humanos, atuando benéfica ou maleficamente de forma silenciosa sobre nosso organismo. Os dermatologistas (OKUNO e VILELA, 2005, p.19) realizaram uma classificação da radiação ultravioleta, aceita formalmente desde 1970, em UVA (400 até 315nm), UVB (315 até 280nm) e UVC (280 até 100nm). Os valores entre parênteses são os intervalos de comprimentos de onda de cada tipo de radiação UV e estão dispostos em ordem crescente de energia de RUV.

Salientamos que somente cerca de 10% da radiação solar que chega à Terra é de radiação ultravioleta, do qual apenas uma parcela bastante reduzida consegue atravessar a atmosfera, que é composta por gases como ozônio, nitrogênio, dióxido de carbono e vapor d'água, e chegar à superfície terrestre. Existe na estratosfera (entre 15 e 50Km de altitude) a chamada camada de ozônio (entre 25 e 35Km de altitude), onde ocorrem reações fotoquímicas das RUV com moléculas de oxigênio (O₂) e ozônio (O₃), nas quais são utilizadas as energias das RUV na produção e dissociação natural de moléculas de ozônio (O₃) (ver as reações na Figura A.2).

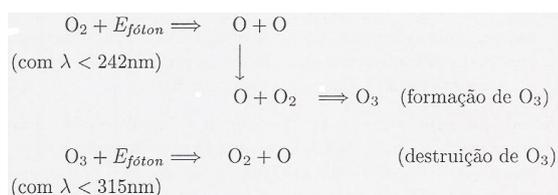


Figura A.2: Reações fotoquímicas de formação e destruição de ozônio pela radiação UV, com energia das radiações UV indicadas por $E_{\text{fóton}}$ (OKUNO e VILELA, 2005, p.30).

Essas reações de produção e eliminação de ozônio envolvem radiação ultravioleta com comprimentos de onda menores do que 242nm e 315nm, respectivamente, os quais abrangem as radiações UVC e UVB, mas também incluem uma pequena parte da radiação UVA. As radiações UV atuam nestas reações fornecendo energia que dependem inversamente do seu comprimento de onda e que é indicado por $E_{fóton}$, sendo *fóton* o termo utilizado para representar a radiação ultravioleta quando apresenta comportamento corpuscular, como nas reações fotoquímicas acima.

Após a filtragem natural na camada de ozônio, as radiações UV que conseguem chegar à superfície terrestre são uma pequena parte de UVA e uma parcela muito reduzida de UVB (ver Gráfico A.4). Embora a camada de ozônio seja localizada entre 25 e 35Km de altitude, a concentração de ozônio é máxima em torno de 30Km de altitude. Ademais, como a maior incidência de radiações UV do Sol ocorre nas proximidades da linha do Equador, o ozônio é amplamente produzido no Equador para, então, dirigir-se para os pólos geográficos terrestres.

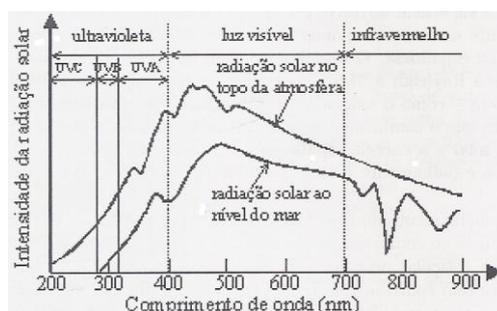


Gráfico A.4: Espectro da radiação que atinge o topo da atmosfera e o nível do mar em termos do comprimento de onda (UNEP apud OKUNO e VILELA, 2005, p.28).

