



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS - CCE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA - PPGEEnFis
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

RAFAEL OLARI MUNIZ

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL
BASEADO NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:
ESTUDO DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA COM O USO DE UMA MAQUETE**

Vitória – ES
Março - 2016

RAFAEL OLARI MUNIZ

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL
BASEADO NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:
ESTUDO DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA COM O USO DE UMA MAQUETE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Giuseppi Gava Camiletti.

Vitória – ES
Março - 2016

A Fátima, que me educou para a vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades e talentos a mim confiados em todas as etapas de minha vida.

A minha mãe Fátima Oliari Muniz e meu pai Adauto Muniz (*in memoriam*) pelo esforço em dar a melhor educação que puderam aos seus três filhos.

Ao meu orientador Giuseppi Gava Camiletti, por todo apoio, paciência, conversas e contribuições acadêmicas.

Ao amigo e colega de laboratório Messias Bicalho Cevolani, por tantos meses em trabalho árduo no apoio à construção da maquete, bem como apoio na escrita do Material Instrucional e deste presente trabalho. Sem o mesmo, o projeto da maquete não seria possível.

Ao amigo Cleiton Kenup pela contribuição no site criado para a divulgação da maquete e incentivos durante a construção da maquete e na escrita deste trabalho.

Ao amigo e colega do curso Ernani Vassoler Rodrigues, pela grande ajuda nas análises estatísticas deste trabalho e diversas conversas que me serviram de grande apoio.

Ao amigo Sanderley, pela grande contribuição durante o processo de aplicação do MI.

A todos os colegas do curso de Mestrado, em especial Nikolay Neves, Rogério Silva e Vanessa Santos, por diversas contribuições nas conversas e debates.

Em relação à maquete: Christiane Oliari, Cleiton Kenup, Dayanna Pimentel, Marlon Vieira e Surya Cantarino, que contribuíram ativamente em sua construção; ao professor Alfredo Gonçalves Cunha, coordenador do Laboratório de Plasma Térmico (LPT) da UFES, meu “pai” na UFES desde 2008, por muitas contribuições e por “emprestar” o Laboratório de Instrumentação para o ensino de Física (LIEF) e o LPT durante os meses de execução da maquete; ao coordenado deste curso de Mestrado na UFES Laércio Ferracioli, pelo incentivo no uso da maquete neste trabalho; os alunos do curso de Física Arthur Patrocínio, Ednei Frasson e Igor Dala Bernardina, “guardiões” do LIEF, colaborando sempre que necessário; a todos colegas do grupo do LPT/LMC, em especial Miguel Angelo Schettino, Gustavo Gonçalves e Victor Arantes; por fim, aos demais que contribuíram em etapas diversas: Alcides Melquíades, Antonio Bittencourt, Artur

Cassimiro, Gillan Schirmer, Giuseppi Camiletti, Júlio José Bezerra, Lucas Fazolo, Matheus Batista e Victor Gava.

Ao amigo e aluno do curso de Cinema da UFES Caio Fabricius, pela dedicação na filmagem e edição do vídeo feito para a divulgação da maquete.

Ao pessoal envolvido na Mostra de Física e Astronomia da UFES de 2015, especialmente os alunos Diego Boldt, Tyrone e Walackson Luander, que contribuíram na aplicação da maquete na Mostra e para a Turma Experimental deste trabalho.

Aos amigos do LEMAG: Armando Takeuchi, Carlos Eduardo, Carlos Henrique, Carlos Larica, Bernardo Amorim, Gabriel Silva, Gustavo Viali, Jhone Andrez, Tales Freitas, Tiago Bertelli, Thiago Bueno, Valberto Pedruzi e o coordenador Edson Passamani, pela ajuda e compreensão durante muitas ausências no Laboratório para a dedicação neste trabalho. Em especial, Alisson Krohling, nas contribuições no texto do trabalho.

A escola Alfredo Rabaioli, na pessoa do diretor Renner, pelo grande apoio que recebi.

Aos meus irmãos da Igreja Adventista Movimento de Reforma pelo apoio e orações. Ao jovem Igor Machado pela revisão do Abstract.

Ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Física da UFES e a CAPES.

“Onde estiver o que você dá importância,
aí estará o seu coração.”

Mt 6:21

RESUMO

Este trabalho relata a aplicação de um Material Instrucional (MI) que aborda conceitos relacionados a Transformações de Energia. O MI foi desenvolvido observando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), seguindo as recomendações de Ausubel (2003) e as contribuições de Moreira (2011, 2012) para tornar este MI potencialmente significativo. Também Foram seguidas as instruções de Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos. O MI propõe a utilização de três instrumentos: os *concept tests* (Mazur & Ives, 2013), um experimento e uma maquete que aborda todos os conceitos trabalhados no MI. A proposta de avaliação dos resultados do trabalho foi o delineamento experimental, por isso foram trabalhadas com duas turmas escolhidas de maneira aleatória, chamadas de Turma Experimental (TE), que recebeu aulas baseadas no MI incluindo os três instrumentos propostos, e a Turma Controle (TC), onde a intervenção foi feita apenas pelo uso do MI. A TE conta com 14 alunos e a TC com 8 alunos, ambas as turmas pertencem a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Major Alfredo Pedro Rabaioli, localizada na cidade de Vitória. Como instrumento de coleta de dados foram utilizados um Pré e um Pós Teste, aplicado em ambas as turmas. A análise dos dados coletados nos testes foram realizados sob enfoques qualitativos e quantitativos, sendo utilizado o teste estatístico de Wilcoxon não pareado para a análise quantitativa. A evolução no desempenho da TE do Pré para o Pós Teste foi mais expressiva que a mesma comparação para a TC, sendo esta diferença de evolução estatisticamente significativa para um nível de significância de 95%. Esta análise estatística, bem como a análise qualitativa das respostas dos alunos nos testes, apresentam indícios que os instrumentos propostos pelo material desenvolvido contribuíram para a motivação dos alunos e a promoção da Aprendizagem Significativa para o conceito de Transformações de Energia para o grupo de alunos desta Escola Estadual.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa, Material Instrucional, Transformações de Energia, *Concept Test*, Experimento, Maquete.

ABSTRACT

This research describes the application of an instructional material (IM) which deals with concepts related to Energy transformations. The IM was developed in compliance with the assumptions of the Theory of Meaningful Learning (TML), following the recommendations of Ausubel (2003) and Moreira contributions (2011, 2012) to make this MI potentially significant. Also were followed Bzuneck instructions (2010) to promote student motivation. The IM proposes the use of three instruments: the concept tests (Mazur & Ives, 2013), an experiment and a model that addresses all the concepts worked in IM. The proposed evaluation of the results of the work was the experimental design, so were worked with two groups chosen at random, called Experimental Class (EC), which received lessons based on IM including the three proposed instruments, and the Control Class (CC), where intervention was only made by IM use. The EC has 14 students and TC with 8 students, both groups belong to the State School of Elementary and Secondary Education Major Alfredo Pedro Rabaioli, located in Vitória, Espírito Santo state, Brazil. As data collection instrument was used Pre and Post Test, applied to both groups. The analysis of data collected in the tests were conducted under qualitative and quantitative approaches, by using the Wilcoxon statistical test unpaired for quantitative analysis. The improvement in the performance of the EC from Pre to the Post Test was greater than the same comparison to EC, a statistically significant increase of difference for a 95% significance level. This statistical analysis as well as qualitative analysis of students' answers on tests, have evidence that the instruments proposed by the developed material contributed to the motivation of students and the promotion of Meaningful Learning to the concept of Energy Transformations to the group of students of this Public School.

Keywords: Meaningful Learning, Instructional Materials, Energy Transformations, Concept Test, Experiment, Model

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Referencial Teórico

2.1: Um esquema do contínuo entre AM e AS.	8
2.2: Um diagrama indicando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneos.	11
2.3: Diagrama do processo de implementação do <i>Peer Instruction</i>	17
2.4: Exemplo de um cartão resposta (<i>flashcard</i>) à esquerda, e um receptor de radiofrequência USB e sistema remoto de resposta (<i>clicker</i>) à direita.	17

Capítulo 3 – Metodologia

3.1: Visão geral da maquete.	36
3.2: Estrutura de base da maquete, em compensado naval.	37
3.3: Topografia feita em isopor®.	37
3.4: Retirando as quinas das placas de isopor®.	37
3.5: Fibra de vidro aplicado com resina em toda a superfície da maquete.	38
3.6: Papel machê aplicada para dar rugosidade à superfície.	38
3.7: Background feito com tinta acrílica em toda a superfície.	39
3.8: Aspecto de cimento e concreto na barragem e pedras.	39
3.9: Pó de serra e pedras tingidos.	40
3.10: Aplicação do pó de serra e pedras nas superfícies.	40
3.11: Final da etapa da vegetação e fundo do oceano.	41
3.12: Detalhes do circuito hidráulico.	43
3.13: Em a), a nascente; em b) exemplo de alguns problemas de infiltração de água.	43
3.14: Os prédios foram feitos de acrílico de vários tamanhos e formatos.	44
3.15: Muitas miniaturas foram feitas em biscuit.	45
3.16: Detalhes dos navios e portos.	46
3.17: Hidrelétrica. Acima da represa há um bondinho.	47
3.18: Termoelétrica e Termonuclear.	47
3.19: Usina Eólica e Geotérmica.	47
3.20: Usina de Marés/Ondas e Solar.	47
3.21: Detalhe do controle da iluminação, que pode ser operado pelos alunos.	48
3.22: Detalhes da instalação elétrica.	50
3.23: Efeito da iluminação simulando a noite na maquete.	50
3.24: Detalhes do transporte da maquete.	51
3.25: Detalhe da nascente do rio.	51
3.26: Floresta e vulcão.	52
3.27: A cidade com a montanha ao fundo.	52
3.28: Uma das torres de transmissão de energia elétrica e tubulação da Termoelétrica.	52
3.29: O porto de cargas.	53
3.30: Detalhes do trem (a) e extração de carvão mineral (b).	53

3.31: Detalhes da mineradora	53
3.32: Apresentação da maquete para a TE.....	56
3.33: Aplicação do concept test (a) e uso do <i>datashow</i> (b).....	56
3.34: Apresentações para outras turmas durante a Mostra de Física e Astronomia da UFES.....	57
3.35: Exemplo de cálculo dos quartis.	63
3.36: Os quartis num exemplo de boxplot.....	63

Capítulo 4 – Análise de Dados

4.1: Boxplot comparando os rendimentos das turmas nos testes	69
4.2: Representação da escala likert da Questão 1.....	71
4.3: Tipos de energia lembrado pelos alunos de ambas as turmas no Pré e Pós teste.....	76
4.4: Gráfico da média dos tipos de energia registrados por aluno de cada turma, por teste.	78
4.5: Frequência de respostas da pergunta “O que não seria possível fazer sem energia no dia-a-dia” dos alunos da Turma Experimental.....	79
4.6: Frequência de respostas da pergunta “O que não seria possível fazer sem energia no dia-a-dia” dos alunos da Turma Controle.	79
4.7: “Grupos” de tipos de energia lembrados pelos alunos de ambas as turmas no Pré e Pós testes.....	80
4.8: Gráficos das evoluções das importâncias do conhecimento de energia marcados pelos alunos por item da Questão 4.....	82
4.9: Gráficos das evoluções das importâncias dadas para cada item da Questão 4.....	84
4.10: Gráficos das evoluções dos níveis de impacto ambiental segundo os alunos.....	86
4.11: Gráficos das evoluções das proporções das usinas marcadas com N (Não conheço).	87
4.12: Gráfico da evolução dos níveis de acerto para a Turma Experimental sobre fontes energéticas e não-fontes.	89
4.13: Gráfico da evolução dos níveis de acerto para a Turma Controle sobre fontes energéticas e não-fontes.	89
4.14: Gráfico das evoluções dos rendimentos de acerto para a Questão 6.....	90
4.15: Escolha sobre a melhor usina a ser instalada numa região qualquer.	92
4.16: Escolha sobre a pior usina a ser instalada numa região qualquer.....	95
4.17: Gráfico do rendimento das turmas por item da Questão 9 do Pós Teste.....	98
4.18: Preferência dos alunos sobre construção de uma usina na cidade de Vitória.....	101
4.19: Gráfico dos níveis de aprovação dos alunos por usina.	102

Capítulo 5 – Considerações Finais

5.1: Um croqui para um possível Projeto de Extensão para a maquete.....	114
---	-----

LISTA DE QUADROS

Capítulo 3 – Metodologia

3.1: Descrição dos objetivos dos <i>concept tests</i>	32
3.2: Sequência da aplicação do MI.....	54
3.3: Alguns itens e suas concepções alternativas abordadas.....	58

Capítulo 4 – Análise de Dados

4.1: Relação dos pontos para a escala <i>likert</i> da questão 1.	75
4.2: Itens citados por alguns alunos sobre “o que não seria possível fazer sem energia”.....	81
4.3: Justificativas sobre a existência ou não de melhor usina para qualquer região.	93
4.4: Justificativas sobre a existência ou não de pior usina para qualquer região.	96
4.5: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma Termoelétrica em Vitória.	102
4.6: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma usina de Ondas/Marés em Vitória.	103
4.7: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma usina Solar em Vitória.	103
4.8: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma Hidroelétrica em Vitória.....	104

Capítulo 5 – Considerações Finais

5.1: Uma sequência alternativa de aplicação do MI.....	112
--	-----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 4 – Análise de Dados

4.1: Pontuação e média individual e rendimento por questão e total do Pré e Pós Teste da Turma Experimental.....	65
4.2: Pontuação e média individual e rendimento por questão e total do Pré e Pós Teste da turma Controle.	66
4.3: Teste de Wilcoxon não pareado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre o Pré e o Pós Teste da TE e TC.	67
4.4: Teste de Wilcoxon não pareado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre as turmas em cada Teste (Pré e Pós).....	67
4.5: Resumo das notas da TE e TC no Pré e Pós Teste.....	69

LISTA DE SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
MI	Material Instrucional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (da SBF)
PPGenFis	Programa de pós Graduação em Ensino de Física (da UFES)
SBF	Sociedade Brasileira de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TC	Turma Controle
TE	Turma Experimental
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Quadros.....	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Siglas	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Organização da Dissertação.....	4
2. Referencial Teórico	6
2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	6
2.1.1. Material Potencialmente Significativo	9
2.1.2. Predisposição para aprender.....	13
2.2. <i>Peer Instruction</i> (Instrução pelos Colegas – IpC).....	15
2.3. Trabalhos Desenvolvidos no PPGEnFis.....	18
3. Metodologia.....	23
3.1. Objetivos	23
3.2. A Proposta de avaliação dos resultados do trabalho	24
3.3. O contexto do estudo	25
3.4. Sujeitos.....	26
3.5. O Material Instrucional (MI).....	26
3.5.1. Os <i>concept tests</i>	31
3.5.2. O experimento	33
3.5.3. A maquete	33
3.6. Aplicação do Material Instrucional.....	53
3.7. Instrumentos de coleta de dados.....	57
3.8. Técnicas de análise de dados	60

4. Análise De Dados	64
4.1. Análise do Pré e Pós Testes – Teste de Wilcoxon.....	64
4.2. Análises das questões dos testes	70
4.2.1. Q1 (O que você sabe sobre energia.....)	70
4.2.2. Q2 (Que tipos de energia você conhece)	76
4.2.3. Q3 (Sem energia, o que seria possível?)	78
4.2.4. Q4 (Importância de conhecer energia).....	81
4.2.5. Q5 (Impacto ambiental das usinas).....	85
4.2.6. Q6 (Fontes energéticas).....	88
4.2.7. Q7 (A melhor usina de todas).....	91
4.2.8. Q8 (A pior usina de todas)	94
4.2.9. Q9 (Fontes energéticas e setores consumidores).....	97
4.2.10. Q10 (Decida sobre a usina ideal).....	101
5. Considerações Finais	106
5.1. Do Trabalho	106
5.2. Do Produto – Aplicações futuras.....	108
5.3. Da Experiência pessoal.....	115
REFERÊNCIAS	117
ÍNDICE REMISSIVO	120
APÊNDICES	122

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte de um programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), no qual o Programa de Pós Graduação em Ensino de Física (PPGenFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) participa, sendo responsável pelo Polo 12 (SBF/MNPEF/Polo12-UFES-PPGenFis). O Mestrado Nacional tem dois objetivos básicos:

- i) Elaborar uma ferramenta didática baseada em algum referencial teórico e verificar a sua eficiência numa aplicação real em sala de aula, transcrevendo o resultado numa dissertação;
- ii) Disponibilizar esta ferramenta, com suas instruções, para que outros professores possam utilizá-la. A isso chamamos de Produto.

Sobre o primeiro objetivo, neste trabalho em especial foi elaborado e aplicado um Material Instrucional (MI) baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para trabalhar com o assunto de Transformações de Energia em escolas do Ensino Médio. Neste caso o MI é o próprio Produto a ser disponibilizado. O MI propõe uso de três instrumentos: os *concept tests*, experimento e uma maquete, desenvolvida especificamente para este trabalho. As motivações pessoais sobre escolhas do conceito abordado, do uso da maquete e do referencial teórico serão descritos a seguir.

Concluí a Licenciatura em Física em 2012 por esta Universidade, e possuo pouca experiência em sala de aula, quando comparado à média dos colegas deste programa de mestrado. Em minhas tentativas de divulgar os conceitos da Ciência Física, tanto na prática de docente quanto no cotidiano, entre amigos e familiares, sempre me preocupei em relacionar os conceitos com a prática e a linguagem de cada indivíduo, pois estes demonstram interesse e envolvimento, na grande maioria dos casos, somente quando o assunto é exposto de maneira interdisciplinar. Ou seja, só se interessam quando vêm a

utilidade desses conceitos em suas vidas. Em outras palavras, estão interessados em saber em que esses conceitos o ajudarão no seu cotidiano, geralmente corrido e sem tempo sequer de meditar em coisas elementares de sua própria vida. Diante disso, me sinto com uma grande responsabilidade ao perceber que detenho uma quantidade de conceitos relativamente grande que podem ser úteis em suas vidas, principalmente em suas relações sociais e utilidades como profissionais em qualquer área que possam assumir ou que já atuam.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 1996), um dos objetivos do ensino de Física no Ensino Médio é: "(...) construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade." Neste sentido, entendo que o estudante deverá estar pronto a entender o mundo, os fenômenos e as tecnologias que o rodeiam mesmo quando perder contato com o estudo da Física. Além disso, não se pode perder de vista um importante aspecto, que vou me utilizar das palavras de Damasio & Tavares (2013): A grande parte dos alunos de Ensino Básico não vai estudar Física mais tarde. Com isto em vista, não faz sentido ensinar Ciências como se estes alunos fossem cientistas em potencial, deve-se ensinar Física para que eles sejam capazes de exercer sua cidadania, possibilitando sua melhor compreensão do mundo e da tecnologia que marca cada vez mais presença em nossa sociedade.

Um dos assuntos que mais me interessa na Física é Transformações de Energia, principalmente pelo fato de ser interdisciplinar por natureza. Uma coisa que pude perceber, mesmo em minha pouca experiência de menos de três décadas de vida, é que os cidadãos têm uma visão muito parcial e cheia de concepções alternativas sobre o assunto energia. Não por menos, com a abordagem que é feita sobre o assunto em alguns livros didáticos é possível que ao se perguntar a um aluno do ensino médio o que é energia, ele responda: potencial e cinética. Por mais que esteja cientificamente correto, o que ele sabe sobre energia ao dar esta resposta "politicamente correta"? Mas não sejamos tão rigorosos e exigentes quanto à resposta com o aluno. Afinal de contas, eu também não sei o que é energia. Está em tudo no universo, mas não é. Não "é" do verbo "ser", pois não é um corpo, então, não pode estar. Ou pode? Não sei.

Filosofias Naturais à parte, o que me motiva a trabalhar com este assunto é que considero mais importante que dar uma resposta cientificamente corretas às perguntas

sobre energia, saber que: o seu estudo está relacionado à Física, Biologia, Medicina, Nutrição, Química, Engenharias, ou qualquer conhecimento que se possa citar, e é a mesma em todas elas; a energia que aprendemos na Física, que a relaciona com a capacidade de realizar trabalho, é a mesma para empurrar um carrinho ou para empurrar o sangue nos vasos sanguíneos, empurrar elétrons, e é liberada no catabolismo na quebra dos nutrientes no nosso corpo, nos movimentos dos planetas e galáxias, e também no queimar as mãos segurando uma panela quente, estando apenas em manifestações diferentes; há potencial para realização de trabalho na gasolina, assim como nos músculos contraídos; mais importante que energia é a sua transformação e que, por exemplo, através de reações termonucleares o Sol libera energia, plantas recebem essa energia, nós, seres heterótrofos, absorvemos nutrientes e energia das plantas, e essa energia movimenta cada célula do nosso corpo, e é por isso que andamos ou lemos estas palavras.

Outra contribuição pretendida está em trabalhar com algumas usinas de transformação de energia e fontes energéticas, bem como suas vantagens e desvantagens. E tentar mudar algumas concepções alternativas dos alunos, como por exemplo, o medo sem conhecimento de usinas Termonucleares. Além disso, é muito comum fazer-se associação direta de energia apenas com energia elétrica. Isso se torna evidente em uma das questões presente nos dos testes deste trabalho: foi pedido que os alunos relatassem o que não seria possível fazer em seu dia-a-dia caso não houvesse energia. Praticamente todos os itens citados no teste feito antes da intervenção deste trabalho envolviam diretamente equipamentos eletroeletrônicos. Enfim, tentar mostrar aos alunos também que o conhecimento deste conceito é relevante para diversas, se não todas, áreas de conhecimento e indivíduos: do pedreiro ao político, da Fisiologia à Economia Pública.

Um diferencial deste trabalho foi o projeto e confecção de uma maquete para representar uma grande diversidade de aspectos geográficos, sete usinas de transformação de energia e muitas fontes energéticas, renováveis e não-renováveis, e as relações e impactos ambientais e sociais que envolvem o assunto.

A motivação para uso da maquete partiu dos bons resultados e repercussão atingidos por outra maquete representando uma usina Termoelétrica, feita para apresentar na disciplina de Termodinâmica deste Programa de Mestrado. Partindo então desta boa experiência, evidenciada pela aceitação e envolvimento de todos os alunos da turma e

também de vários professores do Programa, construí a maquete utilizada neste trabalho, que tem aproximadamente 6 metros quadrados.