A redução da intensidade de radiação solar que chega à superfície terrestre depende de diversos fatores, tais como os tipos de moléculas presentes na atmosfera (vapor de água, dióxido de carbono e ozônio) e a existência de nuvens. Nesse contexto, considerando a radiação UV, destacamos a influência de fatores temporais, geográficos e meteorológicos na sua incidência na superfície terrestre, os quais incluem: 1) a hora do dia (é máxima em torno do meio-dia); 2) a latitude (é maior em regiões de baixas latitudes, ou seja, próximas da linha do Equador); 3) a altitude (aumenta com o aumento de altitude em cerca de 6% a cada 1Km); 4) as nuvens (reduz devido

às nuvens); 5) estação do ano; 6) reflexão na superfície (pessoas embaixo de guarda sol ficam sujeitas à RUV após sua reflexão na areia da praia, por exemplo); e 7) a camada de ozônio (reduz, conforme apontado acima para a radiação solar).

No final da década de 70 e início da de 80, cientistas e especialistas detectaram reduções na espessura da camada de ozônio provocada por substâncias compostas de CFC's, por exemplo, em tubos de aerossóis, comuns em desodorantes, inseticidas caseiros e sprays, e em fluidos refrigerantes, presentes em aparelhos condicionadores de ar, geladeiras e congeladores. Os compostos de CFC's interferem nas reações fotoquímicas das RUV com as moléculas de oxigênio e ozônio (ver reações na figura abaixo), levando à redução na concentração de ozônio na estratosfera, fenômeno conhecido como buraco na camada de ozônio. A partir destas constatações, ocorreram iniciativas, inicialmente nos países desenvolvidos e, então, no Brasil, visando à substituição destes compostos químicos por outros que não interferissem nas reações que ocorrem naturalmente na camada de ozônio. Atualmente, este processo foi consolidado não somente nos países desenvolvidos, mas também no Brasil.



Figura A.3: O cloro liberado pela quebra dos compostos de CFC's pelas radiações UV reage com o ozônio e com o átomo de oxigênio (OKUNO e VILELA, 2005, p.31).

As mobilizações e iniciativas ocorridas em torno desse problema ambiental de rarefação da camada de ozônio decorrem dos graves danos das radiações UV para a saúde humana, incluindo problemas na pele, nos olhos e no sistema imunológico, que poderiam incidir em excesso sobre as pessoas, com a redução da proteção natural feita pela camada de ozônio.

As considerações sobre os benefícios e malefícios das radiações UV utilizará sua classificação em UVA, UVB e UVC, categorizando melhor seus efeitos sobre as pessoas. Conforme já destacado, quase nenhuma radiação UVC chega à superfície terrestre devido à proteção natural da camada de ozônio. A incidência da radiação UVC nos seres humanos desencadeia sérios problemas cutâneos, sobretudo câncer de pele.

No tocante à radiação UVB, esta penetra na pele humana até a epiderme, provocando queimaduras solares (ou eritema) na pele, com riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo se a exposição sem proteção apropriada for prolongada por diversos anos (ver foto abaixo). Os efeitos de vermelhidão e riscos de câncer cutâneo diminuem nas pessoas com cor de pele mais escura (ver Tabela A.8 abaixo). Entretanto, destacamos que estas pessoas estão igualmente sujeitas aos efeitos das radiações UV nos olhos e no sistema imune da pele relativo à radiação UVB e aos demais tipos.



Foto A.6: Pele humana com ulceração cancerosa devido à exposição excessiva às radiações UV (MÁXIMO e ALVARENGA, 2011, p.298).

| Tipo | Reações da pele à radiação solar | Exemplos |
|------|---|--|
| I | Sempre se queima, facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); nunca se bronzeia; a pele sempre se descasca. | Pele muito clara, olhos azuis, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca. |
| II | Geralmente se queima facilmente e de maneira severa (queimadura dolorosa); bronzeamento inexistente ou muito fraco; também descasca. | Pele clara, olhos claros ou castanhos, sardas, cabelos loiros ou ruivos; a pele não-exposta é branca. |
| III | Queima moderadamente e apresenta bronzeamento médio. | Média dos caucasianos; a pele não-exposta é branca. |
| IV | Mínima queimadura, bronzeia-se facilmente e acima da média em cada exposição; geralmente exhibe reações de IPD (<i>immediate pigment darkening</i>) | Pessoas com a pele branca ou morena, cabelos e olhos castanhos escuros (mediterrâneos, mongolóides, orientais, hispânicos, etc.); a pele não-exposta é branca ou morena. |
| V | Raramente se queima, bronzeia-se facilmente e substancialmente; sempre exhibe IPD | Mulatos e mestiços (ameríndios, índios, hispânicos, etc.) |
| VI | Nunca queima e se bronzeia abundantemente; sempre exhibe IPD | Negros; a pele não-exposta é negra |

Tabela A.8: Efeitos das radiações UV nos tipos de peles humanas (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV_e_pele.html. Acesso em 26 de novembro de 2011).

A radiação UVA consegue penetrar até a derme da pele humana, provocando alterações nas fibras colágenas e distribuição irregular dos melanócitos, deixando a pele mais enrugada, com maior flacidez e menor elasticidade, o que leva ao envelhecimento precoce da pele e a predisposição para desenvolver câncer cutâneo melanoma (ver Foto A.7 a seguir) e não-melanoma. Para as pessoas com pele mais escura, a radiação UVA pode proporcionar o bronzeamento da pele mediante sua atuação na proteína

melanina da derme, porém este efeito não se estende às pessoas com peles mais claras, conforme enfatizado na Tabela A.8 acima.



Foto A.7: 2 lesões de câncer cutâneo melanoma no ombro (OKUNO e VILELA, 2005, p.v).

Nas últimas décadas, a associação equivocada entre pele bronzeada e saúde e beleza fez com que muitas pessoas venham cada vez mais se expondo ao Sol sem os devidos cuidados com proteção contra as radiações UV, conforme pesquisa divulgada em 2009 pelo Ministério da Saúde relativa aos hábitos e à saúde do brasileiro. Nesse contexto, têm aumentado o número de casos de pessoas com câncer de pele nos últimos anos no Brasil e no mundo, destacadamente o do tipo não melanoma. Inclusive, em estatística fornecida pelo INCA, do Ministério da Saúde, para o ano de 2005, o câncer de pele não melanoma seria responsável pela maior incidência dentre todos os tipos de câncer.

Ainda no tocante à radiação UVA, podemos encontrar em discotecas e casas noturnas lâmpadas de radiação UVA produzindo efeito fosforescente sobre roupas brancas e dentes brancos, os quais ficam brilhando. Entretanto, o caso mais preocupante envolve a utilização da radiação UVA para bronzeamento artificial, pois as pessoas que se submetem a tais práticas estéticas não são por vezes informadas dos riscos de desenvolvimento de câncer cutâneo e de envelhecimento precoce da pele. Inclusive, existem trabalhos correlacionando o aumento de casos de mulheres com estes dois problemas cutâneos com o bronzeamento artificial.

Os problemas cutâneos, oculares e imunológicos destacados acima podem ser evitados ou, pelo menos, mitigados se as pessoas tiverem alguns cuidados necessários e básicos para se protegerem da incidência elevada de radiações UV. Roupas com tecidos que evitem a passagem de radiação UV ou luz, boné, guarda sol e óculos com lentes que protejam os olhos são instrumentos simples e altamente recomendáveis para proteger pele e olhos

contra as radiações UV. A exposição excessiva e sem proteções adequadas às radiações UV também pode desencadear problemas nos olhos, tais como cerato-conjuntivite, pterígio e catarata.

Embora tenhamos apenas algumas cidades brasileiras das regiões Norte e Nordeste localizadas nas proximidades da linha do Equador, o índice UV é em média elevado o ano inteiro no Brasil, conforme pode ser visto na Tabela 4.13 para a cidade do Rio de Janeiro. O índice UV solar é um indicador adimensional relacionado à irradiância espectral solar de radiação UV (medida em W/m^2) para uma faixa de comprimento de onda. O INPE possui um programa muito relevante no nosso território para avaliar, mediante uma rede de observatórios, o buraco na camada de ozônio e o índice UV. São disponibilizados no *site* do INPE boletins meteorológicos com os valores diários de índice UV (ver Figuras A.4 e A.5).