Já a motivação para a escolha do referencial teórico se iniciou na leitura do livro “Perdendo o medo da radioatividade”, de Damasio & Tavares (2010). Um livro de divulgação científica onde são abordados temas que, assim como este trabalho, contém alguns mitos e concepções alternativas. Os mesmos autores do livro publicaram um artigo (DAMASIO & TAVARES, 2013) onde demonstram como que se basearam na TAS de Ausubel (2003) para nortear a elaboração do livro citado. Durante a leitura do artigo tive o primeiro contato com os princípios básicos para promoção de uma aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003), a saber: a Diferenciação Progressiva, a Reconciliação Integradora, a Organização Sequencial e a Consolidação. Além disso, foi apresentado o conceito de ensinar o aluno a partir de onde ele já sabe. Há outros elementos da TAS e também as contribuições de Moreira (2011, 2012) que serão tratados no próximo capítulo. Os conceitos aqui citados foram os que mais me chamaram a atenção porque foram ao encontro de algo que eu acredito e que, de uma maneira bem simples e empírica, já tentava desenvolver em minhas aulas e conversas sobre conceitos de Física.

1.1. Organização da Dissertação

O Capítulo 1 indica alguns objetivos e motivações pessoais para as escolhas de tema e referencial teórico deste trabalho.

O Capítulo 2, Referencial Teórico, apresenta alguns detalhes para o leitor se situar/relembrar de algumas teorias e conceitos de trabalhos que serviram de base para elaboração deste. Os principais autores que podemos destacar são: Ausubel (2003) e Moreira (2011, 2012) para a TAS, Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos, e Araújo & Mazur (2013) com o conceito de *Peer Instrucion* e o uso de *concept tests*.

No capítulo 3, Metodologia, são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho, o Delineamento que norteou a aplicação dos Instrumentos de análise de dados, o Contexto e os Sujeitos do estudo, o MI e seus instrumentos propostos, bem como sua sequência de aplicação, os Instrumentos e Técnicas de análise de dados. Neste capítulo também é detalhada a construção da maquete.

No Capítulo 4, Análise de Dados, são apresentados os resultados dos testes estatísticos realizados para comparar os rendimentos dos alunos entre as turmas. Os rendimentos são extraídos das respostas do Instrumento de coleta de dados: o Pré e Pós Teste. Também são apresentados resultados da análise qualitativa das questões dos Testes.

No Capítulo 5, Considerações Finais, são apresentadas algumas conclusões que puderam ser feitas a partir deste trabalho, algumas considerações sobre trabalhos futuros e minha experiência pessoal.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo descrevemos os referenciais teóricos que nortearam este trabalho. Na seção 2.1 – Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), são apresentados os conceitos da teoria no qual este trabalho é baseado; na seção 2.2 – *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas – IpC) é apresentado o conceito para uso dos concept tests; na seção 2.3 – Revisão de Literatura, são apresentados trabalhos anteriores que foram úteis para a elaboração deste.

2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A Aprendizagem Significativa (AS) é um tipo de aprendizagem onde o aluno interage novas ideias expressas simbolicamente com aquilo que ele já sabe (MOREIRA, 2012).

Essa interação, por tanto, deve ocorrer de maneira substantiva e não-arbitrária. Substantiva indica que a interação deve ser não-literal, ou seja, não ao pé da letra. Não-arbitrária significa que a interação não deve ser feita com uma ideia qualquer que o alunos tenha, mas sim um conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do mesmo (MOREIRA, 2012).

Tal conhecimento específico e relevante que deverá interagir com a nova aprendizagem, Ausubel (2003) chama de *subsunçor*. Ou seja, subsunçor é um conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva do aluno, que permite dar significado a um novo conhecimento. Para Moreira (2012) o subsunçor pode ser descrito ainda como uma *ideia âncora* para um novo conhecimento.

Esse processo é interativo, onde cada novo significado adquirido torna-se um subsunçor, ou ideia âncora, para o próximo novo conhecimento. No início do processo, o que o aluno já sabe pode ser representado por *conhecimento prévio*, que quando se trata de um conhecimento não aceito cientificamente, chamamos de *concepção alternativa*. Por meio

dessas interações, um conhecimento prévio pode adquirir novos significados de maneira progressiva, ficando cada vez mais elaborado e mais capaz de servir de subsunçor para novas etapas da aprendizagem.

Destaque-se ainda que, no âmbito da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados (MOREIRA 2012).

Segundo Ausubel (2003) se fosse possível isolar uma variável para ser considerada a mais importante para que ocorra a AS de novos conhecimentos, essa variável seria o conhecimento prévio.

Moreira (2012) apresenta duas condições essenciais que precisam ser satisfeitas para que ocorra a aprendizagem significativa:

- i) Deve ser usado um material instrucional de aprendizagem que seja potencialmente significativo;
- ii) O aluno deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira condição diz sobre o uso de um material instrucional de aprendizagem e que pode ser um livro, um aplicativo, um vídeo, etc. O material é dito potencialmente significativo porque o significado está nas pessoas, e não no material em si. Para a realização deste trabalho de mestrado foi elaborado um material potencialmente significativo, que é chamado de Material Instrucional (MI) (Apêndice C), que no caso, constitui o Produto conforme propõe este Programa de Mestrado.

A segunda condição é, segundo Moreira, talvez mais difícil de ser satisfeita do que a primeira. Predisposição para aprender significa que o aluno deve querer relacionar os novos conhecimentos a seus conhecimentos prévios, enriquecendo-os, elaborando-os e dando novos significados. Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar do conteúdo.

As subseções 2.1.1 (p. 9) e 2.1.2 (p 13) descrevem de maneira mais detalhada os conceitos que visam atender as condições citadas acima.

É válido destacar ainda que a AS é uma alternativa à Aprendizagem Mecânica (AM). Segundo Moreira (2012) a aprendizagem que mais ocorre na escola é a AM, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida logo após.

Apesar de a AM fazer oposição à AS, não apresentam uma dicotomia. Elas estão, portanto, ao longo de um mesmo contínuo. Esse contínuo é uma espécie de zona de transição, tal como representado pela “zona cinza” da Figura 2.1 (MOREIRA 2012).

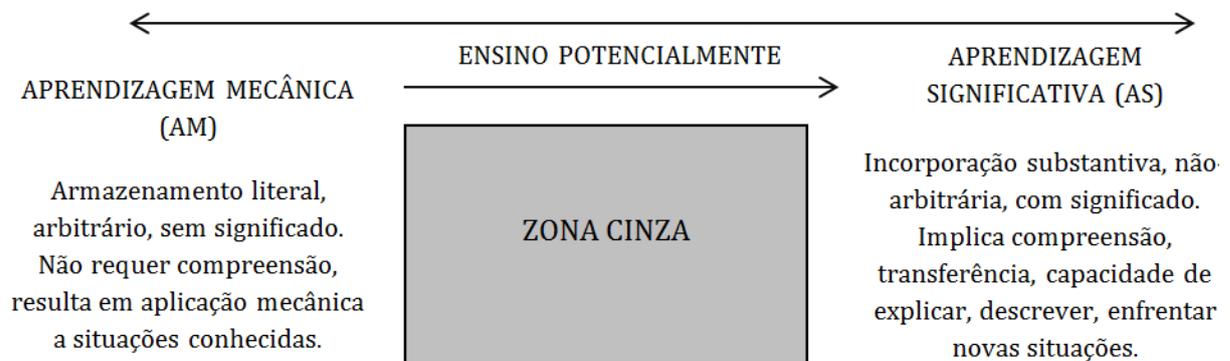


Figura 2.1: Um esquema do contínuo entre AM e AS.

A Figura 2.1 sugere que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona cinza, intermediária desse contínuo, e que um ensino potencialmente significativo pode facilitar “a caminhada do aluno por essa zona cinza”.

A existência dessa região intermediária implica alguns esclarecimentos (MOREIRA 2012):

- i) a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica pois ao final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica;
- ii) a aprendizagem significativa é *progressiva*, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato;
- iii) aprendizagem significativa depende de um processo que envolve uma negociação de significados entre discente e docente e que pode ser longo. É também uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula “bem dada” e um

aluno “aplicado” são condições suficientes para uma aprendizagem significativa.

2.1.1. Material Potencialmente Significativo

Para elaboração de um material potencialmente significativo, ou seja, aquele que facilita a ocorrência da Aprendizagem Significativa (AS), devem ser adotadas as seguintes sugestões: levar em conta o *Conhecimento Prévio* do aluno; a *Diferenciação Progressiva*; a *Reconciliação Integradora*; a *Organização Sequencial* do conteúdo e a *Consolidação*. Além disso, Moreira (2011, 2012) destaca a necessidade da *Negociação de Significados* entre alunos e professor e o uso de *atividades diversificadas e colaborativas*.

Vale lembrar que neste trabalho foi elaborado um material potencialmente significativo, chamado de Material Instrucional (MI).

O Conhecimento Prévio

Já abordado na seção anterior e destacado como a principal variável para ocorrência da AS, é importante considerar também que há casos em que o aluno não dispõe de conhecimentos prévios, ou seja, subsunçores adequados para dar significado a novos conhecimentos. Neste caso é recomendado o uso dos organizadores prévios. Segundo Moreira:

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

Há dois tipos de organizadores prévios: quando o material de aprendizagem é não-familiar, quando o aprendiz não tem subsunçores recomenda-se o uso de um **organizador expositivo** que, supostamente, faz a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Nesse caso o organizador deve prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz. Quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um **organizador comparativo** que ajudará o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente diferentes mas que podem ser confundidos. (MOREIRA, 2012, p. 14).

A Organização Sequencial

Partindo do pressuposto que a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados, é importante tirar vantagem das possíveis sequências hierárquicas naturais em algumas matérias, pois fica mais fácil ao aluno organizar seus subsunçores de maneira hierárquica (MOREIRA 2012). Essa hierarquia, portanto, não é permanente, pois à medida que a AS avança em conteúdo a estrutura cognitiva vai mudando.

Feito isso, o ensino deve começar com os aspectos mais gerais para os mais específicos. Porém, começar com o que é mais geral não significa apresenta-lo em sua forma final, formal, abstrata e sofisticada matematicamente. O mais geral pode ser, no caso de um conteúdo de Física, por exemplo, o estudo do fenômeno. Moreira (2012) destaca que isso significa que o conteúdo curricular deveria, inicialmente, ser mapeado conceitualmente de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado. Essa análise permitiria identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo curricular.

Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

Como mencionado no tópico acima, a hierarquia não é permanente, e sim, vai se modificando. Isso ocorre porque a cada conteúdo apresentado, é feita a Diferenciação Progressiva. Nas palavras de Moreira (2012): a Diferenciação Progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização deste para dar significado a novos conhecimentos. Sendo assim, através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, de maneira progressiva, sendo diferenciado, ou seja, adquirindo novos significados, e ficando cada vez mais amplo, refinado, e mais capaz de servir de subsunçor para novas aprendizagens significativas.

Porém, segundo Moreira (2012) se apenas ocorrer a Diferenciação Progressiva, cada vez mais os significados se tornarão distintos e separados. Por isso é necessário ocorrer paralelamente a Reconciliação Integradora, que consiste em eliminar as diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados.

Por outro lado, fazendo-se apenas a Reconciliação Integradora, integrando sempre os significados, eles se tornarão aparentemente iguais. Para que nenhum dos problemas ocorram, de ser tudo diferente ou tudo igual, é necessário que os dois processos ocorram simultaneamente. Assim, o aluno vai organizando hierarquicamente os significados em sua estrutura cognitiva.

Lembrando que o ensino deve ser abordado do mais geral para o mais específico, para que ocorra a Organização Sequencial é necessário que os conteúdos gerais e específicos sejam trabalhados de maneira a promover a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora. Em outras palavras, essa abordagem, de subir e descer várias vezes, nas hierarquias conceituais, promovem a Organização Sequencial, aspecto importante para a AS. Essa sequência está representada na Figura 2.2.



Figura 2.2: Um diagrama indicando que a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora são interdependentes e simultâneos.

Analisando a Figura 2.2 e resumindo a sequência de subir e descer, podemos considerar que o conteúdo e os conceitos devem sempre avançar em complexidade, indicando outras aplicações, porém, sem se deixar esquecer de onde de onde “surgiu” e suas ligações entre os novos conceitos e os antigos.

Segundo Moreira (2012), tanto o ensino das disciplinas quanto a maioria dos livros didáticos não seguem esta sequência. Pelo contrário, os conteúdos são listados em um programa que é seguido linearmente, sem idas e voltas, sem ênfases, seguindo muitas vezes uma ordem cronológica e começando pelo mais simples terminando com o mais complexo. Essa é uma organização lógica, mas não psicológica.

A Consolidação

Antes da introdução de novos conhecimentos é necessário que haja domínio por parte dos alunos dos conhecimentos anteriores, ou seja, os conhecimentos prévios para o novo conteúdo. A isso é chamado de Consolidação. Segundo Moreira (2012), como o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos, nada mais natural que insistir no domínio do conhecimento prévio antes de apresentar novos conhecimentos. É preciso, no entanto, ter cuidado com esse princípio, não deixando a necessidade de domínio do conteúdo levar à aprendizagem mecânica.

Negociação de Significados

A aprendizagem significativa depende da captação de significados que envolve um intercâmbio, uma negociação, de significados, que depende essencialmente da linguagem. Nas palavras de Moreira (2012):

Em um episódio de ensino e aprendizagem, a professora ou professor apresenta aos alunos os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino e que ela ou ele já domina. Apresentar aqui não significa aula expositiva, nem passividade de parte dos alunos, os quais devem “devolver” ao docente os significados que estão captando. Se estes significados não forem aqueles contextualmente aceitos na matéria de ensino, cabe ao professor ou professora apresentá-los novamente, provavelmente de outra maneira, aos alunos. Estes devem outra vez “devolvê-los” ao docente. Quer dizer, a captação de significados implica diálogo, negociação de significados. O aluno tem que externalizar os significados que está captando.

Para tornar a Negociação de Significados mais evidente, utilizamos os *concept testes*, segundo recomendações do conceito de Peer Instruction (Instrução pelos Colegas – IpC) (ARAÚJO & MAZUR, 2013). Esse conceito será tratado na Seção 2.2 (p. 15).

Atividades diversificadas e colaborativas

Moreira destaca que é necessário uso de atividades diversificadas e que levem o professor e os alunos a se envolverem no processo de Negociação de Significados, incentivando os alunos a externalizarem os significados que deram aos conceitos apresentados. Essas atividades podem ser: resolução de situações-problemas, leitura de textos, realização de experimentos e simulações computacionais.

2.1.2. Predisposição para aprender

O aluno deve apresentar uma predisposição para aprender. Esta é a segunda condição que Moreira (2012) apresenta como essencial para que ocorra a aprendizagem significativa, conforme já apresentado na página 7.

As orientações sobre a elaboração do material potencialmente significativo, o MI no nosso caso, não apresentam propostas claras para promover esta segunda condição. Para isto recorreremos ao trabalho de Bzuneck (2010) que faz sugestões práticas para fomentar a predisposição do aluno através de embasamentos do ramo da Psicologia.

O trabalho de Bzuneck (2010) apresenta quatro sugestões práticas:

- i) O significado e relevância das tarefas;
- ii) Características motivadoras inerentes a essas tarefas;
- iii) O complemento, com uso de Embelezamentos;
- iv) Reações dos professores às tarefas cumpridas e avaliadas (*feedback*).

Na primeira sugestão Bzuneck (2010) destaca que a motivação do aluno depende, além das expectativas pessoais de êxito, de ele ver significado e acreditar na importância ou valor da tarefa. Para isso o conteúdo deve estar relacionado com a sua vida, seu mundo, suas preocupações e interesses pessoais. Além disso, uma forma de argumentação proposta é de se demonstrar que os conhecimentos ou habilidades que agora devem ser dominadas são pré-requisitos para outros que virão. Estas orientações corroboram com os aspectos e recomendações da elaboração do material potencialmente significativo baseado na TAS, a saber, os conceitos de subsunção e Consolidação. Essas recomendações colaboram para que o aluno dê importância e significado ao novo conteúdo proposto.

Para a segunda sugestão Bzuneck (2010) descreve que o tédio e apatia dos alunos não serão necessariamente superados apenas com a demonstração da relevância das aprendizagens. Para a motivação, as próprias tarefas devem ser estimulantes. Para promover o estímulo, Bzuneck defende o uso de atividades que apresentam desafios aos alunos. É importante na elaboração de desafios adotar um nível de dificuldade intermediário, respeitando as atuais capacidades dos alunos. Bzuneck destaca, nas palavras de Csikszentmihalyi, que os desafios excessivamente difíceis para um aluno imediatamente causarão ansiedade alta e, a seguir, lhe acarretarão fracasso e frustração,

além de irritação e, provavelmente, uma auto-avaliação de baixa capacidade. Por outro lado, tarefas fáceis tendem a causar tédio (CSIKSZENTMIHALYI, 1992. apud, BZUNECK, 2010). Bzuneck indica ainda que, todo bom desafio exige tempo para ser cumprido, em função de conhecimentos prévios e de estratégias oportunas. Por este motivo os professores não podem pressionar os alunos para cumprirem rapidamente a tarefa, e nem os alunos devem pensar que o esforço prolongado é sinal de falta de capacidade. Corroborando com esta sugestão, Moreira (2011) sugere que o conteúdo seja proposto por meio de situações-problema num nível crescente de dificuldade.

A terceira sugestão, sobre uso de complementos e embelezamentos, Bzuneck define que os bem embelezamentos são, basicamente, indicados para provocar o interesse pelas atividades de aprendizagem e, adicionalmente, para quebrar a mesmice, para suavizar o caráter de obrigatoriedade das tarefas, para combater o tédio e para corrigir a aridez de certos conteúdos. São destacados 13 tipos de embelezamentos: manipulação objetos e movimento físico; conflito cognitivo; introdução de novidades; relação com comestíveis; interação com amigos do grupo; autor explícito, nas narrativas escritas; modelação; jogos; escolha de conteúdos atraentes para aquela classe; relacionamento com a vida, animal ou vegetal; humor; e apresentação de casos ilustrativos. Esta sugestão também corrobora com a recomendação de Moreira sobre uso de Atividades diversificadas e colaborativas.

A quarta sugestão de (*feedback*) é a única em que não encontramos um equivalente para as recomendações de Moreira (2011, 2012). Bzuneck defende que o feedback que o aluno recebe afeta tanto no processo de aprendizagem como a própria motivação. Define ainda que suas funções para motivação estão intimamente ligadas às suas duas formas básicas: *feedback* negativo e positivo.

Alguns cuidados precisam ser tomados para os dois casos. No caso do *feedback* negativo, é necessário que o professor indique que houve um erro, para que o aluno não o incorpore como se fosse verdade. É imprescindível, por tanto, que seja explicado ao aluno por que errou e o que é preciso para superar os erros, o que está inteiramente sob seu controle, eventualmente com a ajuda do professor ou dos colegas. É preciso ainda tomar cuidado para que o *feedback* negativo não desmotive o aluno. Se o professor constatar que o motivo do erro do aluno na tarefa foi ocasionado por falta de esforço do mesmo e for dado o *feedback* negativo, poderão ocorrer duas situações: caso o aluno

aceite sua falta de esforço, poderá se sentir culpado, e assim se empenhar mais na próxima atividade; caso o aluno tenha a consciência que se empenhou o máximo que pôde, poderá concluir, eventualmente, que não tem capacidade. O *feedback* negativo nunca atribuindo o erro do aluno à sua falta de capacidade nunca deve fazer parte das práticas motivacionais do professor. Em qualquer caso, é necessário ampliar a busca pela causa do erro para além do esforço ou capacidade do aluno, considerando ao menos outras duas variáveis: conhecimentos prévios e uso de estratégias. Por fim, os erros podem ser benéficos para uma melhor aprendizagem e os fracassos podem servir para o sucesso, dependendo de como forem tratados o *feedback*.

O *feedback* positivo deve ser dado sempre que o aluno tiver atingido os objetivos de aprendizagem, ou quando mostrar que está no caminho adequado. Este tipo de *feedback* pode ser classificado em dois tipos: *feedback* positivo simples e elogio.

O *feedback* positivo simples deve ser uma confirmação do acerto do aluno e, como regra geral, deve ser dado sempre que o aluno não saiba claramente que acertou a tarefa. Já o elogio é uma forma de *feedback* positivo ampliado, e deve ser dado como ênfase de aprovação e enaltecimento com valorização peculiar do que o aluno realizou. Mas é preciso tomar alguns cuidados para que o elogio não acabe por causar efeito contrário ao desejado, que é motivar o aluno. As recomendações são: o elogio deve ser feito ao esforço, ao capricho, à persistência e ao comportamento do aluno durante a realização da tarefa; não atribuir o avanço por obra da sorte ou facilidade da tarefa; não elogiar a capacidade ou inteligência do aluno, pois ele pode passar a se descuidar do esforço por confiar demasiadamente em sua capacidade, perdendo assim a motivação; elogiar o progresso verificado; o elogio deve ser dado em tom natural, fazendo aparecer como sincero; o elogio deve ser individual, jamais comparando o desempenho do aluno aos demais colegas.

2.2. Peer Instruction (Instrução pelos Colegas – IpC)

De modo geral, o *Peer Instruction*, em uma tradução livre para o português Instrução pelos Colegas (IpC), busca promover a aprendizagem com o foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor (ARAÚJO & MAZUR, 2013).

O método de *Peer Instruction* vem sendo desenvolvido desde a década de 90 pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA) e desde então vem sendo utilizado amplamente aplicado em diversas escolas e universidades em todo o mundo. Além disso, diversos trabalhos de pesquisa vêm mostrando uma melhora no desempenho e na capacidade de resolução de problemas adquiridos por alunos de Física em nível Médio e Superior com o uso do método.

No método *Peer Instruction* as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais. As questões conceituais devem ser respondidas individualmente pelos alunos e num segundo momento discutem com os colegas. O foco principal das questões são os conceitos envolvidos em cada situação.