| País (Cidade) | latitude | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----------------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Argentina (Buenos Aires) | 35 °S | 9 | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 10 |
| Austrália (Sidney) | 34 °S | 9 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| Brasil (Rio de Janeiro) | 23 °S | 12 | 11 | 9 | 7 | 5 | 5 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 12 |
| Canadá (Vancouver) | 49 °N | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| Cuba (Havana) | 23 °N | 6 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 11 | 10 | 8 | 6 | 5 |
| França (Paris) | 49 °N | 1 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| Alemanha (Berlim) | 52 °N | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 7 | 5 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| Japão (Tóquio) | 36 °N | 2 | 4 | 5 | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 |
| Kênia (Nairobi) | 1 °S | 12 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 |
| Panamá (Panamá) | 9 °N | 9 | 11 | 12 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 9 | 9 |
| Rússia (São Petersburgo) | 60 °N | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Estados Unidos (N. Iorque) | 41 °N | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 6 | 3 | 2 | 1 |

Tabela A.9: Diversos países do mundo e seus índices UV no decorrer do ano (OKUNO e VILELA, 2005, p.66).



Figura A.4: As recomendações em símbolos para os índices UV, onde quanto maior o valor, maior é a incidência de radiações UV (Global Solar UV Index apud OKUNO e VILELA, 2005, p.iii).



Figura A.5: Interpretações dos valores de índice UV (Disponível em: http://satelite.cptec.inpe.br/uv/Tabela_IUV.html. Acesso em 27 de novembro de 2011).

A OMS recomenda que utilizemos protetores solares (filtro solar, óculos, boné e roupas apropriadas) quando o índice UV for superior a 3. No entanto, destacamos que os protetores solares devem incluir proteção contra as radiações UVA e UVB, de modo que possa abranger uma ampla faixa de comprimentos de onda de radiações UV. Ademais, quanto mais clara for a cor da pele da pessoa, maior precisa ser o valor do FPS do protetor solar, já que o tempo necessário para produzir eritema é tanto menor quanto mais clara for a cor da pele.

Por fim, outro cuidado relevante frente à proteção contra a radiação UV envolve o horário de nossa exposição à mesma. Nesse contexto, recomenda-se ir à praia antes das 9h e/ou após as 15h, pois a maior incidência das radiações UV ocorre em torno de meio-dia.

Embora tenhamos, até então, dado ênfase aos malefícios causados pelas radiações UV, ressaltamos que estas RUV também representam diversos benefícios para os seres humanos. Como a radiação UVC é letal a vírus, bactérias e germes, são utilizadas lâmpadas de UVC para esterilizar instrumentos, ar e água em centros cirúrgicos, restaurantes e sistemas de condicionadores de ar, além de serem empregadas na indústria alimentícia e farmacêutica.

A radiação UV é fundamental para o crescimento dos animais, pois colabora com a síntese da vitamina D pelo aparelho digestivo, a qual, por sua vez, atua na fixação do cálcio e do fosfato nos ossos, permitindo, então, o crescimento normal das pessoas. Para tal, são necessários apenas 10min de exposição diária antes das 9h ou após as 15h, além de uma dieta alimentar equilibrada. Além disso, na medicina as radiações UV são cruciais para a realização de diversos exames, tais como fototerapia, fotoquimioterapia, terapia fotodinâmica e laserterapia.

- 1) Quais as recomendações que as pessoas deveriam seguir frente à proteção contra a radiação ultravioleta?
- 2) A população segue as orientações de proteção contra a radiação ultravioleta? Explique.
- 3) Quais os problemas de saúde que podem ser produzidos pela incidência excessiva de radiação ultravioleta?
- 4) Quais os tipos de fatores que interferem na incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre? Cite exemplos.
- 5) O que é a camada de ozônio? Qual a sua função frente às radiações UV?
- 6) Explique o que representa o buraco na camada de ozônio? Quais os fatores que o originou?
- 7) O que é o índice UV? Qual é a sua importância?
- 8) Como as pessoas podem proteger sua pele contra as radiações UV? E seus olhos?
- 9) Existem riscos para a saúde humana envolvendo o bronzamento artificial? Cite esses riscos.
- 10) As radiações UV representam apenas prejuízos para a população? Justifique.

Questionário A.6: Questionário de apoio ao texto do problema ambiental 3.

Para a atividade experimental deste problema ambiental, as **Perguntas de Introdução ao Experimento** são: 1) Os níveis de radiações UV *nos diferentes horários do dia afetam o desempenho das pessoas na escola? Justifique;* e 2) *Como podemos testar as hipóteses da pergunta anterior e sua justificativa?*

O **Instrumento de Medição** é o medidor de UV (Solar) digital portátil (é o mais recomendável!), existindo como alternativa mais barata de compra as fitas de medição de UV. Salientamos que precisam ser adquiridos dois instrumentos (ou fitas, se for o caso), e, evidentemente, o **Parâmetro Físico Experimental** é o nível de radiações UV, ou, simplesmente, o nível UV.

A pergunta do **Relatório Experimental**, correlacionando parâmetro físico do problema ambiental e reflexos sobre a saúde das pessoas nos diversos horários é: *Os níveis da radiação ultravioleta influenciam seu desempenho neste ambiente? Explique.*

Referências bibliográficas

- AIKENHEAD, G.S. Research into STS Science Education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.9, n.1, p.1-21, 2009.
- ALVES, P.R.P., SOUSA, D.R. e SILVA, H.C. Poluição Sonora na Física do Ensino Médio numa Abordagem CTS. *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro-RJ, 2005, p.1-4.
- ANGOTTI, J.A.P., BASTOS, F.P. e MION, R.A. Educação em Física: Discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.183-197, 2001.
- ARAÚJO, T.S. e SOUZA, S.O. Protetores Solares e os Efeitos da Radiação Ultravioleta. *Scientia Plena*, v.4, n.11, p.1-7, 2008.
- AULER, D. e DELIZOICOV, D. Visões de Professores sobre as Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). *II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos-SP, 1999, p.1-10.
- AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v.3, n.1, p.1-13, 2001.
- BASTOS, P.W. e MATTOS, C.R. Física para uma Saúde Auditiva. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória-ES, 2009, p.1-12.
- BESSON, U., AMBROSIS, A.D. and MASCHERETTI, P. Studying the Physical Basis of Global Warming: Thermal Effects of the Interaction between Radiation and Matter and Greenhouse Effect. *European Journal of Physics*, v.31, p.375-388, 2010.
- BORGES, A.T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.3, p.291-313, 2002.
- BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N. e EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª edição. São Paulo: editora Pearson Prentice Hall, 2005, p.2-6, 168-213 e 232-250.
- BRANCO, S.M. *Ecologia da Cidade*. 2ª edição. São Paulo: editora Moderna, 2003.
- BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9.394/96)*. Coleção Legislação Brasileira, 6ª edição, Rio de Janeiro: editora DP&A (2003), 1996.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais – Apresentação dos Temas Transversais*. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

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

BRASIL. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Secretaria de Educação Básica: Ministério da Educação, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 22 de Abril de 2010.

BRASIL. Guia de Livros Didáticos: PNLD 2012: Física. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2011. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-guia-do-livro-didatico>. Acesso em 18 de Agosto de 2011.

BURATTINI, M.P.T.C. *Energia: uma Abordagem Multidisciplinar*. Coordenação e orientação: Claudio Zaki Dib. São Paulo: editora Livraria da Física, 2008.

BURROUGHS, W.J. *Climate Change: A Multidisciplinary Approach*. 2nd Edition. New York: Cambridge University Press, 2007.

CARVALHO, A.M.P.(coord.), SANTOS, E.I., AZEVEDO, M.C.P.S., DATE, M.P.S., FUJII, S.R.S. e NASCIMENTO, V.B. *Termodinâmica: um Ensino por Investigação*. São Paulo: FEUSP, 1999.

CARVALHO, A.M.P. *Enculturação Científica: uma meta no Ensino de Ciências*. Texto apresentado no XIV ENDIPE, Porto Alegre-RS, 2008, p.1-12.