Araújo & Mazur (2013) apresentam uma sequência para a aplicação do método, também ilustrada na Figura 2.3:

- i) Inicialmente uma breve exposição oral do conteúdo pelo professor (aproximadamente 15 minutos);
- ii) É apresentada aos alunos uma questão conceitual, usualmente de múltipla escolha;
- iii) A cada aluno é solicitado a pensar em sua escolha da alternativa correta, bem como em uma justificativa para a sua opção (aproximadamente 2 minutos);
- iv) É aberta então a votação para mapeamento das respostas;
- v) Com base nas respostas informadas pela classe, porém ainda sem indicar a resposta correta, o professor deve decidir entre três opções:
 - Caso mais de 70% da turma votou na resposta correta, deverá explicar a questão e iniciar uma nova questão conceitual, ou outro tópico;
 - Se o número de alunos que acertou o teste ficarem entre 30% e 70%, os alunos deverão ser agrupados (de 2 a 5 integrantes), preferencialmente que tenham escolhido alternativas diferentes, onde tentarão convencer uns aos outros usando as justificativas pensadas ao responderem individualmente. Após alguns minutos, o processo de votação é aberto novamente;

- Caso menos de 30% da turma escolher a alternativa correta, o professor deverá revisar o conceito através de nova exposição. Ao final da explicação, outra questão conceitual é aplicada.

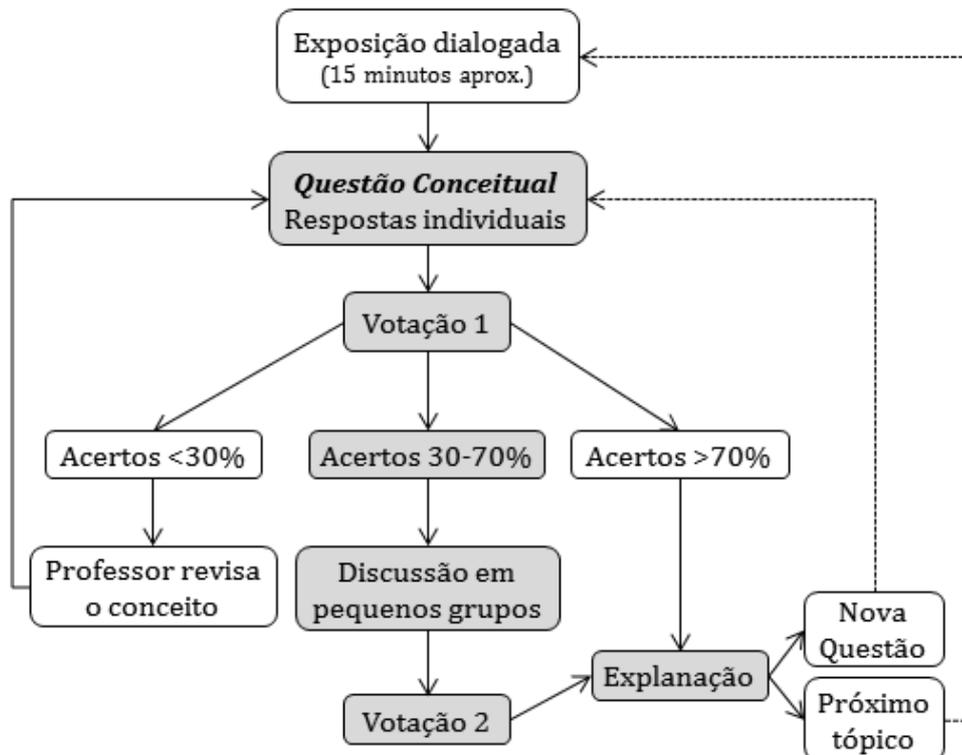


Figura 2.3: Diagrama do processo de implementação do Peer Instruction.

A parte em destaque da Figura 2.3 é a essência do método, e é conhecida como *concept test*.

É importante destacar que durante a Votação 1 os alunos darão suas respostas individuais, por isso não poderão ver as respostas dos seus colegas. Usualmente a votação é feita por meio de algum sistema de resposta como *flashcards* (cartões de resposta) ou *clickers*, espécie de controles remotos individuais que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. A Figura 2.4 ilustra esses instrumentos.



Figura 2.4: Exemplo de um cartão resposta (*flashcard*) à esquerda, e um receptor de radiofrequência USB e sistema remoto de resposta (*clicker*) à direita.

Mais recentemente, sistemas de resposta envolvendo quaisquer dispositivos com acesso a internet, tais como *notebooks*, *smartphones* e *tablets* vêm se mostrando uma alternativa promissora, tanto por se valerem de aparelhos que os próprios estudantes já possuem, quanto por viabilizar o envio de respostas para questões abertas. É comum usar um sistema de cartões com cores diferentes e com as letras correspondentes às alternativas, pra usarem para que os alunos levantem (ARAÚJO & MAZUR, 2013).

O uso deste conceito neste trabalho está detalhado na subseção 3.5.1, na página 31, e a lista dos *concept tests* utilizados está no Apêndice III do MI (Apêndice C deste trabalho).

2.3. Trabalhos Desenvolvidos no PPGEnFis

No Programa de Pós Graduação em Ensino de Física (PPGenFis) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – SBF/MNPEF/Polo12-UFES-PPGenFis já foram realizados outros trabalhos com a proposta semelhante a este, de elaborar e avaliar um Material Instrucional (MI) em sala de aula. Estes trabalhos também serviram de revisão para referência e aperfeiçoamento deste. Entre os trabalhos iremos destacar dois deles que foram desenvolvidos com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), considerando as contribuições de Moreira (2011, 2012).

O primeiro trabalho foi elaborado por Rogério Oliveira Silva (2015), sob o título “A utilização de um Material Instrucional baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para aprendizes-marinheiros: uma introdução ao estudo do movimento dos corpos”. O segundo trabalho, elaborado por Wilson Carminatti Benaquiao (2016), sob o título “Elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre o efeito fotoelétrico para o Ensino Médio”. Vale destacar ainda que em ambos os casos o MI desenvolvido trata-se do próprio Produto, conforme pré-requisito deste programa de mestrado.

Silva (2015) elaborou um MI abordando conceitos sobre movimento dos corpos e aplicou na Escola de Aprendizes-Marinheiros do Espírito Santo (EAMES), uma instituição militar que integra um conjunto de quatro escolas da Marinha do Brasil tendo como missão formar Marinheiros para o Corpo de Praças da Armada e está localizada no município de Vila Velha, região metropolitana de Vitória, capital do estado.

O MI de Silva seguiu toda sequência proposta para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011), e também

seguiu as recomendações de Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos. Foram utilizados durante as aulas experimento, simulação computacional e vídeos. A sequência que delineou os instrumentos de análise de dados foi a experimental do tipo 4, segundo a classificação de Campbell e Stanley (1963, 1991, apud, MOREIRA, 2009), a mesma utilizada neste trabalho, que é detalhada na seção 3.2 (p. 24). Ou seja, também foi utilizada uma turma como experimental (TE) e uma turma controle (TC), com 22 alunos cada.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram Pré e Pós testes, Mapas Conceituais (MC), as perguntas presentes no MI, indicações do “Estado de humor” do aluno, Diário de bordo do professor, questionário de opinião e entrevistas com os alunos. Para analisar e comparar os dados foram realizados os seguintes testes estatísticos: Wilcoxon, U de Man-Whitney, Qui-quadrado, Kappa, ANOVA, correlações de Spearman e Kruskal-Wallis.

Os resultados do trabalho de Silva mostram que no Pós Teste houve uma melhora no rendimento soa alunos da TE se comparados aos alunos da TC, sendo comprovada uma diferença estatisticamente significativa entre médias das duas turmas. Isso indica que há indícios que o uso do MI seguindo as estratégias da TAS, as recomendações para elaboração de uma UEPS de Moreira (2011) e as de Bzunek (2010) para a motivação dos alunos contribuíram para que o material preparado fosse potencialmente significativo para os alunos daquela escola.

A análise qualitativa dos MC finais aponta que houve uma melhora na representação dos conceitos centrais para a compreensão do fenômeno do movimento. E os resultados dos testes estatísticos que comparam os Mapas iniciais e finais também apontam uma melhora estatisticamente significativa na Hierarquia Conceitual e na Qualidade dos Mapas.

Foi feita ainda uma análise comparando se há uma relação entre os Mapas Conceituais e as notas obtidas no Pós Teste. Os resultados mostraram que a Hierarquia Conceitual não exerceu influência no rendimento dos alunos no Pós Teste, porém, comprovam que os alunos que obtiveram uma melhor classificação quanto à Qualidade nos Mapas Conceituais Finais apresentaram melhores rendimentos nas notas do Pós Teste. Assim, Silva conclui que o uso dos MC pode ser encarado como um bom instrumento de avaliação da aprendizagem.

Silva aponta também que o resultado da análise das respostas fornecidas pelos alunos para as perguntas contidas no MI sugere que o uso dessa estratégia possibilitou ao professor atuar de maneira intencional para tentar mudar significados da experiência do aluno.

Os testes estatísticos apontam, segundo Silva que há uma correlação entre o “Estado de Humor” dos alunos antes da realização das perguntas do MI com os acertos dessas perguntas. O que aponta que os alunos podem considerar as atividades que abordam situações do cotidiano naval propostas no MI como sendo significativas e merecedoras de envolvimento, dando importância e valor as mesmas.

Já a análise do Diário de Bordo elaborado por Silva evidenciou que apesar do aparente cansaço dos alunos devido à rotina militar rígida, os alunos da TE realizaram as atividades (experimentos, simulação computacional) com interesse e entusiasmo.

A avaliação da opinião dos alunos a respeito da utilização do MI, feita por meio de entrevista e questionário de opinião mostram que, apesar da maioria dos alunos já terem contato com o assunto proposto, eles apresentaram um baixo nível de conhecimento sobre o assunto. A avaliação aponta ainda que os textos e os vídeos apresentados no MI parecem não ter contribuído efetivamente para despertar o interesse dos alunos. O contrário ocorre com o uso de experimentos e simulações, que apontaram contribuições efetivas para este objetivo.

Por fim, Silva conclui que, a partir dos resultados encontrados nas análises realizadas, pode-se afirmar que a aplicação do MI contribuiu para a aprendizagem dos conceitos relacionados ao movimento dos corpos a um grupo de alunos da Escola Aprendizizes-Marinheiros do Espírito Santo.

No segundo trabalho analisado, Benaquio (2016) elaborou e avaliou um MI abordando conceitos relacionados ao Efeito Fotoelétrico. O MI foi aplicado uma turma do ensino médio do quarto ano integrado com o curso técnico em mecânica, do turno vespertino, no Instituto Federal do Espírito Santo, no Campus de São Mateus.

Em seu trabalho, assim como o de Silva (2015) também foram levadas em consideração as recomendações de Moreira (2011) para elaboração de uma UEPS. Benaquio fez uso no se MI de experimento, vídeos e simulações computacionais. A sequência que delineou os instrumentos de análise de dados foi a não experimental do tipo 2, segundo a

classificação de Campbell e Stanley (1963, 1991, apud, MOREIRA, 2009). Neste aspecto, o trabalho de Benaquio se diferencia deste presente trabalho e do de Sila (2015), pois neste tipo de classificação não é utilizado uma Turma Controle (TC). Neste caso, é feita uma observação na turma, aplicada a intervenção, e então feita outra observação. Para uma melhor comparação entre a classificação utilizada por Benaquio e a classificação utilizada neste trabalho, consultar a seção 3.2 (p. 24). A Turma Experimental utilizada era composta por 13 alunos.

Os instrumentos para coleta de dados utilizados foram Mapa Conceitual (MC), perguntas ao longo do MI, Avaliação Somativa individual, anotações pessoais do professor sobre a aplicação do MI e questionário de opinião dos alunos sobre a aplicação do MI. Para as análises dos dados coletados foram realizados os testes estatísticos: Wilcoxon, Kappa, ANOVA, correlações de Spearman.

Os resultados do trabalho de Benaquio indicam um aumento na pontuação dos critérios quantitativos e no critério qualitativo de Qualidade do MC, quando comparados os Mapas iniciais e finais. Esse resultado aponta um impacto positivo da aplicação do MI para a melhora dos Mapas.

Benaquio também verificou através do teste ANOVA que não há uma relação entre as notas obtidas pelos alunos da Avaliação Somativa Final e a classificação dos MC quanto ao critério Qualidade do Mapa.

A Avaliação Somativa Final também permitiu a análise da assimilação dos conceitos relacionados ao Efeito Fotoelétrico, tendo como base as notas obtidas pelos alunos, pois na maioria dos conceitos o índice de acerto foi maior que 50%.

Os índices de acertos nas perguntas ao longo do MI foram comparados com as notas obtidas pelos alunos na Avaliação Somativa Final, e o teste estatístico de correlação de Spearman indicou uma correlação moderada e positiva. Ou seja, as notas foram influenciadas pelo índice de acertos nas perguntas inseridas ao longo do material.

Nas anotações pessoais do professor, Benaquio relatou que os experimentos e as simulações foram as ferramentas que mais motivaram e contribuíram para despertar o interesse dos alunos para o tema proposto pelo MI. Foi percebido também um entusiasmo dos alunos ao tomar contato com novas técnicas, como o uso dos MC e a recursividade das avaliações, e ainda. As reações percebidas pelo professor mostraram-

se coerente com as respostas dadas pelos alunos no questionário de opinião. Já os vídeos não tiveram uma aceitação tão positiva quando comparado às outras ferramentas. Também é relatado pelo professor que há certo apego ao método tradicional e uma tendência a cobrar do docente respostas prontas e definições ditadas.

Por fim, Benaquio aponta que, considerando os resultados positivos encontrados após a análise dos dados coletados dos instrumentos de coletas de dados, pode-se concluir dizer que o MI contribuiu para a aprendizagem de conceitos relacionados ao Efeito Fotoelétrico para os alunos envolvidos em seu trabalho.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Neste capítulo é feita uma descrição do processo de elaboração e aplicação do Material Instrucional (MI) desenvolvido, bem como de seus instrumentos propostos, a saber: os *concept tests*, o experimento e a maquete. Também são descritos os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados para avaliar os impactos da aplicação deste MI e seus recursos.

3.1. Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver um Material Instrucional (MI) sobre Transformações de energia, tomando como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa, e avaliar seus impactos numa aplicação em sala de aula.

Objetivos Específicos

1. Elaborar um Material Instrucional para a discussão das fontes e tipos de energia com alunos do Ensino Médio, utilizando os recursos de *concept tests*, um experimento e uma maquete;
2. Elaborar Pré e Pós Teste para serem aplicados nas Turmas Experimental e Controle, escolhidas de maneira aleatória;
3. Comparar o rendimento entre os alunos de ambas as turmas no Pré e Pós Teste e a evolução do rendimento entre testes para cada turma, buscando evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa.

3.2. A Proposta de avaliação dos resultados do trabalho

Destacaremos aqui a sequência que foi adotada para a aplicação e avaliação do MI. Já a análise detalhada da evolução dos alunos é apresentada no Capítulo 4. Os detalhes sobre a elaboração dos elementos do MI estão na seção 3.5 (p. 26).

Segundo a classificação de Campbell e Stanley (1963, 1991, apud, MOREIRA, 2009, p. 37) os delineamentos de pesquisa podem ser divididos segundo três classes:

- i) Delineamentos não experimentais;
- ii) Delineamentos experimentais;
- iii) Delineamentos quase-experimentais.

O adjetivo *experimental*, presente nas classes de delineamentos estão relacionadas às condições controladas de pesquisa, ou seja, as variáveis. Os delineamentos experimentais são os que apresentam alto grau de controle de variáveis. Os delineamentos não-experimentais apresentam pouco ou nenhum controle de variáveis, e os quase-experimentais apresentam grau médio de controle de variáveis.

Na óptica quantitativa, o pesquisador deve sempre procurar um delineamento experimental para o seu trabalho. Na impossibilidade de um tratamento deste tipo é aceitável um delineamento quase-experimental. Um tratamento não-experimental nunca é aceitável. (MOREIRA, 2009).

Como também foi feita uma análise quantitativa para avaliar a contribuição da MI e seus instrumentos propostos, foi escolhido um delineamento da classe experimental para esta pesquisa. De acordo com a classificação de Campbell e Stanley um delineamento experimental muito usado é o descrito a seguir:

Escolhem-se aleatoriamente duas turmas que tenham desempenho escolar semelhante. Aplica-se um teste idêntico nas duas turmas. Em seguida, é aplicado o material que se deseja avaliar em uma das turmas, enquanto a outra turma segue com as aulas normais, ou seja, sem aplicação do material diferenciado. A aplicação do material a ser avaliado, no nosso caso o MI, chamamos de *intervenção*. A turma que recebe a intervenção é chamada de Turma Experimental (TE) e a que não recebe a intervenção é chamada de Turma Controle (TC). Por fim é aplicado um novo teste idêntico em ambas as turmas. Desta maneira, o delineamento é representado da seguinte maneira:

A O₁ X O₂

A O₃ O₄

Onde a letra A representa que as turmas foram escolhidas de forma aleatória, O representa uma observação e o X representa a intervenção. Na primeira linha da representação acima, a interpretação se dá da seguinte maneira: uma turma aleatória, aqui chamada de TE, realiza um Pré Teste, recebe a intervenção e em seguida realiza um Pós Teste. Na segunda linha da representação temos: uma turma aleatória, chamada de TC, realiza o Pré Teste, não recebe a intervenção, logo, tem aulas normais, e em seguida realiza o Pós Teste. Ao passo que cada linha (horizontal) da representação indica uma turma, as colunas (vertical) indicam eventos simultâneos. O sub-índice na letra *O* indica uma observação particular de uma série, e funciona apenas como um rótulo para uma dada observação.

Para verificar então a eficiência da intervenção X são analisadas as evoluções das médias entre testes para a mesma turma, e entre turmas para o mesmo teste. Essas análises serão apresentadas e discutidas no Capítulo 4.

3.3. O contexto do estudo

As duas turmas escolhidas para serem a TE e TC pertencem a uma escola da rede estadual do Estado do Espírito Santo, situadas na região periférica da capital Vitória. A aplicação do MI ocorreu no mês de Outubro de 2015.

A realidade dos alunos é, em geral, de classe baixa e em convívio em região de instabilidade socioeconômica e segurança pública. O município de Vitória é uma ilha de pequena extensão territorial com belas paisagens praianas em sua costa Leste, onde se concentra a população de maior poder aquisitivo. A escola encontra-se no lado oposto, que também contém belezas naturais, mas predominantemente é composto de regiões de classe econômica mais baixa. No lado Oeste, onde se encontra a escola, a ilha é contornada pelo Rio Santa Maria, de águas calmas, incluindo regiões com manguezais. Apesar de a cidade ser pequena, há uma montanha de tamanho considerável que acaba distanciando um pouco as regiões Oeste para a costa Leste. Devido a esses fatores é comum encontrar jovens que moram na região desta escola que conhecem pouquíssimo ou nada sobre a região da costa Leste.

A escola funciona numa rua adjacente ao rio que contorna a ilha. Este fato e alguns narrados no parágrafo acima podem parecer irrelevantes para a pesquisa, mas por terem contato com a porção de água calma que contorna a ilha, alguns alunos, por

exemplo, associaram isso a uma impossibilidade de implementação de uma usina de ondas na Capital, pois julgaram não haver ondas na ilha. Isso provavelmente está relacionado com o pouco ou quase nulo contato com o outro extremo da ilha, que faz fronteira com o mar, que é naturalmente mais agitado que o rio na região.

Atualmente a escola funciona nas dependências do camarote do sambódromo da cidade, conhecida como Sambão do Povo, onde ocorrem os desfiles de carnaval. Essa instalação improvisada influencia negativamente os trabalhos acadêmicos em pelo menos dois aspectos: na época do carnaval a escola não funciona por um período maior que as escolas estaduais 'normais'; as salas de aulas são todas improvisadas em ambientes que são, em geral, impróprios para aulas por serem muito quentes na maior parte do ano. Em uma das aulas que se deu início em um laboratório improvisado no espaço da escola, teve que ser interrompida, pois o calor estava muito intenso, e a aula foi retomada alguns minutos após retornarmos para a sala de aula comum. Outro ambiente adequado já está sendo construído ao lado do sambódromo e com previsão para entrar em funcionamento em 2016.

3.4. Sujeitos

Por questões da realidade do mestrando no ano de aplicação do MI, as turmas que foram escolhidas como Turma Experimental e Turma Controle tinham 19 e 14 alunos, respectivamente. Apesar de ser um número relativamente pequeno, era o que se tinha a disposição para se obter turmas com rendimento semelhante.

Porém, nem todos os alunos participaram de ambos os testes. Optamos por utilizar os dados somente de alunos que participaram de ambos os testes, de cada turma. Sendo assim, o número de alunos cujos resultados dos testes foram utilizados nesta pesquisa foi: 14 para a TE e 8 para a TC.

Para não expor os alunos, seus nomes foram trocados por referências fictícias neste trabalho.

3.5. O Material Instrucional (MI)

Aqui apresentaremos uma descrição do Material Instrucional (MI) por mim desenvolvido e que se constitui do próprio Produto, um dos requisitos básicos deste

Programa de Mestrado. Ele está disponível na íntegra no Apêndice C desta dissertação e poderá ser utilizado por outros professores que desejarem discutir este conteúdo usando a sequência e recursos aqui propostos para a discussão do conteúdo de fontes e transformações de energia.

A organização e abordagem dos conteúdos do MI foram elaboradas tendo como base os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA 2011), já discutidas no Capítulo 2.

Como destacado por Moreira (2011), Ausubel considera o conhecimento prévio como uma importante variável que influencia a aprendizagem significativa. Por isso, para a elaboração dos Testes foram levadas em consideração algumas concepções alternativas levantadas por Castro e Mortale (2012), tendo como base os trabalhos publicados em revistas acadêmicas de ensino e educação nos últimos 20 anos, e está disponível no Anexo I do MI. Seguindo outro pressuposto básico da TAS, da Negociação de Significados, utilizamos *concept tests* na perspectiva proposta por Araújo & Mazur (2013), onde eram realizadas discussões entre os alunos sobre determinadas situações-problemas.

Também foram adotadas as sugestões apresentadas por Bzuneck (2010) para promover a predisposição do aluno. Entre as sugestões de Bzuneck as que estão em maior evidência neste trabalho são: o uso de Embelezamento e o Significado e relevância do conteúdo. Para atender a essas sugestões podemos destacar o uso de dois recursos do MI: o experimento e a maquete. O uso desses dois recursos também foi útil para atender as recomendações de Moreira (2011, 2012).

Os recursos citados acima propostos pelo MI, a saber, os *concept tests*, o experimento e a maquete, estão descritos nas subseções 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3, respectivamente.