CHIQUITO, A.J., SILVA, R. e VIEIRA, K.B. Uma Mini-Estação Meteorológica. *Física na Escola*, v.6, n.2, p.20-22, 2005.

CHRISPINO, A. *Educação Tecnológica: Ciência, Tecnologia e Sociedade: Módulo III*. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2009.

COLL, C. *Que avaliar? Quando avaliar? Como avaliar?* In: *Psicologia e Currículo*. São Paulo: editora Ática, p.146-152, 1996.

FAGAN, B. *O Aquecimento Global: A Influência do Clima no Apogeu e Declínio das Civilizações*. Elvira Serapicos (trad.), São Paulo: editora Larousse do Brasil, 2009.

FIGUEIREDO, A. e TERRAZZAN, E.A. O Ouvido e o Som. *Revista de Ensino de Ciências*, n.17, p.33-43, 1987.

- FORTUNATO, D. e SAUERWEIN, I.P.S. Radiações: o que os estudantes querem saber? *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus-AM, p.1-9, 2011.
- HOGAN, D.J. e TOLMASQUIM, M.T (edited by). *Human Dimensions of Global Environmental Change: Brazilian Perspectives*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 4th. *Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers*.
- KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade – o caso do Ensino de Ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v.14, n.1, p.85-93, 2000.
- LANDULFO, E. *Meio Ambiente & Física*. Série Meio Ambiente, coordenação José de Ávila Aguiar Coimbra, São Paulo: editora SENAC São Paulo, 2005.
- LEGGETT, J. *Global Warming – The Greenpeace Report*. Oxford – New York: Oxford University Press, 1990.
- LEMKE, J.L. Investigar pára el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, v.24, n.1, p.5-12, mar/2006.
- MAY, E. and CARON, Z. *Global Warming for Dummies*. John Wiley & Sons Canada, 2009.
- MONIN, A.S. e YU A SHISHKOV. Climate as a Problem of Physics. *Physics – Uspekhi Education*, v. 43, n. 4, p. 381-406, 2000.
- MOREIRA, M.A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p.94-99, 2000.
- OKUNO, E. e VILELA, M.A.C. *Radiação Ultravioleta: características e efeitos*. 1ª edição. São Paulo: editora Livraria da Física, 2005.
- PHILLIPS. R. *Sources and Applications of Ultraviolet Radiation*. London: Academic Press Inc., 1983.
- PRESTES, M., CAPPELLETTO, E. e SANTOS, A.C.K. Concepções dos Estudantes sobre Radiações. *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Curitiba-PR, 2008, p.1-12.
- PROVENZANO, M.E. e WALDHELM, M.C. *Educação Tecnológica: Currículo e Avaliação: Módulo V*. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2009, p.105-134.
- SANTOS, M-E. “Encruzilhadas de Mudança no Limiar do século XXI – Co-construção do Saber Científico e da Cidadania via Ensino CTS de Ciências”. //

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Valinhos-SP, 1999, p. 1-14.

SANTOS, W.L.P. e MORTINER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v.2, n.2, p.1-23, 2002.

SANTOS, W.L.P. e MORTIMER, E.F. Abordagem de Aspectos Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.14, n.2, p.191-218, 2009.

SANTOS, A.G. e BEMFEITO, A.P.D. *Análise das Práticas de Ensino CTS em Física divulgadas em Periódicos on-line na perspectiva de Paulo Freire*. Monografia (Lato Sensu), CEFET-RJ, Maio/2010.

SANTOS, A.G. e SOUZA BARROS, F. Abordagem do Aquecimento Global em Livros Didáticos do Ensino Médio. *XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Águas de Lindóia-SP, 2010, p.1-12.

SANTOS, A.G. e SOUZA BARROS, F. Questões Ambientais no Ensino de Física. *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus - AM, 2011, p.1-10.

SCHNEIDER, S.H. *Laboratório Terra: o jogo planetário que não podemos nos dar ao luxo de perder*. Tradução de Alexandre Tort; revisão técnica, Rui Cerqueira. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

SEEDUC. *Proposta Curricular: um Novo Formato - Ciências, Biologia, Física e Química*. Secretaria de Estado de Educação: Governo do Rio de Janeiro, fev. / 2010. Disponível em:

http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/downloads/CIENCIAS_Biologia_Fisica_Quimica.pdf. Acesso em 07 de Agosto de 2011.

SILVA, J.A., PINTO, A.C. e LEITE, C. *Projeto Escola e Cidadania: Física*. São Paulo: editora do Brasil, 2000.

SILVA, L.F. e CARVALHO, L.M. O ensino de Física e a temática ambiental: a produção de energia elétrica em larga escala como um tema controverso. *X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina-PR, 2006, p.1-12.

SILVA, L.F. e CARVALHO, L.M. Professores de Física em Formação Inicial: o Ensino de Física, a Abordagem CTS e os Temas Controversos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.14, n.1, p.135-148, 2009.

SOUZA CRUZ, S.M.S.C. e ZYLBERSZTAJN, A. O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In:

PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia em uma Concepção Integradora*. 2ª ed. rev. Florianópolis: editora da UFSC, 2005, p.171-196.

VESILIND, P.A. e MORGAN, S.M. *Introdução à Engenharia Ambiental*. Tradução da 2ª edição norte-americana. São Paulo: CENGAGE Learning, 2011, p.271-306 e 375-390.

VIANNA, D.M. (org.), BERNARDO, J.R.R., PENHA, S.P., PAULA, A.G. e OLIVEIRA, F.F. *Novas Perspectivas para o Ensino de Física: Propostas para uma Formação Cidadã Centrada no Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS*. Instituto de Física – UFRJ, PROENFIS – CTS, Apoio: FAPERJ, Gráfica UFRJ, 2008.

VIANNA, D.M. *Formação cidadã para nossos alunos – um contexto cultural para o ensino de Física*. In: MARTINS, A.F.P (org.). *Física ainda é cultura?* São Paulo: editora Livraria da Física, 2009, p.131-149.

VILLATORRE, A.M., HIGA, I. e TYCHANOWICZ, S.D. *Didática e Avaliação em Física*. 1ª edição. São Paulo: editora Saraiva, 2009, p.58-82.

VIVEIROS, E.B. Erros de Mitos em Acústica Arquitetônica: isopor, caixa de ovos e afins. *V Congresso Iberoamericano de Acústica*, Santiago de Chile, 2006, p.1-10.

WATANABE, G. e KAWAMURA, M.R.D. Uma Abordagem Temática para a Questão da Água. *X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina-PR, 2006, p.1-12.

LIVROS CONSULTADOS

- ✓ BISCUOLA, G.J., BÔAS, N.V. e DOCA, R.H. *Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Saraiva, 2010.
- ✓ FUKU, L.F. e YAMAMOTO, K. *Física para o Ensino Médio* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Saraiva, 2010.
- ✓ GASPAR, A. *Compreendendo a Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora FTD, 2011.
- ✓ MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B., *Curso de Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Scipione, 2011.

- ✓ MENEZES, L.C., CANATO Jr., O., KANTOR, C.A., PAOLIELLO Jr., L.A., BONETTI, M.C. e ALVES, V.M. *Quanta Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora PD, 2010.
- ✓ PIETROCOLA, M., POGIBIN, A., ANDRADE, R. e ROMERO, T.R. *Física em Contextos: Pessoal, Social e Histórico* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora FTD, 2010.
- ✓ ROBERTO BONJORNO, J., AZENHA BONJORNO, R.F.S., VALTER BONJORNO, RAMOS, C.M. e ALVES, L.A. *Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora FTD, 2010.
- ✓ SANT'ANNA, B., MARTINI, G., REIS, H.C. e SPINELLI, W. *Conexões com a Física* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora Moderna, 2010.
- ✓ TORRES, C.M.A., FERRARO, N.G. e SOARES, P.A.T. *Física – Ciência e Tecnologia* (3 volumes). 2ª edição, São Paulo: editora Moderna, 2010.
- ✓ XAVIER, C. e BARRETO, B. *Física Aula por Aula* (3 volumes). 1ª edição, São Paulo: editora FTD, 2010.