Outra sugestão apresentada por Bzuneck (2010) que esteve presente na prática da aplicação do MI foi o *feedback* positivo e negativo. Este retorno do professor para o aluno ocorreu nas discussões do conteúdo e especialmente durante as aplicações dos *concept tests*. Durante as discussões que os *concept tests* proporcionavam, era aberto um tempo para que os alunos expressassem suas ideias para toda a turma. Nesse momento o *feedback* era direcionado para o (os) aluno (s) seguindo as instruções de Bzuneck: *feedback* negativo quando apresentavam conceitos equivocados e *feedback* positivo e as vezes elogios quando os mesmos apresentavam progressão ou evidente esforço. Os

feedbacks eram moderados, de maneira a não acabar por sendo uma desmotivação, em qualquer um dos três casos, como recomenda Bzuneck.

O conteúdo foi sempre que possível apresentado do mais geral para o mais específico, seguindo as orientações de Moreira (2012), ou seja, primeiro o fenômeno, ou o que é comum ao conhecimento diário dos alunos, e em seguida a discussão das entidades físicas envolvidas. A linguagem adotada também foi mais próxima á realidade dos alunos, além de serem adotados exemplos tanto nos exercícios quanto no texto de situações conhecidas pelos alunos.

Durante a elaboração da discussão do conteúdo no MI estavam sempre em vista seus principais objetivos, que era tentar promover ao aluno as seguintes capacidades:

1. Compreender que não se “cria”, “gera”, ou “produz” energia;
2. Compreender que energia é um assunto interdisciplinar, e que ela é a mesma, seja no estudo da Física, Química, Biologia, Geografia, etc;
3. Compreender que a energia pode se manifestar de diversas formas, ou tipos;
4. Compreender e identificar vários ciclos de transformações de energia, dando ênfase na importância do Sol nesses ciclos;
5. Identificar as principais vantagens e desvantagens das principais usinas de ‘geração’ de energia e fontes energéticas conhecidas na atualidade;
6. Compreender o porquê que energia do tipo elétrica, apesar de não ser o único tipo, está inserida em grande parte dos processos de transformações de energia;
7. Compreender que o processo de “produção” de energia é um tema que envolve ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente, e política;
8. Compreender que economizar energia, de todas as formas, não é questão de economizar dinheiro apenas, mas de sobrevivência;

Destacaremos agora alguns aspectos importantes na elaboração de cada aula presente no MI. Adiantando a explicação da seção de aplicação do MI, destacamos aqui que a primeira e a última aula foram utilizadas para aplicação do Pré e Pós Testes, por este motivo as aulas relacionadas abaixo iniciam da Aula 2.

A Aula 2 do MI aborda o conteúdo de uma maneira bastante interdisciplinar, incluindo, por exemplo, conceitos de energia no corpo humano, a fotossíntese, o ciclo de energia na Natureza e o Efeito Estufa. Neste capítulo foram abordados de maneira introdutória e com baixo nível de dificuldade os conceitos de Força, Deslocamento e Trabalho, este

último, a base para entendimento do conceito energia. Os objetivos 1 e 2 foram os “alvos” deste capítulo. O *concept test* 1 (p. 6 no MI) foi utilizado para promover a negociação de significados para o conceito de Trabalho na TE.

Na Aula 3 os conceitos de Força e Trabalho abordados na aula anterior foram retomados de uma maneira um pouco mais “elaborada”, para ser introduzido o conceito da diversidade dos tipos de energia, de como são classificados em dois tipos (cinética e potencial), finalizando com o conceito da Conservação da Energia. Atendendo desta maneira a reconciliação integradora e diferenciação progressiva, que sempre andam juntas no avançar dos conteúdos. Foi realizada uma breve explanação sobre a energia proveniente do Sol e a importância da estrela no fornecimento de energia para nosso planeta. Neste capítulo foram contemplados os objetivos 3 e 4. O *concept test* 2 (p. 15 no MI) foi utilizado, desta vez para proporcionar Negociação de Significados sobre o conceito Conservação de Energia.

Na Aula 4 foram definidas as fontes renováveis e não-renováveis. Aqui foram apresentadas diversas fontes energéticas e usinas de transformação de energia. Para cada tipo de fonte energética foi feita uma pequena discussão sobre a mesma, além de dar destaque para onde ela é utilizada, suas vantagens e desvantagens, e o motivo de ser considerada renovável ou não-renovável. Já para as usinas, além da discussão sobre seu princípio de funcionamento, foi colocado em destaque quais tipos de energia envolvidos, suas vantagens e desvantagens, para cada usina. Foi feita uma distinção clara sobre o que é fonte e o que é usina, pois em geral é feita uma mistura entre eles até mesmo em livros específicos do assunto. Por exemplo, quando se fala de eólica, não se diferencia energia do tipo eólica para usina eólica. Há muitas literaturas que, ao listarem tipos de energia, citam energia hidroelétrica, por exemplo, sendo que se trata de uma usina, não propriamente de um tipo de energia. No MI foi tomado um cuidado para separar esses conceitos. Ainda fazendo referência aos capítulos anteriores, o conceito de Trabalho esteve presente na discussão das usinas, atendendo novamente os conceitos de Reconciliação Integradora e Diferenciação Progressiva proposta por Moreira (2011, 2012), uma vez que os conceitos são sempre resgatados e abordados de maneira cada vez mais profunda, sendo utilizada para explicações mais complexas, como o funcionamento das usinas. O *concept test* 3 (p. 18 no MI) foi utilizado na TE para

discussão entre alunos sobre alguns tipos de usinas. Os principais objetivos alvos desta aula foram o 5 e o 6.

Na Aula 5, última aula do MI com discussão de conteúdo, foi feita uma introdução para destacar a importância da energia do tipo elétrica no mundo atual. Esta introdução é uma espécie de “justificativa” para entender o motivo desse tipo de energia estar em tanta evidência: sua versatilidade, facilidade de transformação e distribuição, quando comparado com outros tipos de energia. Para isso, foi feita uma pequena abordagem sobre conceitos simples do eletromagnetismo, para dar explicação sobre o princípio básico de funcionamento da maioria das usinas geradoras de energia elétrica: o Princípio de indução de Faraday. Em seguida, explanação sobre o funcionamento do gerador elétrico.

Na TE este conteúdo foi lecionado com auxílio de um experimento, que auxilia na compreensão tanto da corrente induzida (Faraday) como do gerador elétrico. Este capítulo conta com um tópico chamado “Energia para milhões”. Aqui foram levantados dados sobre a necessidade de se produzir energia em grande escala, para atender algumas tarefas humanas, com ênfase ao transporte e indústria. Neste tópico são evidenciadas as potências médias de alguns elementos do setor de transporte, por exemplo, e feita uma estimativa para o consumo geral, pois sempre há milhares ou milhões de unidades.

Para finalizar o tópico e também o MI, são discutidos vários gráficos de dois boletins: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2014 - BEN 2014 (EPE, 2014), desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisas Energéticas, que traz dados sobre produção e uso de energia no Brasil e no mundo – a partir destes gráficos é posto em evidência mais uma vez que energia do tipo elétrica é apenas um tipo, entre tantos outros, e nem sequer é a mais utilizada no Brasil nem no mundo; e o boletim Documento Síntese: ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL (1970-2013) E SUAS IMPLICAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS (AZEVEDO, 2015), que trás discussões sobre a poluição gerada por gases de efeito estufa produzidos em diversos setores ligados ao setor energético. Foram utilizados aqui os *concept tests* 4 e 5 (p. 43 e 48, respectivamente, no MI) para promover a Negociação de Significados. Os objetivos a serem alcançados nesta aula eram os 7 e 8.

Os exercícios propostos ao final das aulas envolviam atividades comuns aos estudantes. Na aula 2, por exemplo, é pedido aos alunos para estimar o tempo médio necessário para “consumir” a energia adquirida pela ingestão de um determinado alimento a partir da prática de um exercício físico específico.

3.5.1. Os *concept tests*

Os *concept tests* foram utilizados para promover a Negociação de Significados, uma importante estratégia proposta pela TAS. Neste caso, a negociação é feita entre os próprios alunos e com o professor, conforme orientação do *Peer instruction* (Instrução pelos colegas – IpC) (MAZUR & IVES, 2013). Além disso, segundo Bzuneck (2010), os Embelezamentos também são indicados para quebrar a mesmice, para suavizar o caráter de obrigatoriedade das tarefas. Neste sentido, o uso dos *concept tests* também foi útil para seguir a recomendação de Bzuneck (2010), uma vez que os testes foram bastante aceitos pelos alunos, sendo pedido, inclusive, que se repetissem nas aulas. Vale lembrar mais uma vez que os mesmos foram aplicados apenas na TE.

As questões dos *concept tests* envolviam, além de conceitos, algumas situações-problemas, que também respeitavam as recomendações a respeito do nível e da evolução dos níveis de dificuldade (MOREIRA, 2011, 2012; BZUNECK 2010).

A maioria dos *concept tests* contém mais de uma questão, pois estão agrupadas de acordo com o objetivo de cada teste. Algumas questões dos testes foram extraídas e/ou adaptadas de questões do ENEM de vários anos. Sendo extraídas do Exame Nacional ou preparadas pelo próprio mestrando, durante escolha/adaptação/elaboração das questões dos testes, as concepções alternativas (CASTRO & MORTALE, 2012) sobre o assunto de energia eram, sempre que possível, os temas centrais das questões. A lista de concepções alternativas está no Anexo I do MI e as questões completas de todos *concept tests* usados encontram-se no Apêndice I do MI.

No Quadro 3.1 listaremos os *concept tests* de cada aula e o objetivo central de cada questão, que está de acordo com os objetivos do MI para cada aula, mostrados no início desta seção (p. 26).

Aula	Concept test	Assunto (teste)	Questão	Objetivo da questão do <i>concept test</i>
2	1	Trabalho	1	Nosso corpo consome energia para se manter, seja para movimentar músculos, ou qualquer outro órgão, mesmo que estejamos parados. Ou seja, há realização de trabalho em cada processo desse.
			2	Um carro consome energia mesmo parado, quando ligado, para realizar trabalho nas correias, pistões, etc.
3	2	Conservação de energia	1	A energia total se conserva na transformação de quaisquer tipos de energia.
			2	Retomar a questão de energia e capacidade de realizar trabalho.
			3	Identificar tipos de energia classificadas como energia potencial.
			4	Verificar a importância do Sol como fonte de energia para a Terra.
4	3	Tipos de usinas	1	Expor o aluno a uma situação hipotética onde deverá escolher a opção de usina mais adequada para determinada região com características geofísicas específicas.
			2	Associar uso de fonte energética á uma determinada usina.
5	4	Uso das fontes energéticas no mundo	1	Compreender que a escolha de fontes está relacionada a vários fatores, como disponibilidade e aspectos geográficos de cada região.
	5	Poluição por setor energético	1	Verificar a proporção de geração de gases poluentes por setores energéticos, como transporte e geração de energia do tipo elétrica, por exemplo.

Quadro 3.1: Descrição dos objetivos dos *concept tests*.

3.5.2. O experimento

Outra ferramenta utilizada para promover o interesse dos alunos por meio de Embelezamento (BZUNECK, 2010) na TE foi um experimento para auxiliar a compreensão dos princípios básicos de funcionamento da maioria das usinas estudadas: corrente de indução de Faraday e o gerador elétrico. Durante o uso do experimento foi evidenciado a aplicação prática dos conceitos, principalmente no uso do gerador elétrico, o que também vai ao encontro da abordagem do Significado e relevância do conteúdo, proposta por Bzuneck (2010).

A descrição do experimento encontra-se na página 38 do MI. Um experimento relativamente simples de construir e extremamente fácil de utilizar. Foram utilizados neste experimento os seguintes itens: duas bobinas diferentes (com número de espiras bem diferentes), dois ímãs naturais (um de neodímio, outro de alto falante), alguns LEDs, um amperímetro e fios para ligação elétrica.

Além do objetivo de demonstrar o princípio de funcionamento do gerador elétrico, durante o uso do experimento foi abordado novamente a relação entre realização de Trabalho e uso de Energia, uma vez que os ímãs precisavam ser movimentados em relação à bobina. Usando-se bobinas com diferentes números de espiras e ímãs com intensidade de campo magnético diferentes, foi possível abordar a eficiência da transformação, e como maximizar a transformação da energia cinética (das mãos) em energia elétrica.

Aqui temos mais uma vez, ao se resgatar e aprofundar os conceitos de aulas anteriores, uso da Reconciliação Integradora e Diferenciação Progressiva (MOREIRA, 2011, 2012). Neste caso, evidencia-se o uso dessas estratégias da TAS pelo uso novamente do conceito Trabalho e sua relação com Energia, que agora é tratado de maneira mais ampla e profunda. Na verdade, esta relação entre o conceito Trabalho e Energia é levada de maneira estreita em todo o MI.

3.5.3. A maquete

Constitui o principal recurso proposto pelo MI, foi desenvolvida com objetivo de criar mais um recurso de Embelezamento (BZUNECK, 2010), como uma ferramenta para tentar atrair a atenção dos alunos. Aliás, o significado do termo “embelezamento” foi

levado “ao pé da letra” no caso deste recurso. Além disso, o uso da maquete também foi considerado aqui como recurso para promover o Significado e relevância ao conteúdo, uma vez que são representados na maquete vários eventos que fazem referência a situações da prática dos alunos, da sociedade e da Natureza. Alguns conceitos abordados no MI também estavam presentes na maquete, envolvendo o conceito Energia em várias áreas de conhecimento.

A ideia de criar a maquete partiu de uma boa experiência obtida durante a apresentação de outra maquete, menor e com menos recursos, durante a disciplina de Termodinâmica deste Mestrado. Este recurso foi utilizado apenas na TE.

Alguns dos objetivos da maquete acabam que se misturam com os objetivos do MI, e são eles:

- A. Representar usinas de transformação de energia, suas vantagens e desvantagens;
- B. Representar fontes energéticas, suas vantagens e desvantagens;
- C. Interações das usinas com a sociedade, meio ambiente e até aspectos de políticas econômicas;
- D. Energia está presente em todos os eventos naturais e tudo construído pelo homem;
- E. Economizar energia é uma questão de sobrevivência, não apenas financeira;
- F. Não é confiável confiar todo o uso de energia de uma sociedade a apenas uma fonte;
- G. Não existe usina pior o melhor, pois devem ser analisadas vários fatores, como as condições geográficas e econômicas de cada região.

A maquete foi planejada para tratar a energia de uma maneira bem interdisciplinar. Pensando nisso, representamos uma diversidade de aspectos geofísicos, tais como: montanha, rio, lago, mar, cidade, plantação, mina, porto, estradas e rodovias, prédios, indústrias. Estão representadas as usinas de transformação de energia: **Geotérmica, Termoelétrica, Eólica, Termonuclear, Marés/Ondas, Solar e Hidroelétrica**. Algumas das fontes de energia representadas são: plantação, floresta, plataforma de petróleo, mineradora, e o próprio vento, solar, água, etc.

Durante a visita à maquete foi abordado com os alunos da TE praticamente todo conteúdo do MI, tendo em vista seus 8 objetivos. Assim, mais uma vez pôde ser feita a

Reconciliação Integradora, resgatando vários conteúdos, e Diferenciação Progressiva, apresentando uma abordagem mais profunda, como a interação com outras áreas de conhecimento, como Geografia e políticas econômicas, por exemplo. Conceitos de Trabalho e Conservação de Energia bem como abordagem da versatilidade da energia elétrica, envolvimento das usinas em outros setores fora da Ciência Física, a necessidade de consumo consciente e a diversificação da matriz energética estavam entre os mais discutidos durante a apresentação da maquete. Além disso, como um dos objetivos da maquete, foi bastante abordado o fato de Energia estar presente em tudo: no rio em movimento, nas indústrias, no acender dos prédios, nas usinas, na vegetação, nos transportes, no gado, etc.

Descrição do processo de construção da maquete

Construída no Laboratório de Instrumentação para Ensino de Física (LIEF) da UFES, tem aproximadamente 6 m² e conta com circuito fechado de água e também um sistema de iluminação, que identifica os setores de transformação e consumo de energia. Fruto de trabalho árduo com cerca de 6 meses de dedicação de várias horas diárias, também teve um valor relativamente alto para sua construção. Devido às suas dimensões, a quantidade e principalmente a qualidade dos materiais, o custo total ultrapassou os 5 mil reais. Durante o planejamento inicial, na fase de projeto, sem praticamente nenhuma experiência com este tipo de arte, imaginei que a finalizaria com um ou dois meses e com custo de uns 2 mil reais. Porém, terminada a fase de projeto, pude imaginar que este recurso poderia ser útil para muitas pessoas e que o mesmo não poderia ser descartado após o uso. Assim, o projeto foi executado tomando diversos cuidados para se obter um resultado final bem acabado, com materiais de boa qualidade para que pudesse durar vários anos. A seguir destacaremos algumas fotos da etapa de construção da maquete, onde será possível ter uma singela visão dos cuidados tomados e os resultados finais.



Figura 3.1: Visão geral da maquete.

Para servir de base para a maquete foram utilizadas duas chapas de compensado naval de 2,2x1,6 m e 12mm de espessura cada. Este compensado é o mesmo usado na construção de barcos. Também foi aplicado verniz acetinado, para maior proteção. Essas escolhas foram feitas justamente como prevenção de possíveis vazamentos de água no futuro e para maior durabilidade. Devido ao tamanho da maquete, ela não poderia depender de mesas para se apoiar, por isso foram construídos também pés de madeira cedro rosa, também envernizados. Seus pés foram planejados de maneira que é possível dobrá-los, recolhendo assim toda a base. As duas chapas de compensado que compõe a base podem ser destacadas. O fato de a maquete ser planejada para ser separada em duas partes somadas ao fato dos pés dobráveis é o que possibilita o transporte da mesma, uma vez que seria inviável sua locomoção entre ambientes internos, como trocar de sala, por exemplo, como foi feito para uma apresentação na Mostra de Física desta Universidade. Falaremos mais sobre esta Mostra no capítulo de Conclusão.

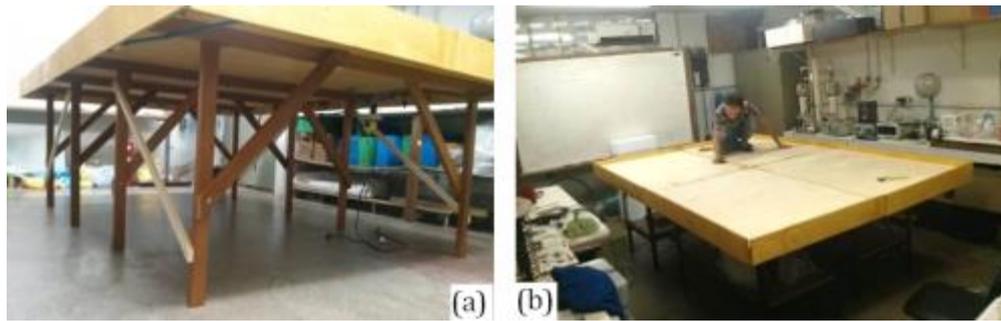


Figura 3.2: Estrutura de base da maquete, em compensado naval.

Como mostra a Figura 3.2, os pés da maquete são dobráveis e a base pode ser dividida em duas partes, para possibilitar o transporte. Toda a topografia foi feita em isopor®, como mostra a Figura 3.3. Foram utilizadas 29 placas de 1,0 x 0,5 m² cada com espessuras variadas e 2 kg de cola de isopor®.

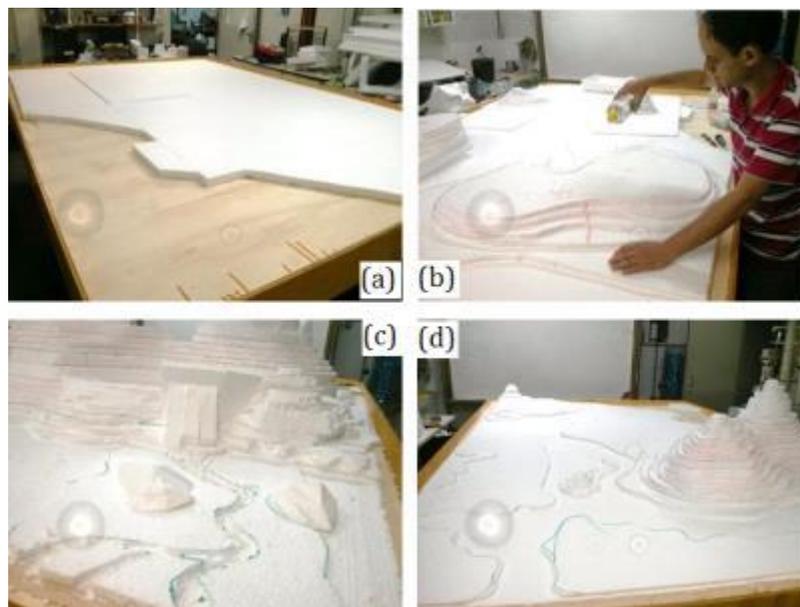


Figura 3.3: Topografia feita em isopor®.

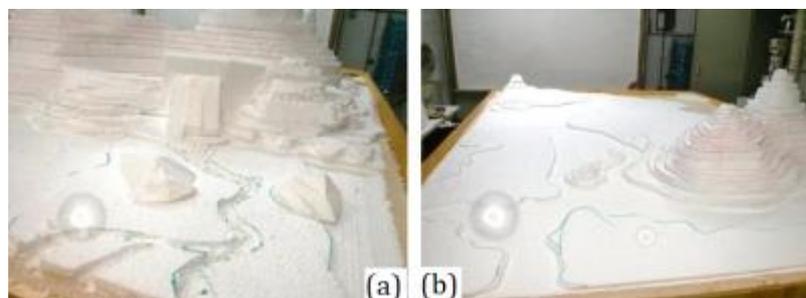


Figura 3.4: Retirando as quinas das placas de isopor®.

Para retirar as quinas do relevo as placas foram cortadas com estilete na diagonal e lixadas com lixa de granulometria fina (nº 160), como mostra a Figura 3.4.

Para dar resistência mecânica, proporcionando maior durabilidade à maquete, toda ela foi revestida com fibra de vidro aplicada com resina a base d'água (resinas a base de solventes estragariam o isopor®). Foram utilizados 4 kg de fibra de vidro e 12 kg de resina. Somente esta etapa consumiu alguns dias de trabalho.



Figura 3.5: *Fibra de vidro aplicado com resina em toda a superfície da maquete.*

Após aplicação da fibra de vidro a superfície ficou com aspecto liso. Para dar uma rugosidade e assim representar melhor as condições naturais (irregularidades no solo) foi aplicado papel machê (Figura 3.6) – uma mistura de papel macio, tipo guardanapo, com cola branca e água – em toda a superfície, inclusive no oceano, para dar efeito de diferentes profundidades.

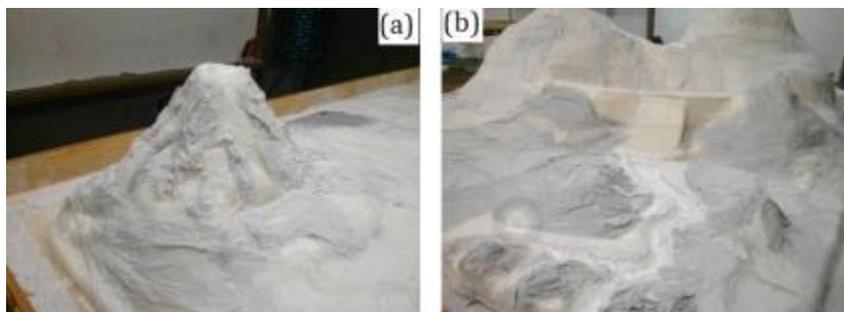


Figura 3.6: *Papel machê aplicada para dar rugosidade à superfície.*

Toda a superfície da área seca foi coberta com pó de serra tingido e a superfície do oceano com pequenas pedras de decoração também tingidas. Porém, antes da aplicação desses materiais, toda a superfície foi pintada com tinta acrílica para dar fundo (*background*), para que, após a aplicação do pó de serra ou pedras, não fique nenhuma parte branca a mostra.



Figura 3.7: Background feito com tinta acrílica em toda a superfície.

Repare que, no oceano, por exemplo, após aplicação de papel machê e fundo de tinta acrílica, já começa a dar impressão de profundidades diferentes. O mesmo ocorre nas áreas secas, como montanhas, vulcão e as planícies.

Antes da aplicação do pó de serra e pedras, a montanha recebeu uma atenção especial, pois precisaria de aspectos diferenciados, como as rochas expostas. Para criar este efeito aplicamos cimento branco tingido com corante líquido cinza (como usado em construções civis). Este cimento foi ainda pintado com tinta acrílica, dando assim aspecto de rocha. Esta técnica utilizada deu o aspecto dos grandes paredões verticais típicos em grandes montanhas e também deu o aspecto de concreto para a barragem da hidroelétrica. Para as pedras expostas, também típicas em montanhas, foram utilizadas cascas de árvore e algumas britas, todas tingidas com tinta acrílica e aplicado algumas técnicas para dar aspecto de desgastadas pelo tempo.



Figura 3.8: Aspecto de cimento e concreto na barragem e pedras.

Na Figura 3.8, à esquerda é possível ver a parte que foi aplicado cimento branco tingido de cinza para dar aspecto de rocha na montanha e de concreto na barragem. Nas imagens central e direita da Figura 3.8 está ilustrada a técnica usada para dar aspecto de desgaste por intempérie nas pedras expostas: após a pintura de tinta acrílica cor *gris de paine* nas cascas de árvore e britas, foram tingidas também com tinta acrílica marrom diluída com água (proporção aproximada de 1/100, para que fique bem rala,

praticamente uma água suja de marrom) para perder o aspecto de cor forte única, pois a natureza dificilmente apresenta cores sólidas; em seguida foi aplicada tinta acrílica branca de maneira suave nas quinas das pedras para dar impressão de desgaste causado pela água da chuva.

Para o efeito de vegetação foi usado pó de serra tingido com anilina e tinta acrílica, ambos de diversas cores. Todo o pó foi peneirado e foram preparadas diversas tonalidades de verde e marrom, para ser possível aplica-los intercaladamente, criando assim uma mudança suave nas mudanças de cor, para que a vegetação não ficasse com uma cor sólida e artificial.



Figura 3.9: Pó de serra e pedras tingidos.

O pó de serra preparado em vários tons, como mostra na Figura 3.9, foi espalhado e deixado secar por 24 h. As pedras de decoração foram misturadas em várias cores (como as mostradas na figura central), tingidas e secadas. Assim como foi feito um *background* com tinta acrílica sobre o papel *machê*, foi aplicada também uma primeira camada de pó de serra tingido de marrom sobre toda a superfície, para fazer o *background* da vegetação.

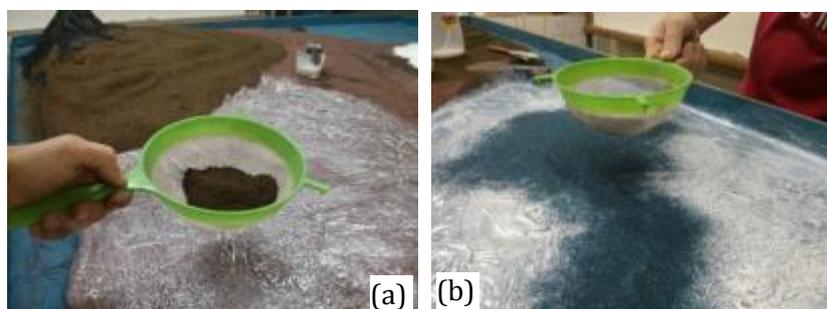


Figura 3.10: Aplicação do pó de serra e pedras nas superfícies.

Nas regiões de terra seca foi aplicado pó de serra marrom (Figura 3.10 a) em toda superfície, e em seguida, outras cores por cima. Na região do oceano, algumas camadas de pedras de decoração misturadas e tingidas (Figura 3.10 b). Em ambos os casos a

aplicação foi feita com auxílio de uma peneira e com aplicação de cola branca misturada com água com auxílio de um pincel. Para dar suavidade na mudança nos tons (*degradê*) de cores que compõe a vegetação, foram aplicadas diversas camadas de pó de serra tingidos com diversas cores, cada uma com uma quantidade e usadas peneiras com granulometrias diferentes em cada região. Esta etapa foi extremamente trabalhosa e demorada. Por exemplo: na aplicação de cada quantidade de cada tom, era necessário aplicar cola com água, peneirar o pó de serra e depois aspirar com um aspirador de pó o excesso. Em cada canto da maquete foram aplicados diversos tons, várias vezes, até se chegar numa mudança de cores que seja agradável e mais parecido possível com o real. A Figura 3.11 mostra o resultado final desta etapa.

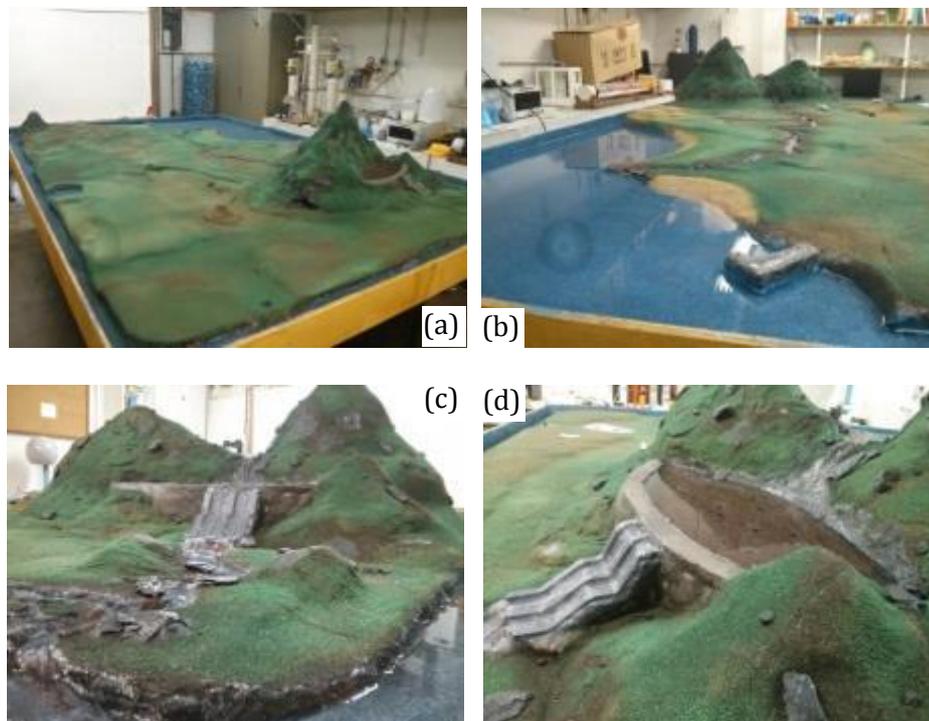


Figura 3.11: Final da etapa da vegetação e fundo do oceano.

Optamos por usar água real na maquete, diferente do que se tem normalmente, com gel ou resinas para representar a água. Este fato por si só gerou uma grande mão-de-obra devido á dificuldade de vedação. Exemplo disso é que foram gastos muitos dias reparando e modificando algumas coisas do projeto devido a inúmeros vazamentos e infiltrações ocorridos. A maquete conta com um ciclo fechado de água que cria uma ‘nascente’ na montanha, e a água percorre os rios e o lago, chega ao oceano e represa, e retorna para a montanha. São necessários aproximadamente 30 litros de água para encher todo o oceano.

Para completar o circuito hidráulico foram instaladas tubulações com conexões de engate rápido sob a maquete, com uma bomba d'água de máquina de lavar roupas (bomba de aquário precisa trabalhar submersa). Era esperado ter um grande trabalho devido a esta escolha de usar água real, mas isso se deu por dois motivos:

- i) Fazer ligação do fato de haver movimento da água com realização de trabalho, pois uma força desloca a água, logo, há energia nos rios e no mar, pois há movimento;
- ii) A água em movimento é mais um recurso visual que chama a atenção dos alunos.

O item i) acima é muito importante para ajudar a entender a fonte de energia da Hidroelétrica e da usina de Ondas/Marés. Além disso, trás uma associação de movimento com energia na Natureza.

Para fazer a impermeabilização do oceano, rios, lagoa, cachoeira e represa foram usados 3,5 litros de silicone transparente, aplicados em várias camadas.

Durante o projeto da maquete foi planejado que o oceano daria a volta por toda ela. Era de se esperar que isso traria um maior problema na impermeabilização, principalmente pelo fato de a maquete ser feita em duas partes separáveis. Mas a ideia foi executada por um simples fato: a água dando a volta por toda a maquete dá uma impressão de ilha. Na verdade, a ideia é fazer com que a maquete pareça um pequeno mundo, rodeado pelo oceano – e é este o motivo de representarmos uma grande quantidade de realidades geográficas. Isso foi feito para passar a seguinte informação: as pessoas que vivem neste mundo têm que lidar com suas necessidades energéticas sem destruí-lo. Ou seja, tudo o que for produzido ali, tanto de energia quanto de resíduos, tem que ser resolvido ali, naquela ilha, ou neste pequeno mundo.

Além disso, conforme o objetivo F da maquete (p. 34), se toda a energia da cidade fosse baseada em apenas uma fonte energética, alguns problemas poderiam ser bastantes expressivos, por exemplo: a) se toda a cidade (ou o mundo, no caso) usasse madeira como fonte energética, sua floresta acabaria sendo toda destruída; b) se fosse toda baseada em Hidroelétrica, em períodos de grande estiagem o fornecimento de energia seria comprometido; c) se fossem usados apenas carvão ou petróleo, por exemplo, os níveis de poluição seriam muito elevados; d) caso a fonte fosse toda solar, o problema de produção de baterias para manter tudo em funcionamento no período noturno seria

outro problema. Há muitos argumentos para justificar o objetivo F da maquete, mas todos convergem para o objetivo G, que indica que a melhor usina é aquela que pode aproveitar as condições de cada região, como sua Geografia, economia, suas leis, tecnologias disponíveis, entre outros fatores.

Todas as decisões descritas aqui foram tomadas pensando nos objetivos principais da maquete, descritas no início deste tópico.



Figura 3.12: *Detalhes do circuito hidráulico.*

Na Figura 3.12 temos: em a), um furo sendo feito na montanha para passar tubulação que leva água à “nascente”; em b), a bomba de máquina de lavar, que foi pendurada no fundo da maquete por mangueiras de silicone, para não passar vibração para maquete; e em c), parte da tubulação instalada sob a base da maquete. Na saída da bomba, há um registro para controlar o fluxo de água que entrará na “nascente”, na montanha.

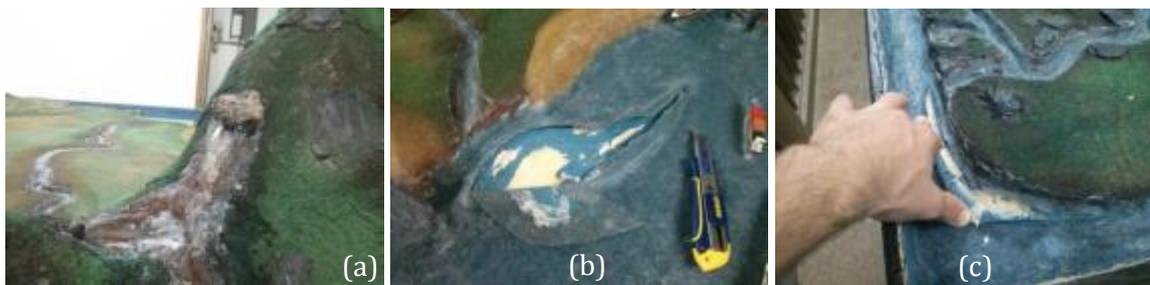


Figura 3.13: *Em a), a nascente; em b) exemplo de alguns problemas de infiltração de água.*

Ocorreram muitos problemas de vazamentos e infiltrações como as mostradas na Figura 3.13. A próxima etapa foi a de adicionar miniaturas na maquete. Aqui deu-se início a um longo e demorado processo, com várias tentativas e erros, passando por modelos feitos em impressora 3D, modelos dobráveis em papel (*paper craft*), e outros. Era necessário representar uma variedade muito grande de coisas em pequena escala: carros, navios, avião, prédios, gado, indústrias, usinas, torres de transmissão, árvores, ruas, plantação, entre outros. Além disso, outro grande problema: variações de escala a serem representadas. Em cada ambiente da maquete era necessário uma escala diferente, pois

tínhamos montanhas (que na realidade teriam centenas de metros de altura) e ao mesmo tempo pequenos carros e caminhões, e assim acontecia com diversos ambientes da maquete. Sendo assim, era impossível adotar uma única escala para trabalhar com todos ambientes.

Nas maiores lojas especializadas em vendas de miniaturas do país e até mesmo no exterior (ambos pesquisados na internet) foram encontrados apenas alguns tipos de miniaturas, mas representando o que nós queríamos na maquete e com aspecto físico semelhante, para não ficar destoante com o restante, não foi encontrado praticamente nada, principalmente devido ao problema de escalas variáveis. Em todos sites pesquisados com maquetes de qualidades profissionais, era escolhido uma escala para toda ela – geralmente 1/87, chamada de escala HO - e assim, era possível montar quase toda a maquete com itens comprados, que são muito abundantes nesta escala em especial. Mas isso não foi possível no caso desta maquete. Como exemplo, a escala dos navios que usamos é cerca de 1/1500, já os carros tem escala de 1/300.

Após cerca de dois meses, finalizamos todas as miniaturas, que foram feitas de maneiras diversificadas, onde a escala de cada miniatura foi calculada de acordo com o ambiente que ela seria colocada, de maneira a não ficar desproporcional ao seu ambiente. Algumas miniaturas serão descritas a seguir.

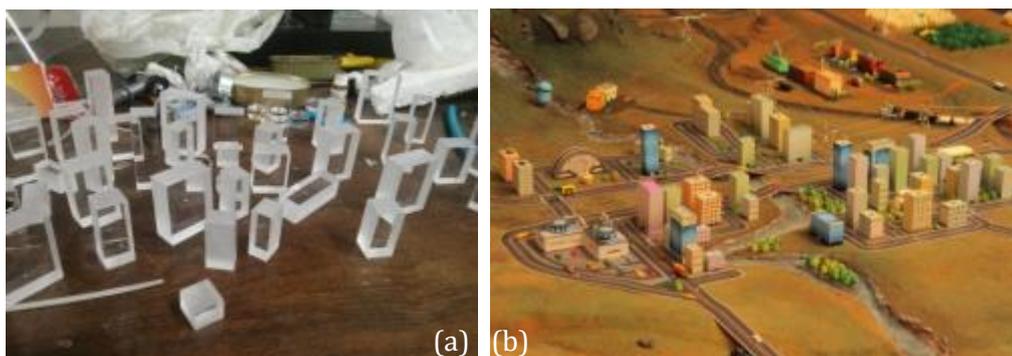


Figura 3.14: Os prédios foram feitos de acrílico de vários tamanhos e formatos.

Os prédios são de acrílico (Figura 3.14 a) e foram envelopados com papel adesivo onde foram impressos gráficos que simulam fachadas de edifícios, como mostra a visão geral da cidade na Figura 3.14 b. Os prédios são de acrílico pois foram instalados LEDs em seu interior, indicando o consumo de energia. Antes de envelopar os prédios, o acrílico foi lixado com lixa fina (nº 200) sob água corrente, para que sua superfície fique levemente fosca. Assim, a luz do LED sai por ele de forma difusa, facilitando a visão por um ângulo

maior. Caso as superfícies fossem lisas, a luz sairia praticamente toda numa única direção, no caso, vertical para cima.

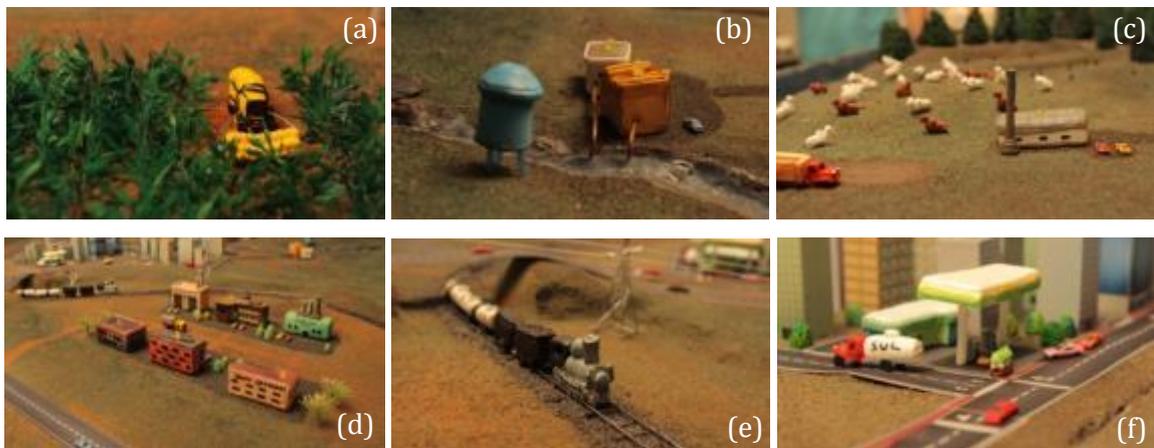


Figura 3.15: Muitas miniaturas foram feitas em biscuit.

A Figura 3.15 mostra detalhes de algumas miniaturas feitas em biscuit. A partir desta figura faremos algumas observações: a) foram feitas duas plantações e com uma colheitadeira em cada, representando uma fonte de energia renovável, o biodiesel e também o uso de energia para realizar sua colheita; b) algumas indústrias foram colocadas próximas ao rio e contam com tubulações ligadas a ele, representando a poluição industrial. Essas da foto, por exemplo, foram propositalmente colocadas próximas à nascente, antes ainda do rio chegar à cidade; c) o gado foi feito para representar biomassa e também está representada uma parte da floresta desmatada para uso de pasto; d) foi colocado uma espécie de parque industrial, para chamar a atenção do grande uso de energia por parte das indústrias; e) e f) o trem, caminhões e o avião também foram feitos em *biscuit*, além do posto de gasolina, que foi colocado para representar uso de energia química. Foram utilizados 120 miniaturas de carros, feitos de plástico na escala 1/300, e pintados com tinta acrílica.

Estão representadas na maquete várias indústrias. Além das já citadas no parágrafo acima, que estão aglomeradas numa espécie de parque industrial, existem indústrias como: madeireira, que além de representar fonte de biomassa para a Termoelétrica, representa o desmatamento em alguns locais; indústrias que beneficiam materiais orgânicos, como a do gado e da plantação, que representam fonte de biomassa, bem como de alimentação; mineradora, que também fornece carvão mineral para a Termoelétrica; entre outras. Para representar o uso de energia nos transportes foi

colocada uma variedade e quantidade grandes de elementos: carros, caminhões, trem, avião, navios e um bondinho.

Foi tomado um cuidado grande para desfazer a ideia de associar energia quase sempre com energia elétrica, aliás, esse é um dos objetivos da maquete. Pensando nisso, foi feito grande esforço para representar uma grande variedade de transportes e indústrias. Não atoa, representam cerca de 34% e 32% do consumo de energia total do Brasil (EPE, 2014). A Figura 3.16 mostra os dois portos e alguns navios.



Figura 3.16: *Detalhes dos navios e portos.*

Os navios foram utilizados para representar o uso de energia e os portos para transporte tanto de cargas quanto de fontes energéticas. A Figura 3.16 b) ilustra um navio petroleiro, trazendo petróleo e gás natural, e a Figura 3.16 d), um navio graneleiro, transportando produtos da plantação (que pode ser alimento ou biomassa) no porto ao lado da mesma. Todos os elementos criados na maquete foram planejados para representar de alguma forma fontes energéticas, unidades de consumo de energia e, é claro, as usinas de transformação, que são objetos de destaque na maquete.

As usinas foram posicionadas de acordo com as fontes energéticas disponíveis e a Geografia de cada local. Isso foi planejado para evidenciar o objetivo G da maquete. Apresentaremos agora as 7 usinas de transformação de energia representadas na maquete.



Figura 3.17: Hidrelétrica. Acima da represa há um bondinho.

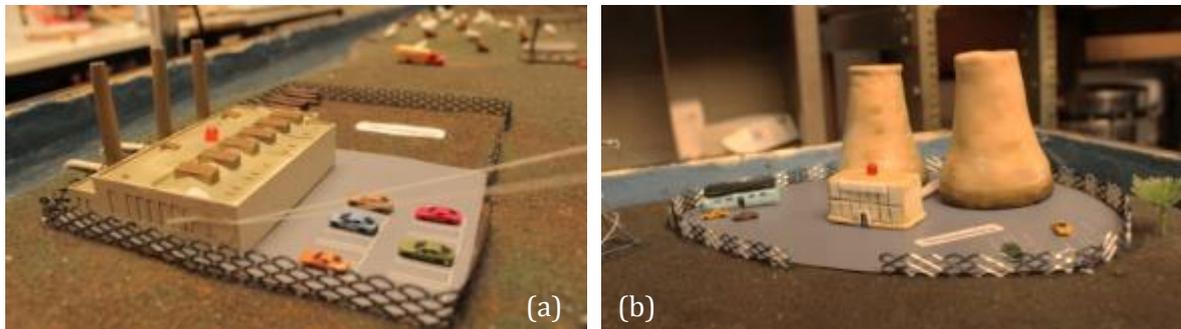


Figura 3.18: Termoelétrica e Termonuclear.

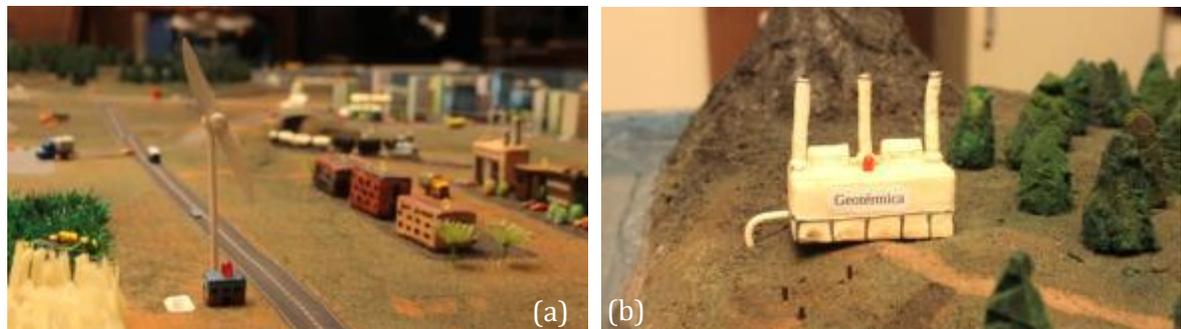


Figura 3.19: Usina Eólica e Geotérmica.

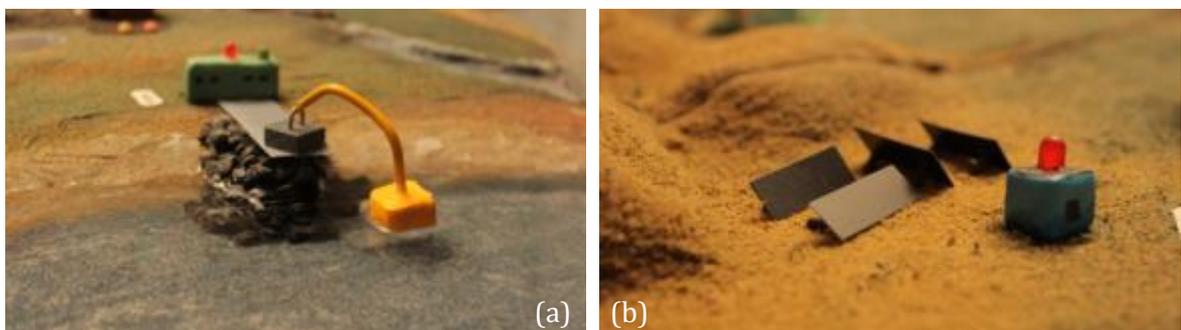


Figura 3.20: Usina de Marés/Ondas e Solar.

A Hidroelétrica (Figura 3.17) foi posicionada perto da montanha para aproveitar a queda natural do rio, e longe da cidade, como prevenção de possíveis rompimentos. A

Termoelétrica (Figura 3.18 a) instalada perto da floresta, gado e plantação, também conta com a linha de trem que transporta carvão mineral, derivados de petróleo e gás natural passando perto, todos representando suas possíveis fontes energéticas. A Termonuclear (Figura 3.18 b) está posicionada longe da cidade por questões de segurança em caso de acidentes. A usina Eólica (Figura 3.19 a) na região rural, onde há bastante espaço. A Geotérmica (Figura 3.19 b) ao lado do vulcão e com tubulações representando a coleta de vapor d'água da região vulcânica. A usina de Ondas/Marés (Figura 3.20 a) na praia, aproveitando o movimento da água. E a usina Solar (Figura 3.20 b) no deserto, representando o aproveitamento da alta incidência solar. A Termoelétrica, a Termonuclear (Figura 3.18 b) e a Geotérmica (Figura 3.19 b) foram posicionadas perto do mar e possuem tubulações que levam a ele, para seus sistemas de refrigeração.

Além do circuito hidráulico já mencionado, a maquete conta também com um sistema elétrico. Esse sistema elétrico alimenta LEDs que representam o funcionamento das usinas de transformação de energia, bem como dos elementos consumidores, tais como os prédios e indústrias. O sistema foi projetado para que cada uma das 7 usinas representadas “alimente” uma certa quantidade de elementos consumidores. A quantidade de elementos que recebe energia por usina foi dividida levando-se em conta dois fatores: i) potencial energético da usina e ii) seu atual uso no mundo, em quantidade. Sendo assim, as usinas que acendem mais unidades consumidoras são: Termoelétrica, Termonuclear e Hidroelétrica. As outras 4 usinas acendem uma quantidade menor de unidades.

O sistema elétrico pode todo ser acionado por um controle instalado na lateral da maquete, como mostra a Figura 3.21. Cada usina está identificada neste controle e, ao acionar o botão de uma usina qualquer, é possível identificar quais elementos da maquete estão sendo “alimentados” por tal usina.

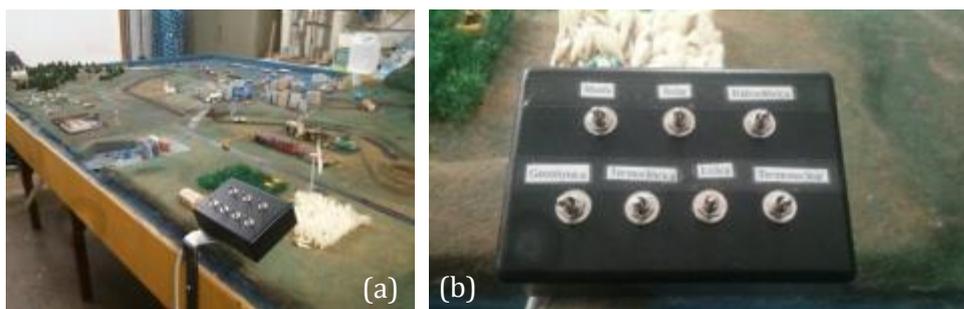


Figura 3.21: Detalhe do controle da iluminação, que pode ser operado pelos alunos.

Todo o sistema elétrico, assim como o hidráulico foi instalado sob a base da maquete. São ao todo 84 LEDs que identificam o funcionamento de diversos elementos: as 7 usinas, as indústrias, estádio de futebol, portos e aeroportos, e a cidade.

Para instalação dos LEDs foram soldados resistores em serie para limitação de corrente elétrica. Os valores dos resistores foram calculados para que a iluminação apresentasse um brilho intermediário, para que fosse bem visível, porém não desagradável aos olhos. Para iluminação dos prédios, como cada um apresenta altura diferente, os resistores foram calculados de acordo com sua altura: prédios mais altos, resistores com valor de resistência mais baixo, para circular corrente elétrica mais alta, quando comparado com os LEDs dos prédios mais baixos. Isso foi feito para que os prédios apresentassem brilho semelhante entre eles.

Há também uma classificação por cores: LEDs vermelhos estão presentes nas usinas de transformação de energia, já nos elementos consumidores foi utilizada iluminação amarela em sua maioria, mas alguns apresentam iluminação branca e outros azul: nos prédios foram instalados LEDs de alto brilho de cor branca, pois eles estão dentro do acrílico, por isso precisam de maior potência luminosa (apesar da cor diferente, na prática os prédios apresentam a cor de seu envelopamento); no estádio de futebol e um prédio que representa o *Burj Al Arab* - um luxuoso hotel em Dubai que na maquete foi colocado no deserto, representando a região real do hotel - que também receberam iluminação de LEDs de alto brilho cor branca; alguns outros prédios receberam LEDs de alto brilho azul para dar destaque e um diferencial na aparência final - o shopping e os dois maiores prédios da cidade que são idênticos são alguns dos exemplos.

Como o circuito elétrico está todo por baixo da estrutura da maquete, os LEDs com resistores tiveram que atravessar a base de compensado naval e toda a camada de isopor e fibra de vidro e compõe a superfície da maquete. Para isso, em cada local de instalação da iluminação foi necessário um furo, e os LEDs soldados com os resistores precisaram de um isolamento e um reforço mecânico, para penetrarem pelo justo orifício feito para cada um deles. Esse isolamento e reforço foram feitos usando-se termocontrátil (Figura 3.22 a) – uma espécie de borracha que se contrai ao ser aquecida. Após o posicionamento de cada LED eles foram colados no furo e os fios de ligação presos à base com grampos.

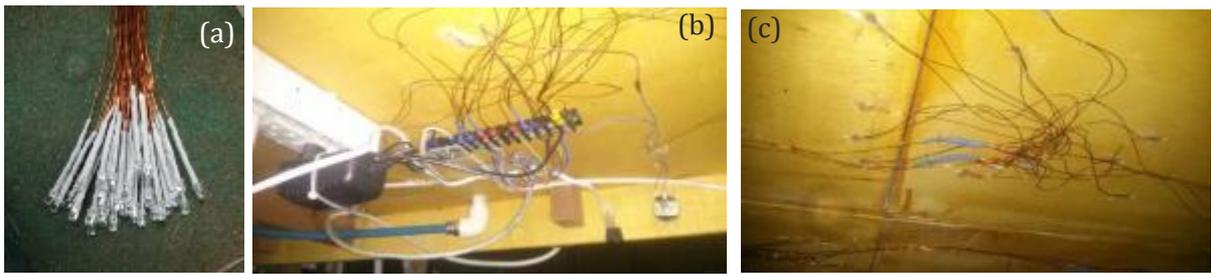


Figura 3.22: *Detalhes da instalação elétrica.*

A Figura 3.22 b) mostra o local para onde convergem todos os grupos dos LEDs antes de serem ligados à central (Figura 3.21 b). Na Figura 3.22 c, exemplo de alguns LEDs atravessando a base da maquete para chegarem ao topo de alguns elementos que serão iluminados.

A etapa de projeto, construção e instalação de todo o sistema elétrico durou cerca de duas semanas, bem diferente dos dois dias que foram planejados.

O efeito dos elementos iluminados quando se apagam as luzes do ambiente onde se encontra a maquete se assemelha à visão aérea noturna de uma cidade (Figura 3.23), e é um dos momentos mais apreciados pelos alunos que já visitaram a maquete.

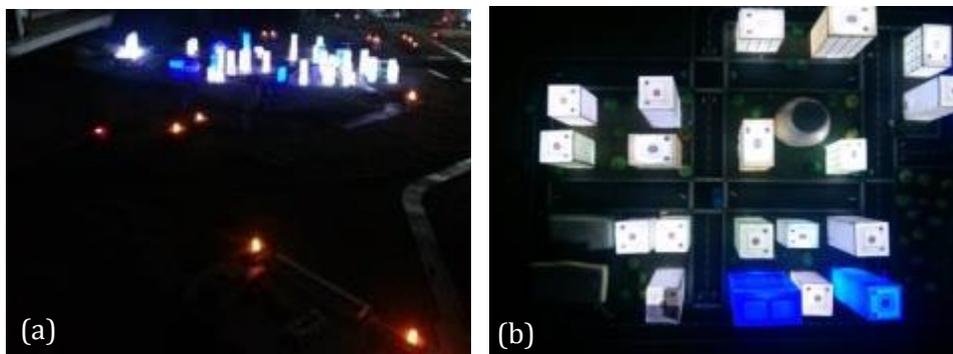


Figura 3.23: *Efeito da iluminação simulando a noite na maquete.*

Após todos os itens da maquete serem instalados e colados foram ainda realizada a última etapa: impermeabilização de toda a superfície. Isso foi feito para que o conjunto tivesse maior durabilidade, além de prevenir contra vazamentos do sistema hidráulico, quedas acidentais de líquido, evitar mofo devido à umidade do ar, para formação de uma fina e transparente película, facilitando a limpeza da superfície, entre outros. Essa etapa foi realizada em dois passos: i) foi preparada uma solução de cola branca com água (uma porção de cola para três de água, aproximadamente) e borrifada por toda a superfície seca da maquete – foram aplicadas muitas camadas e entre cada aplicação era dado um intervalo de algumas horas; ii) aplicação de verniz fosco (o verniz

brilhoso poderia dar um efeito muito artificial, criando superfícies brilhosas) em spray – novamente diversas camadas foram aplicadas, com intervalo de algumas horas entre aplicações. Para aplicação da cola e verniz as regiões que receberiam água, que estavam cobertas por silicone, foram cobertas para não serem atingidas.

Após esta última etapa, como todos os itens estavam colados e a superfície selada com cola e verniz a maquete estava pronta para ser transportada de sua sala. Daí outra razão para o selamento da superfície: a maquete tem que ser dividida em duas partes e cada parte é transportada na vertical. Por isso os pés foram projetados para serem dobráveis. A Figura 3.24 mostra o processo de transporte.



Figura 3.24: *Detalhes do transporte da maquete.*

Na Figura 3.24 a, a maquete dividida ao meio ainda com o isolamento na região do oceano e rios para aplicação do verniz; na Figura 3.24 b, uma das partes da maquete com os pés recolhidos e em posição de transporte. Vale lembrar ainda que pelo fato de a maquete ser dividida ao meio, toda a fiação e as tubulações do circuito hidráulico tiveram que contar com sistema de separação que fosse de fácil operação.

Por fim, mais algumas fotos da maquete finalizada.



Figura 3.25: *Detalhe da nascente do rio.*

Na Figura 3.25, em primeiro plano, o bondinho que passa sobre a represa e o rio, que forma um lago e, a partir dele saem dois: um vai para a represa e outro passa por uma pequena cachoeira, formando outro lago, e em seguida corre em direção à cidade. A cidade e floresta ao fundo.



Figura 3.26: Floresta e vulcão.

Na Figura 3.26 repare que há duas áreas desmatadas na floresta: uma onde se encontra a madeira e outra na no pasto para o gado.



Figura 3.27: A cidade com a montanha ao fundo.

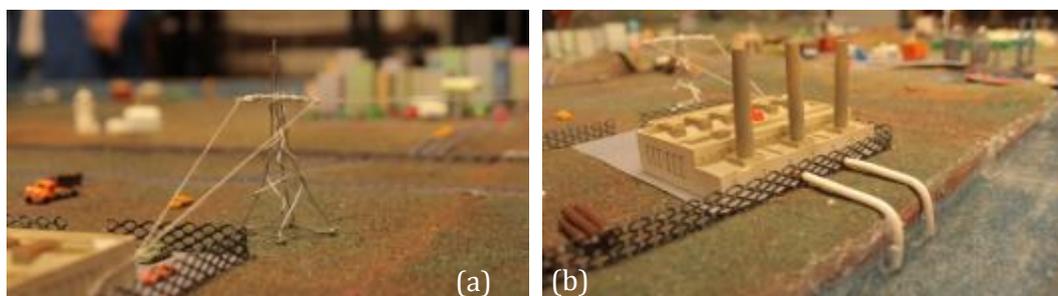


Figura 3.28: Uma das torres de transmissão de energia elétrica e tubulação da Termoelétrica.



Figura 3.29: O porto de cargas.

A Figura 3.29 mostra o porto de cargas, onde foram colocados vários carros no pátio, representando a produção em escala de veículos, algo que foi discutido na última aula do MI.

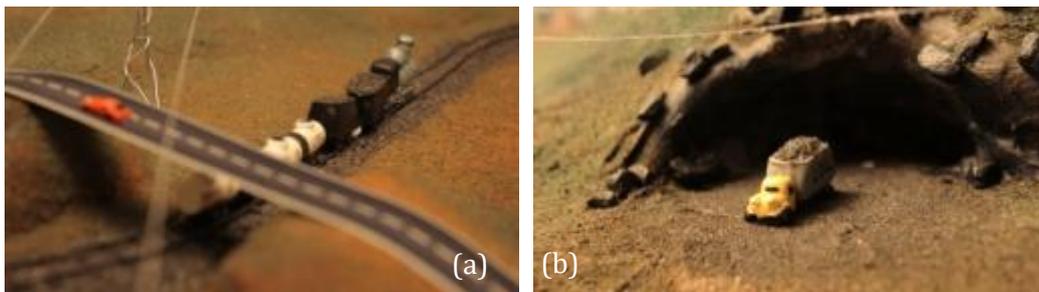


Figura 3.30: Detalhes do trem (a) e extração de carvão mineral (b).

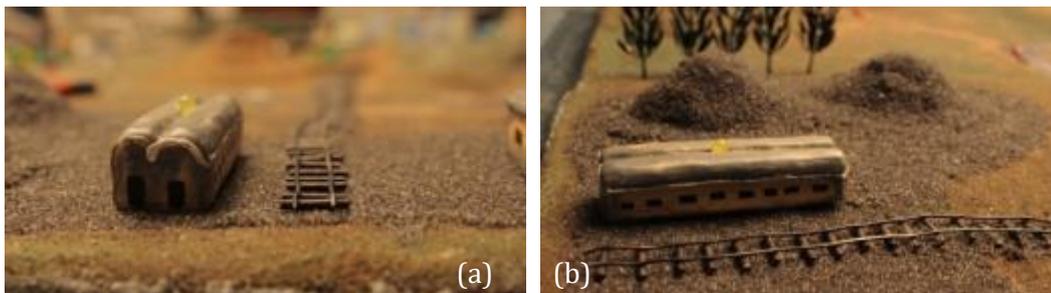


Figura 3.31: Detalhes da mineradora.

3.6. Aplicação do Material Instrucional

A sequência das aulas abordadas em ambas as turmas está descrita do Quadro 3.2. A aplicação deu-se início no dia 19 de Outubro de 2015 e teve término no dia 10 de Novembro.

Dia	Turma Experimental (TE)	Recurso usado na TE	Turma Controle (TC)
19/10	Pré Teste		
20/10	Aula 2	<i>Concept test</i>	Pré Teste
21/10			Aula 2
26/10	Aula 3	<i>Concept test</i>	
27/10	Visita à maquete, com conteúdo da Aula 4 e início da Aula 5	<i>Concept test e maquete</i>	
3/11	Fim da Aula 5	<i>Concept test e experimento</i>	Aula 3 e 4
4/11			Aula 5
9/11	Pós Teste		
10/11			Pós Teste

Quadro 3.2: Sequência da aplicação do MI.

Durante os dias 26 a 29 de outubro de 2015 ocorreu a Mostra de Física e Astronomia da Universidade (www.mostradefisica.ufes.br). Nesta mostra a maquete foi uma das atrações, onde havia uma sala reservada para visitação. Durante a mostra a maquete foi visitada por centenas de alunos e dezenas de professores. As visitas eram monitoradas por alunos do curso de graduação de Física e tinham duração de 30 minutos. Aproveitando-se dessa ocasião, preparamos um roteiro completo para apresentação durante a visita. Este roteiro contém de maneira simplificada praticamente todo o conteúdo do MI, e o conteúdo foca principalmente nos objetivos da maquete e do MI. Como um resultado “extra oficial” deste Produto já podemos citar que vários professores que visitaram a maquete já se interessaram por usá-la em suas turmas nos próximos anos.

O período de realização da Mostra também foi usado para facilitar a visita dos alunos da TE à Universidade, para terem a aula de visita à maquete. Por este motivo a TC não teve a aula que teria por padrão no dia 27, pois eles foram liberados neste dia, devido ao grande número de professores que estavam envolvidos na visita à Mostra. Já no dia

28/10, não mostrado no Quadro 3.2, onde os alunos da TC deveriam ter aula normal, eles estavam em visita na Mostra. Foi feita uma articulação entre os horários de visita com os coordenadores da Mostra para garantir que os alunos da TC não tivessem contato com a Mostra e também para garantir um horário estendido para visita dos alunos da TE. As aulas retornaram no dia 3/11 para a TC, onde foi conseguido um horário extra com um professor de outra disciplina para aplicar as Aulas 3 e 4.

Como forma de incentivar os alunos a participarem de todas as aulas, dos Testes e também da visita à maquete (no caso da TE), foi combinado com os alunos que seriam feitos quatro sorteios ao fim do Pós Teste: três sorteios de uma caixa de bombom cada, e um de uma sexta com 5 kg de chocolate. Este incentivo foi dado para tentar minimizar a probabilidade dos alunos faltarem aos Testes e à visita, principalmente pelo fato de nada disso ter gerado pontos para os alunos.

Além disso, como o dia da visita à maquete era muito importante para aplicação correta da sequência deste trabalho, também foi dito a eles que seria dada alimentação durante a apresentação da maquete. Esse detalhe da alimentação fez-se importante, pois os alunos estão acostumados a ter alimento gratuito na escola no intervalo. O prometido foi cumprido e foi comprado lanche para todos os alunos. Não podemos saber se pelo desejo de participar do sorteio da cesta de chocolate, pelo lanche, pela curiosidade de ver a maquete que tinha falado tanto com eles, ou por outro motivo qualquer, mas no dia da apresentação da maquete foi o dia de maior frequência dos alunos entre todos os dias de aplicação do MI: 18 alunos, com apenas uma falta.

Outros cuidados foram tomados para o dia da apresentação: a apresentação da TE durou quase duas horas, e já pensando nisso, preparamos a maquete numa sala com ar condicionado e foram colocados pequenos bancos (foi escolhido banco ao invés de cadeira, para os alunos ficarem mais próximos uns dos outros) para que os alunos pudessem ficar mais confortáveis durante a visita, onde ficaram sentados ao redor da maquete, como mostra a Figura 3.32; o lanche foi dado aproximadamente na metade da apresentação, dando um pequeno intervalo para não saturar suas mentes; foi providenciado um datashow para que pudessem ser passadas informações importantes, assim, ao mesmo tempo em que eram mostrados alguns elementos na maquete, alguns dados sobre os mesmos eram mostrados na tela; durante o lanche foi anunciado que ao

fim da apresentação todos ganhariam mais um lanche, neste caso, um bombom, o que os animou para permanecerem na visita.



Figura 3.32: Apresentação da maquete para a TE.



Figura 3.33: Aplicação do concept test (a) e uso do datashow (b).

No momento registrado na Figura 3.33 b, o Datashow estava sendo usado para uma rápida revisão sobre a energia no corpo humano, que foi utilizada no dia para relembrar a relação de trabalho com energia.

Nos dias da Mostra até pequenos peixes foram colocados na água da maquete, para despertar mais atenção dos alunos, e de fato chamou. Outro evento que muito chamava atenção dos alunos era o momento em que as luzes da sala eram apagadas e a iluminação da maquete era toda ligada. Neste momento todos faziam expressões de surpresa, e isso era evidenciado pelos seus comentários. Isso foi percebido não só com a TE, mas com todos os alunos que visitaram a maquete durante a Mostra. Aliás, essas expressões de alegria junto com o nível de envolvimento com os itens da maquete, demonstrados pelos comentários e perguntas feitas durante as apresentações, foram o que deram satisfação e retorno pelo tão grande trabalho que se teve para construir a maquete.

Aproveitamos para acrescentar mais duas fotos apenas para ilustrar as outras turmas que tiveram contato com a maquete durante a Mostra de Física e Astronomia.



Figura 3.34: Apresentações para outras turmas durante a Mostra de Física e Astronomia da UFES.

Dois inconvenientes ocorridos na sequência das aulas são importantes destacar: i) o fato de abordar o conteúdo das Aulas 4 e 5 durante a apresentação da maquete para a TE não foi muito eficiente, apesar de isso ter ocorrido por questões de cronogramas e não por planejamento (esse fato é tratado nas discussões do Capítulo 4); ii) a última aula da TC foi iniciado em uma sala diferente da sala normal, e a nova sala não tinha ventiladores e as janelas não podiam ser abertas corretamente devido ao sol muito forte. O calor tornou-se tão insuportável que tivemos que nos retirar e recomeçar a aula em outro local. Isso acabou atrapalhando o andamento do conteúdo.

3.7. Instrumentos de coleta de dados

O Pré e Pós Teste foram os instrumentos de coleta de dados deste trabalho. Cada teste conta com 10 questões, todas preparadas de maneira a atingir os objetivos do MI (apresentados seção 3.5, p. 28), e muitas delas levaram em consideração as concepções alternativas da lista de Castro e Mortale (2012). Das 10 questões, 8 delas são idênticas entre os testes. As duas últimas questões foram trocadas entre o Pré e o Pós Teste. Analisaremos agora as ideias centrais de cada uma das questões. Os testes encontram-se nos Apêndices A e B.

A Questão 1 é constituída de sentenças com respostas em uma escala *likert*, onde são feitas afirmativas e os alunos tem quatro opções para marcar: discordo totalmente, discordo, concordo e concordo totalmente. A maioria das questões foi preparada a partir de concepções alternativas da lista de Castro e Mortale (2012), e todas abrangem todos os itens listados nos objetivos no MI. Algumas das concepções alternativas e as afirmações dos itens desta questão estão no Quadro 3.3.

Afirmação	Concepções alternativas abordadas
Alimento fornece energia.	Energia é algo que fica no interior do organismo; Só o que está vivo tem energia; Alimento é energia; O corpo é um reservatório de energia.
A energia pode ser vista no microscópio.	A energia pode ser vista a olho nu; A energia pode ser vista no microscópio; A energia pode ser vista por um electro-microscópio; Energia é algo que tem existência material.
Sem energia, não se realiza trabalho.	Para falar o que é energia vai depender do lugar em que você está colocando a força; Energia é resultado do trabalho da força;
Força e energia são as mesmas coisas	Força e energia são as mesmas coisas; Energia tem diferentes forças; Energia é a intensidade da força.
Energia elétrica é apenas um tipo de energia, dentre tantos outros.	Energia elétrica é quem fornece luz;
i) Um carrinho de mão não precisa de energia para andar. ii) Parados, nós não consumimos energia	O carro quando está em movimento tem energia ; Onde não há movimento, não há energia; O corpo cria energia para andar de bicicleta; O que faz o corpo se mover é a força e não a energia.

Quadro 3.3: *Alguns itens e suas concepções alternativas abordadas.*

A Questão 2 é do tipo aberta. Nela é solicitado aos alunos que descrevam quais tipos de energia eles conhecem. O esperado para esta questão é um aumento na variedade de tipos de energia lembrado pelos alunos, quando comparado o Pós Teste com o Pré.

Na Questão 3, também aberta, é perguntado para os alunos: “Se não houvesse energia, o que não seria possível fazer no seu dia a dia?”. O objetivo desta questão é trabalhar sobre o objetivo 6 do MI (os objetivos estão na p. 28). O esperado é que os alunos relatem praticamente apenas aparelhos envolvidos com energia elétrica no Pré Teste, e que o quadro mude no Pós.

A Questão 4 é de múltipla escolha, onde os alunos deverão escolher entre 4 níveis a importância, na visão deles, de se ter conhecimento sobre energia nos seguintes itens:

no projeto de uma viagem a Marte; no dia-a-dia de uma pessoa comum; para o diretor de uma grande indústria; no projeto de um carro; nas decisões dos políticos. Os quatro níveis de importância disponíveis são: nenhuma; pouca, relevante, alta. Os itens desta questão têm como seus focos nos objetivos 2, 7 e 8 do MI.

Na Questão 5 é pedido aos alunos que deem nota numa escala de 0 a 10 para os níveis de impacto ambiental causado por algumas usinas de transformação de energia. As 7 usinas listadas são as mesmas presentes na maquete. A ideia desta questão é tratar do objetivo 5 do MI.

Na Questão 6 é pedido aos alunos que marquem numa lista de materiais se os mesmos são fonte renovável, fonte não-renovável ou se não são fonte energética. A lista dos materiais é a seguinte: petróleo, alumínio, madeira, vento, material radioativo, minério de ferro, fezes de gado, lixo orgânico (resto de comida) e areia. Os objetivos principais a serem atingidos com esta questão são 1 e 2. As concepções alternativas abordadas aqui foram: “Energia é alimento, Potássio é energia, Um objeto não tem energia, pois não se move sozinho, Só o que está vivo tem energia, Energia é propriedade de todos os corpos, Se o fogo queima, também faz desaparecer a energia”. Todas extraídas da lista de castro e Mortale (2012).

A Questão 7 é de múltipla escolha com justificativa. Nela é feita a seguinte pergunta: “Você acha que existe uma usina que seja a melhor opção de todas, para qualquer região?”. O aluno pode marcar sim ou não, mas em qualquer caso deverá justificar a escolha. O objetivo 5 do MI é o principal foco desta questão.

A Questão 8 é exatamente o oposto da anterior. Nela é perguntado se há uma usina que seja a pior opção de todas. O objetivo é o mesmo que a Questão 7.

A questão 9 e a Questão 10 foram as duas já mencionadas que foram substituídas no Pós Teste. Sendo assim, temos duas questões 9 e duas questões 10.

A questão 9 do Pré Teste é do tipo verdadeiro e falso e foi adaptada do ENEM de 1998 e conta com uma figura que esquematiza o funcionamento de uma usina hidrelétrica. Mais uma vez temos o objetivo 5 do MI sendo abordado de maneira mais profunda.

A questão 9 do Pós Teste também é do tipo verdadeiro ou falso, porém o assunto abordado é diferente. Nela são apresentados dois gráficos extraídos do BEN 2014 (EPE,

2014) que mostram o consumo total de energia por setor e por fonte. Nos 10 itens da questão são tratados assuntos cujo tema vão ao encontro dos objetivos 5, 6, 7 e 8 do MI.

A Questão 10 do Pré Teste foi adaptada do ENEM de 2009. Ela trás uma figura do esquema do funcionamento de uma termoeletrica. A partir do esquema são feitas algumas sugestões para aumentar a eficiência da usina. Os alunos deveriam marcar cada sugestão como verdadeira ou falsa e justificar cada escolha. O objetivo 5 do MI é abordado nesta questão.

A Questão 10 do Pós Teste trata-se de uma situação-problema e é a que vai num nível mais avançado do raciocínio do aluno. Nela são descrita algumas características geográficas da cidade de Vitória/ES e é solicitado que os alunos decidam qual usina é a melhor opção para ser instalada na capital do Estado. São Sugeridas quatro usinas, e cada uma tem uma possível justificação. Os alunos podem escolher a(as) usina(s) que julgam ser (serem) a(as) melhor(res) opção(ões). Os objetivos do MI abordados nesta questão são o 5 e o 7.

Os resultados dos testes encontram-se no Capítulo 4, Análise de dados.

3.8. Técnicas de análise de dados

Como descrito na seção 3.7, os instrumentos de coleta de dados, Pré e Pós Teste, contam com questões de múltipla escolha e questões abertas. Foi realizada uma análise qualitativa nas questões abertas e suas notas foram normalizadas para que fosse possível realizar uma análise quantitativa das notas individuais dos alunos em cada teste.

Em uma abordagem qualitativa o pesquisador observa de dentro do ambiente estudado e registra cuidadosamente os eventos relevantes, coletando informações pertinentes que possam influenciar a aprendizagem dos estudantes. Esses registros são posteriormente transformados em dados e analisados qualitativamente de modo a tornar possível a avaliação de alguns fatos e situações que não seriam possíveis através de outro tipo de avaliação, pois de acordo com Moreira:

O interesse central está em uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos as suas ações em uma realidade socialmente construída, através de observação participativa, isto é, o pesquisador fica imerso no

fenômeno de interesse. Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de natureza qualitativa e analisados correspondentemente. (Moreira, 2009, p. 6 e 7).

Descreveremos agora o teste estatístico utilizado para análise quantitativa dos dados.

Como estão sendo comparados dados de duas amostras antes e depois (Pré e Pós Teste) de uma mesma população, o teste estatístico de Wilcoxon foi escolhido para este caso. Temos duas amostras justamente pelo delineamento da pesquisa descrito na seção 3.2 (p. 24), pois foram escolhidos dois grupos de maneira aleatória, que receberam tratamentos diferentes.

No teste de Wilcoxon é feita uma hipótese nula: uma afirmativa que será testada pelo método estatístico. O teste mede então o quanto os dados se aproximam de evidenciar se a hipótese nula é verdadeira, retornando um valor para cada teste. O valor retornado pelo teste chama-se p-valor, e quanto menor este número, mais forte é a evidência contra a hipótese nula. Este p-valor é determinado de maneira arbitrária, dependendo da precisão, ou seja, do nível de significância que se deseja obter nos resultados. Para todos os testes deste trabalho foi adotado o nível de significância de 5% (p-valor = 0,05). Isso quer dizer que:

- $p\text{-valor} \leq 0,05 \rightarrow$ Rejeita-se a hipótese nula com significância estatística.
- $p\text{-valor} > 0,05 \rightarrow$ A hipótese nula não pode ser rejeitada com significância estatística, sugerindo-se uma hipótese alternativa.

O teste de Wilcoxon retorna ainda o valor denominado w-valor, que mede qual a diferença entre os dados analisados. Quanto maior o w-valor maior a diferença entre os dados.

Com base nas notas do Pré e Pós Teste foram realizados, usando-se o ambiente estatístico R (R Core Team, 2015), um *software* Livre (Open Source – Código Fonte Aberto), quatro testes de Wilcoxon não pareado:

- i) Dois testes comparando se há diferença estatisticamente significativa entre as notas das turmas no Pré e Pós Teste.
- ii) Dois testes comparando se as notas cada teste das duas turmas apresentam diferenças estatisticamente significativas.

Para entender melhor os testes e suas modalidades iremos resumir a ideia central dos testes.

No primeiro teste foi testado se as notas da TE apresentam diferenças estatisticamente significativas quando comparado as notas entre Pré e Pós Teste. O segundo teste comparou se há diferenças estatisticamente significativas entre as notas do Pré e Pós Teste na TC. As hipóteses nulas para esses dois testes foram, respectivamente:

Os rendimentos da Turma Experimental no Pré e Pós Teste são iguais;

Os rendimentos da Turma Controle no Pré e Pós Teste são iguais.

No terceiro teste foi verificado se as notas do Pré Teste apresentavam diferenças estatisticamente significativas quando comparadas as notas entre as turmas TE e TC. No último teste foi verificado se as notas do Pós Teste apresentavam diferenças estatisticamente significativas quando comparadas as notas entre as turmas TE e TC. As hipóteses nulas para esses dois testes foram, respectivamente:

Os rendimentos da Turma Experimental e Controle são iguais no Pré Teste;

Os rendimentos da Turma Experimental e Controle são iguais no Pós Teste.

Em qualquer teste, caso a hipótese nula for rejeitada, é aceita a hipótese alternativa, que é afirmação oposta para cada situação.

Outros parâmetros importantes na análise estatística e que serão úteis para elaboração do gráfico chamado *boxplot* (exemplificado na Figura 3.36, abaixo, e utilizado na Análise dos Dados na Figura 4.1, p. 69) são: mediana, 1º quartil, 2º quartil e 3º quartil. Esses valores foram obtidos pelo mesmo software. Ressaltamos também que o teste Wilcoxon trabalha com a mediana das notas individuais dos alunos (que são as suas médias de cada teste), e não com a média da turma.

Para se obter a mediana, os dados são colocados em ordem crescente. No caso deste trabalho, as notas de cada aluno, ou seja, sua média final de cada teste, são postos em ordem crescente. A mediana será: o valor central, caso o número de dados seja ímpar; a média aritmética dos dois valores centrais, caso o número de dados seja par. Feito isso, o número de amostras fica dividido em dois grupos: os dados acima da mediana e os abaixo.

Os quartis dividem os dados em quatro grupos, cada um com a quantidade igual de dados. Para a divisão em quatro grupos são necessários 3 quartis. Para compreender de maneira mais fácil, começaremos indicando que o 2º quartil é exatamente a mediana,

que divide os dados em dois grupos com quantidades iguais de dados. Assim, o 1º quartil é determinado calculando-se a “mediana” deste primeiro grupo. O 3º quartil é determinado calculando-se a “mediana” do segundo grupo. Desta maneira os dados serão separados em quatro grupos com a mesma quantidade de dados cada, a saber, 25% dos dados em cada grupo. A Figura 3.35 trás um exemplo do cálculo dos 3 quartis e a divisão dos quatro grupos.

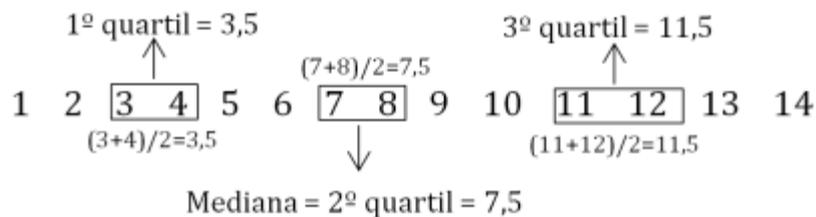


Figura 3.35: Exemplo de cálculo dos quartis.

Na Figura 3.35 estão dispostos 14 dados em ordem crescente onde estão representados os 3 quartis e os quatro grupos. O primeiro grupo está entre o menor dado (valor mínimo) e o 1º quartil. O segundo grupo, entre o 1º e o 2º quartil. O terceiro grupo, entre o 2º e o 3º quartil. E, por fim, o quarto grupo, entre o 3º quartil e o dado de maior valor (valor máximo). A Figura 3.36 ilustra um boxplot baseado no exemplo deste grupo.

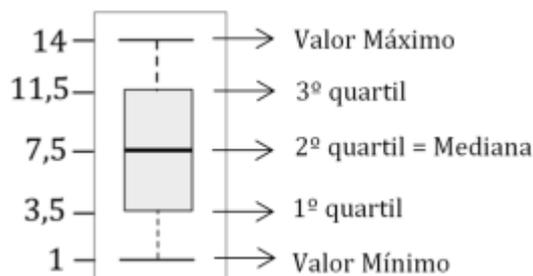


Figura 3.36: Os quartis num exemplo de boxplot.

A Figura 3.36 exemplifica um *boxplot*, indicando os quatro grupos, cada um com 25% da quantidade de dados. É importante destacar que os grupos não ficam necessariamente distribuídos de maneira uniforme, ou seja, com as mesmas áreas no gráfico do *boxplot*. Isso ocorreu neste exemplo porque os dados são igualmente espaçados. E casos reais, como o deste trabalho, cada grupo tem tamanhos diferentes: todos com a mesma quantidade de dados, mas com valores diferentes.

A caixa (*box*) propriamente dita, na Figura 3.35, que é a distância entre o 1º e 3º quartil, também conhecida como interquartil, contém 50% dos dados.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE DADOS

Este capítulo apresenta as análises dos dados coletados por meio dos questionários aplicados antes e depois (Pré e Pós Teste) da instrução das turmas Experimental e Controle. Na seção 4.1 é feita uma análise geral dos testes de ambas as turmas, com uso de testes estatísticos para comparar os desempenhos das mesmas. Na seção 4.2 é feita uma análise qualitativa, onde os resultados de cada questão dos testes são discutidos tendo em vista o conteúdo apresentado pelos estudantes.

4.1. Análise do Pré e Pós Testes – Teste de Wilcoxon

Como já mencionamos no capítulo da Metodologia (p. 23), foi aplicado um Pré Teste (Apêndice A) para ambas as turmas, Turma Experimental (TE) e Turma Controle (TC), antes da aplicação do Material Instrucional (MI). Ao final, foi aplicado o Pós Teste (Apêndice B) nas duas turmas. Os testes usados nas duas turmas eram idênticos, e numa comparação entre Pré e Pós Teste, eram semelhantes, divergindo em apenas duas questões. Ressaltamos ainda que a TE recebeu todo o conteúdo proposto pelo MI, a saber, os *concept tests*, o experimento e a maquete, enquanto a TC apenas acompanhou a discussão do conteúdo do MI.

As questões de cada teste dão origem a uma pontuação, exceto as questões 4 e 5, que tratam apenas de opinião, não havendo portanto, resposta correta ou incorreta. A pontuação de todas as questões foi normalizada, uma vez que cada uma tem uma quantidade de itens diferente a serem respondidos. Porém, todas as análises são feitas em percentuais de acerto de cada questão. Sendo assim, a própria pontuação e média, tanto individual quanto as somatórias para cada questão e para a turma já indicam um rendimento em porcentagem. Adotar as pontuações em porcentagem também facilita a

comparação entre turmas, uma vez que elas têm quantidades de alunos diferentes (Ver seção 3.4 – Os Sujeitos, na página 26).

Na Tabela 4.1 estão apresentados os dados do Pré e Pós Teste da TE. Os valores dos rendimentos individuais de cada questão foram obtidos a partir de critérios específicos para cada questão. Os critérios das pontuações de cada questão presente na Tabela 4.1 e 4.2 estão descritos no final de cada subseção da seção 4.2 (p. 70). Cada subseção faz referência à uma questão do Pré e Pós Teste. As páginas das seções, portanto, das questões são, da Q1 à Q10: (70, 76, 78, 81, 85, 88, 91, 94, 97, 101), respectivamente.

Tabela 4.1: Pontuação e média individual e rendimento por questão e total do **Pré e Pós Teste** da Turma **Experimental**.

Aluno	Pontos por questão (%)																Média	
	Q1		Q2		Q3		Q6		Q7		Q8		Q9		Q10		Pré	Pós
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós		
Ampere	56	71	43	86	100	20	44	56	60	100	100	100	57	60	40	75	63	71
Celsius	18	44	29	43	0	40	56	44	60	60	60	0	57	60	20	0	37	36
Curie	44	35	14	14	20	60	33	44	0	0	0	0	71	30	7	0	24	23
Faraday	35	56	71	100	80	80	56	67	60	100	60	100	86	60	40	33	61	74
Henry	71	53	29	71	60	100	44	33	60	60	60	60	43	80	33	50	50	63
Joule	26	53	57	71	20	80	44	67	0	100	0	100	14	80	27	83	24	79
Kelvin	53	59	29	100	40	60	67	78	100	100	0	100	43	70	0	75	41	80
Lattes	47	76	57	71	80	40	33	44	100	100	100	60	86	80	67	75	71	68
Lorentz	56	65	86	43	100	80	22	33	60	60	100	100	71	60	13	83	64	66
Maxwell	29	85	29	100	100	40	67	89	60	100	60	100	86	80	33	75	58	84
Newton	56	56	43	100	60	40	56	67	60	60	60	100	86	60	33	100	57	73
Ohm	53	56	0	43	40	60	67	11	60	100	60	60	43	40	27	100	44	59
Tesla	65	74	57	71	0	60	22	44	60	100	20	100	71	70	47	100	43	77
Torriceli	29	56	57	71	100	40	44	44	100	60	60	100	86	60	33	100	64	66
η (%)	46	60	43	70	57	57	47	52	60	79	53	77	64	64	30	68	50	66

Na Tabela 4.1 podemos acompanhar a pontuação individual de cada aluno por questão, além das médias individuais, na última coluna. Na última linha está mostrado o rendimento por questão (η) e, nas últimas duas células, os rendimentos totais da turma em cada teste. Temos, por exemplo, um rendimento da TE no Pré Teste de 50%, ou seja, o equivalente a uma média da turma de 50 pontos, numa escala de 0 a 100. Já no Pós Teste o rendimento foi de 66%. Constatamos também diferenças de rendimento olhando separadamente para cada questão. As análises e discussões referentes a cada uma delas serão feitas na seção 4.2 (p. 70).

Apresentamos agora os dados para a TC na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Pontuação e média individual e rendimento por questão e total do **Pré e Pós Teste** da turma **Controle**.

Aluno	Pontos por questão (%)																Média	
	Q1		Q2		Q3		Q6		Q7		Q8		Q9		Q10		Pré	Pós
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós		
Andrez	38	38	29	71	40	40	22	33	100	0	0	60	71	70	7	50	38	45
Cantarino	62	65	57	71	100	60	33	44	60	100	100	100	29	70	0	75	55	73
Cevolani	35	50	100	71	20	40	44	44	60	100	60	100	57	80	27	100	50	73
Costa	59	79	43	43	60	40	44	44	100	60	60	0	71	30	60	50	62	43
Krohling	29	41	43	57	60	40	22	33	100	20	60	60	57	50	7	100	47	50
Piumbini	32	41	71	57	100	60	22	33	100	0	60	0	57	70	0	75	55	42
Sonic	59	44	71	71	20	40	44	67	20	20	0	60	57	60	0	75	34	55
Tambaú	32	59	29	57	20	60	33	44	60	100	60	100	57	80	0	100	36	75
η (%)	43	52	55	63	53	48	33	43	75	50	50	60	57	64	13	78	47	57

A leitura da Tabela 4.2 segue as mesmas considerações feitas para a Tabela 4.1. Para a TC também constamos uma melhora no rendimento entre o Pré (47%) e o Pós-teste (57%).

Apenas comparando as médias das turmas nos testes (Tabelas 4.1 e 4.2), já é possível verificar, além de um rendimento maior da TE no Pós Teste, uma evolução maior na TE (avanço de 16% na média) do que na TC (avanço de 10% na média). Porém, todos os dados obtidos das pontuações individuais foram submetidos ao teste estatístico de Wilcoxon não pareado (conforme descrito na seção 3.8, p. 60) para verificar se houve diferença estatisticamente significativa em quatro situações:

- i) Evolução do rendimento da TE do Pré para o Pós Teste;
- ii) Evolução do rendimento da TC do Pré para o Pós Teste;
- iii) Comparação dos rendimentos das TE e TC no Pré Teste;
- iv) Comparação dos rendimentos das TE e TC no Pós Teste

Iremos analisar primeiramente os resultados dos dois primeiros testes. As hipóteses nulas consideradas nos dois primeiros testes foram:

Os rendimentos da TE no Pré e Pós Teste são iguais;

Os rendimentos da TC no Pré e Pós Teste são iguais.

É importante lembrar que em todos os testes que foram realizados nas análises estatísticas utilizam o valor de significância de 5%. Ou seja, um resultado de p-valor menor que 0,05 rejeita a hipótese nula (confirma a hipótese desejada). Os resultados dos testes são apresentados na Tabela 4.3. Nesta tabela é apresentado também a coluna

Média, que indica a média geral de cada turma (como mostram as Tabelas 4.1 e 4.2), e foi colocada na tabela apenas para facilitar a comparação, porque o teste não considera este valor para a análise, mas sim, a Mediana, calculada a partir das notas individuais dos alunos.

Tabela 4.3: *Teste de Wilcoxon não pareado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre o Pré e o Pós Teste da TE e TC.*

	Turma	Teste	Mediana	Média	Wilcoxon	
					w-valor	p-valor
i	Experimental	Pré	53,3	49,9	158	0,002
		Pós	69,6	65,8		
ii	Controle	Pré	48,9	47,4	42	0,164
		Pós	52,4	57,1		

Os resultados da Tabela 4.3 indicam que no caso da TE, como o p-valor é menor que 0,05, existe uma diferença estatisticamente significativa entre as médias do Pré e Pós teste. Ou seja, a TE apresentou uma evolução real no rendimento entre os testes. No entanto, o mesmo não ocorreu para a TC, pois o p-valor é maior que 0,05. Neste caso, não se pode rejeitar a hipótese nula, sugerindo que não houve um ganho conceitual significativo da Turma Controle. O w-valor para o primeiro teste (158) sugere ainda que a diferença, ou seja, a evolução da TE foi maior que a da TC (w-valor = 42).

Os outros dois testes foram realizados para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre as notas do Pré Teste, quando comparadas a TE com a TC, e para comparar se há diferença estatisticamente significativa entre as notas do Pós Teste, quando comparadas a TE com a TC. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.4, e as hipóteses nulas para esses casos foram, respectivamente:

Os rendimentos da TE e TC são iguais no Pré Teste;

Os rendimentos da TE e TC são iguais no Pós Teste.

Tabela 4.4: *Teste de Wilcoxon não pareado para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre as turmas em cada Teste (Pré e Pós).*

	Teste	Turma	Mediana	Média	Wilcoxon	
					w-valor	p-valor
iii	Pré	Experimental	53,3	49,9	68	0,220
		Controle	48,9	47,4		
iv	Pós	Experimental	69,6	65,8	74	0,119
		Controle	52,4	57,1		

O resultado do terceiro teste indica que a hipótese nula não pode ser rejeitada, pois o p-valor foi maior que 0,05. Ou seja, não há diferença estatisticamente significativa entre as notas das duas turmas no Pré Teste. Isso representa que, estatisticamente, para esta quantidade de alunos, as notas no Pré Teste foram iguais. Este resultado pode indicar um reforço da aleatoriedade da escolha das turmas, ou seja, as turmas são estatisticamente iguais, ao menos para este tipo de teste para este conteúdo abordado.

Já no resultado do quarto e último teste o p-valor = 0,119 indica que os rendimentos das duas turmas no Pós Teste não têm diferença estatisticamente significativa. Por que isso ocorre, se aparentemente as médias são bastante diferentes? Aqui faremos algumas considerações: i) o w-valor no quarto teste indica que a diferença entre os rendimentos das turmas no Pós Teste é maior que no Pré, e, ainda, um p-valor menor no quarto teste indica que esta diferença tem um nível mais alto de significância estatística, quando comparado com a diferença apresentada pelo w-valor do terceiro teste; ii) como o p-valor é arbitrário, e como estamos lidando com amostras pequenas, caso fosse aceito uma tolerância de 15%, por exemplo, em vez de 5%, este p-valor já seria suficiente para rejeitar a hipótese nula.

A respeito da segunda consideração feita no parágrafo acima, pudemos perceber a importância de se trabalhar com amostras maiores, pois quanto maior este número, maior a chance de se obter um p-valor que indique um nível de significância maior, ou seja, um erro menor na análise. Um número maior de amostras para um teste estatístico com maior nível de significância pode ser obtido, por exemplo, aumentando o número de alunos, ou aumentando o número de questões, ou até mesmo a quantidade de testes aplicados às turmas.

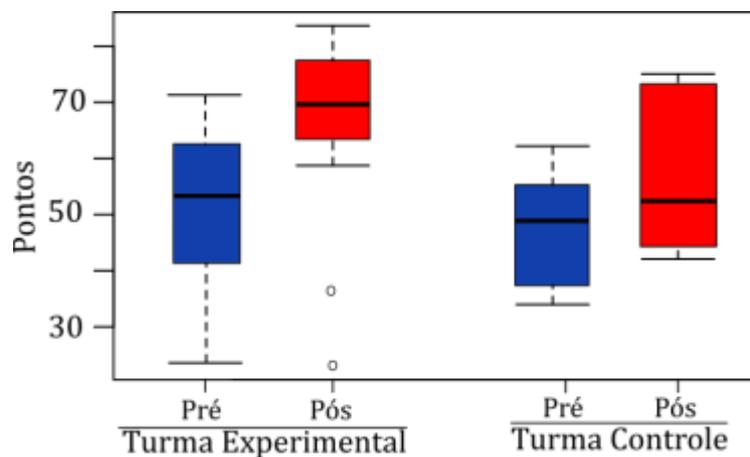
Voltando aos resultados das Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66), analisaremos agora outros parâmetros estatísticos relevantes, não mostrados nos resultados dos testes acima. Esses parâmetros são os quartis e mediana, que também foram calculados pelo *software* R, conforme descrito na seção 3.8 (p. 60), e estão apresentados na Tabela 4.5, que mostra um resumo das notas da TE e TC em ambos os Testes.

Tabela 4.5: Resumo das notas da TE e TC no Pré e Pós Teste.

Turma	Teste	Resumo das notas					
		Mín	1° Q	Mediana	Média	3° Q	Máx
Experimental	Pré	23,6	41,7	53,3	49,9	62,2	71,2
	Pós	23,0	64,0	69,6	65,8	76,7	83,7
Controle	Pré	34,0	37,9	48,9	47,4	55,2	62,2
	Pós	42,1	44,9	52,4	57,1	73,2	75,1

Onde: Mín=Valor Mínimo; 1° Q = 1° quartil; 3° Q = 3° quartil; Máx = Valor Máximo.

A partir desses resultados, foi gerado pelo mesmo *software* um gráfico chamado *boxplot* (já abordado na seção 3.8, p. 60), que está representado na Figura 4.1.

**Figura 4.1:** Boxplot comparando os rendimentos das turmas nos testes

O *boxplot* da Figura 4.1 nos possibilita tecer um comentário adicional sobre o rendimento de cada turma em cada teste. No Pré Teste da TE os rendimentos dos alunos estiveram bastante dispersos: o 1° quartil indica que 25 % dos alunos ficaram com o rendimento menor que 41,7 % (valor do 1° Q na Tabela 4.5). Já a TC se mostrou mais coesa no mesmo teste, apresentando menor variação nos rendimentos individuais. Repare que os valores das medianas para as duas turmas estão muito próximos, o que confere com o resultado do terceiro teste de Wilcoxon.

Já no Pós Teste (caixas vermelhas da Figura 4.1) a TE se mostrou mais simétrica do que a TC e também com mediana maior. Porém, como mostra o quarto teste de Wilcoxon (Tabela 4.4), não há diferença estatisticamente significativa entre os rendimentos das duas turmas no Pós Teste (pelo menos não com esse nível de significância adotado). Repare que, apesar de apresentar uma mediana mais baixa que a da TE, os 50% da TC (acima da linha da mediana) apresentaram rendimentos bem maiores que a mediana.

Destacamos ainda dois aspectos importantes observáveis na Figura 4.1: a TC conta com apenas 8 alunos, neste caso, 1 ou 2 alunos que tiveram um ótimo rendimento (comparado com o restante da turma) podem ter elevado de maneira muito significativa o valor do 3º quartil, contribuindo assim para sobreposição da distância interquartil das duas turmas; no Pós Teste da TE, existem dois alunos que apresentaram um rendimento muito inferior em relação ao colegas da sua turma. Este rendimento foi tão distinto que foram classificados como *outliers* (os dois pontos abaixo do 1º quartil) no *boxplot* do Pós Teste da TE, contribuindo também para reduzir de maneira considerável a Mediana e os demais parâmetros indicados no gráfico. É claro que uma pequena quantidade de alunos resulta numa mudança menos significativa na TE do que na TC, pois a primeira tem uma quantidade maior de alunos. De qualquer maneira, reforçamos a necessidade de trabalhar-se com um número de amostras maior, para que um aluno apenas não possa mudar de maneira tão significativa o rendimento de toda a turma, seja para mais ou para menos.

Por fim, as comparações das evoluções dos rendimentos entre as turmas, demonstrados nas Tabelas 4.1 e 4.2 e na Figura 4.1 mostram-se como um indicativo dos impactos promovidos pelo uso dos diversos recursos propostos pelo MI elaborado, conforme sugerido por Moreira (2011, 2012), Ausubel (2003), Bzuneck (2010) e Mazur & Ives, (2013).

4.2. Análises das questões dos testes

Nesta seção analisaremos os resultados de cada questão de modo mais qualitativo, procurando compreender e descrever a evolução dos alunos em relação ao entendimento de conceitos discutidos ao longo do MI (Apêndice C). Cada subseção será indicada pelo código Qn (conceito chave da questão), onde n é o número da questão. Em cada uma, analisaremos a evolução dos conceitos demonstrados pelos alunos de maneira individual ou na média do grupo. Além disso, indicaremos os critérios das pontuações de cada questão.

4.2.1. Q1 (O que você sabe sobre energia...)

Esta questão apresenta 10 itens contendo afirmações sobre conceitos diferentes a respeito de energia e os alunos podem respondê-las marcando uma das opções de uma

escala *likert*: Discordo fortemente, discordo, concordo ou concordo fortemente. Algumas afirmações apresentam conceitos cientificamente aceitos, e algumas foram retiradas da lista de concepções alternativas de Castro e Mortale (2012). A Figura 4.2 representa as alternativas escolhidas pelos alunos de ambas as turmas no Pré e Pós Teste.

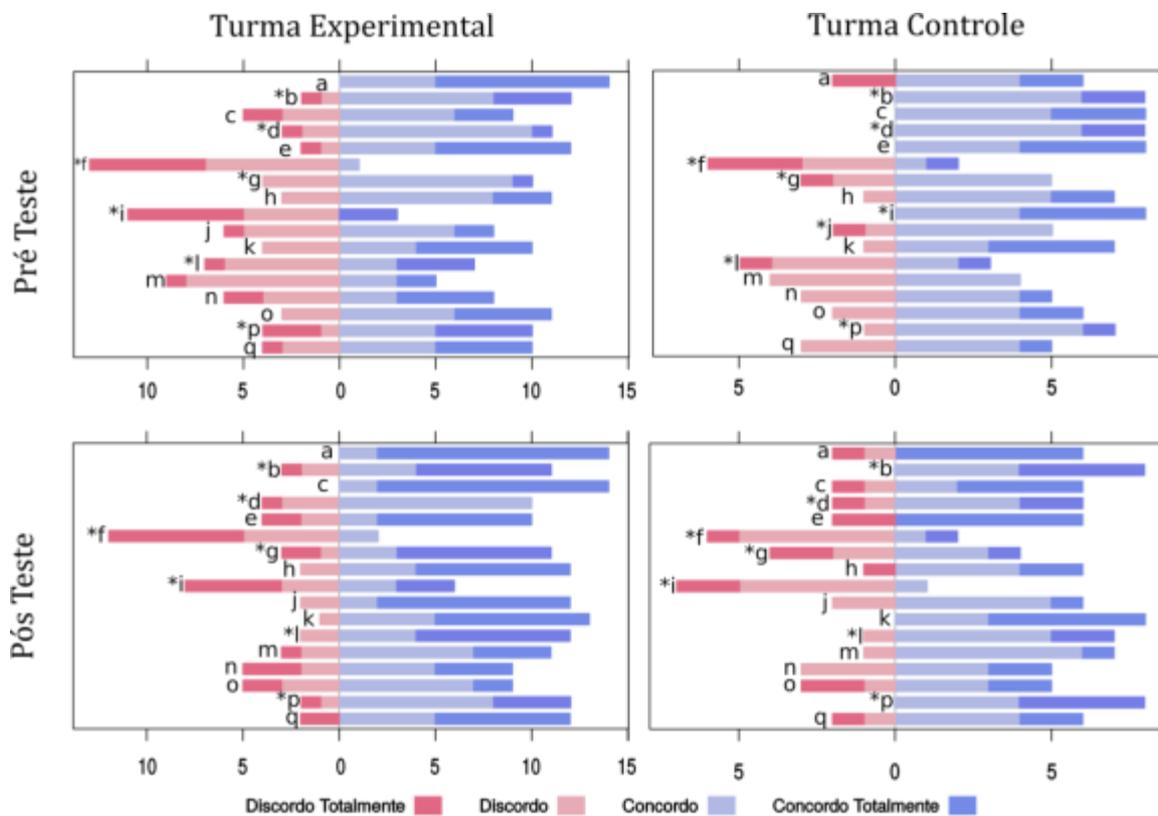


Figura 4.2: Representação da escala likert da Questão 1.

Na elaboração da Figura 4.2, a alternativa escolhida por cada aluno é representada por uma cor diferente, de acordo com o seu acerto ou erro e também com o nível de segurança que apresenta em sua resposta. Cada alternativa escolhida por cada aluno apresenta uma unidade no eixo horizontal dos gráficos. Os itens que faziam afirmações baseadas em concepções alternativas estão marcadas com “*” na figura, e foram invertidas as cores. Desta maneira em cada quadrante da figura (que representa um teste de uma turma) o lado direito representa os acertos por aluno, e o lado esquerdo representa os erros.

Numa rápida análise da Figura 4.2 podemos perceber que a TE teve um índice de acerto maior no Pós Teste (área das barras a esquerda menor). Já a TC não apresentou grande diminuição no número de erros (área das barras a esquerda não diminui tanto entre os testes). Além disso, podemos perceber uma evolução no nível de confiança dos alunos da

TE no Pós Teste. A proporção da área das barras em cor azul escuro (Concordo Totalmente) é consideravelmente maior no Pós Teste, principalmente quando comparado á área proporcional de mesma cor do Pós Teste da TC. Isso indica que os alunos da TE estavam mais seguros em suas respostas.

Vamos agora analisar as respostas dadas pelos estudantes para alguns itens desta questão de um ponto de vista qualitativo.

Item c (Sem energia, não se realiza trabalho): Este item relaciona trabalho com energia. A TE apresentou um considerável avanço no Pós Teste, onde nenhum aluno errou o item. Além disso, apresentaram alto índice de segurança em suas respostas. O mesmo não pode ser dito a respeito da turma Controle, que teve, inclusive, seu rendimento piorado levemente.

A relação entre trabalho e energia foi tratada durante vários momentos no MI, conforme orientações de Moreira (2012) e Auseubel (2003) sobre a Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora. O *concept teste* 1 (Apêndice I do MI) contém questões que buscam evidenciar a relação entre energia e realização de trabalho. Além disso, durante a visita à maquete a associação de realização de trabalho com uso de energia é tratado várias vezes, e pode ser demonstrada visualmente em vários elementos da maquete, como nos meios de transporte, que são bem abundantes, nas indústrias, no movimento da água, nas usinas, entre tantos elementos. Os itens presentes na maquete visavam representar objetos e situações conhecidas pelos alunos, possibilitando partir algumas discussões sobre fatos conhecidos pelo aluno, seguindo ainda as recomendações de Moreira (2012) e Ausubel (2003). A realização do experimento sobre corrente de indução de Faraday também evidenciou esta relação entre trabalho e energia, pois nele era necessário deslocar o ímã, realizando assim trabalho e usando energia cinética do movimento das mãos para transformar em energia elétrica. O conceito trabalho foi detalhado em todos os momentos do experimento: desde o trabalho que os órgãos do corpo humano realizam para a manutenção da vida (e para mover o ímã) até o trabalho no deslocamento dos elétrons ao acender os LED's.

Por fim, os resultados mostram que o uso desses instrumentos, utilizados aqui como Embelezamentos para promover o interesse e predisposição do aluno (BZUNECK, 2010), parecem ter contribuído positivamente na evolução das concepções dos alunos da TE.

Item e (Energia elétrica é apenas um tipo de energia, dentre tantos outros): Um dos objetivos de trabalhar com o assunto energia é fazer com que os alunos deixem de associá-la sempre com energia elétrica. Porém, a evolução do item que trata deste assunto não mostrou grande aumento nos acertos, para ambas as turmas. Isso pode ter sido causado pela ênfase que foi dada à energia elétrica nas últimas aulas do MI, onde foi falado sobre a versatilidade deste tipo de energia, exatamente para justificar o motivo de ela 'estar' em quase todos os lugares do nosso dia-a-dia. A Figura 4.2 mostra que, tanto a quantidade de acerto quanto o nível de confiança pioraram do Pré para o Pós Teste.

Item f (No Brasil, a maior parte da energia vem das hidroelétricas): O objetivo desta pergunta é verificar novamente se os alunos ainda associam energia apenas com a do tipo elétrica. A afirmação do item estaria correta se estivesse falando de energia elétrica apenas. Apesar de não ser exatamente uma questão de 'pegadinha', os alunos deveriam estar atento a este detalhe. Os resultados desta questão evidenciados na Figura 4.2 mostram que os alunos podem não ter atentado para este detalhe, apesar de ser tratado no MI para ambas as turmas. Não houve avanço significativo para este item nas duas turmas. Uma possível explicação para a falta de mudança significativa na estrutura cognitiva dos alunos é a mesma apresentada no item anterior.

Item g (Parados, nós não consumimos energia): Mais um item que relaciona trabalho com energia. A Figura 4.2 evidencia que os alunos da TE responderam o Pós Teste com mais segurança que os alunos da TC. Este resultado indica uma possível contribuição da pergunta 2 do *concept test* 1, que fazia referencia ao uso (ou não) de energia e combustível num carro ligado e em repouso.

Item i (A energia pode ser gerada): Junto com o item f, são os que apresentam pior resultado no Pós Teste para as duas turmas. Desfazer esta concepção alternativa, que energia pode ser criada, faz parte de um dos objetivos específicos do MI, porém, os resultados mostram que este conceito permaneceu praticamente inalterado para a TE e para a TC houve piora, pois no Pré Teste todos os alunos acertaram. Na discussão do MI foi tratado o fato de não ser possível criar energia, porém, a quantidade de usinas de transformação de energia apresentada aos alunos parece tê-los confundindo, mesmo sendo apresentado durante a especificação de cada usina que ela sempre transforma um tipo de energia em outro, por tanto, não gerando energia. Uma modificação que

sugerimos e que pode contribuir para a mudança deste resultado é a inclusão na maquete de placas indicando em cada usina qual o tipo de energia ela transforma.

Item j (A energia pode ser transformada de um tipo em outro): Este item trata da transformação de energia de um tipo em outro. Apesar de o assunto ser exaustivamente abordado na discussão do MI, a visita à maquete torna isso bem evidente, com seus recursos visuais que tratam deste aspecto. Isso pode ser visualizado na Figura 4.2, onde mostra as barras em azul escuro da TE com área proporcional maior que as barras da mesma cor da TC, indicando um maior nível de confiança nas respostas dos alunos da TE em relação aos da TC.

Item l (Um carrinho de mão não precisa de energia para andar): Este item tem como objetivo verificar mais uma vez se os alunos deixam de associar o conceito de energia com apenas a do tipo elétrica. Neste caso, porque o carrinho precisa de energia para se mover, seja qual for. Aqui podemos verificar, através da Figura 4.2, que ambas as turmas tiveram um fraco rendimento no Pré Teste e um bom rendimento no Pós Teste. Porém, podemos perceber que os alunos da TE tiveram um nível de confiança maior na resposta. O experimento realizado com a TE tratou deste assunto, pois era necessário usar energia cinética para movimentar o ímã, e esta energia vem do nosso corpo, que recebe energia dos alimentos, ou seja, usa-se energia para movimentar o ímã, mesmo que não seja energia elétrica ou combustível fóssil. O mesmo raciocínio é válido para o carrinho de mão, proposto neste item, e a comparação dos níveis de confiança demonstra isso. Mais uma vez podemos indicar uma possível contribuição positiva desse instrumento proposto pelo MI baseado nas instruções de Moreira (2012) para diversificação de instrumentos e de Bzuneck (2010) para uso de Embelezamentos.

Item o (O Governo pode influenciar no tipo de energia que a população irá usar): O objetivo deste item é avaliar se os alunos conseguem identificar que em última instância são os políticos que decidem os tipos de usinas que serão construídas, bem como podem dar incentivo a um ou outro tipo de combustível, por exemplo. Resumindo, o Governo pode influenciar diretamente nos tipos de energia que a maior parte da população irá usar. O conteúdo do MI que trata deste assunto apresenta alguns gráficos sobre o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2014).

A aula referente a este conteúdo (Aula 5) foi tratado com problemas em ambas as turmas, a saber: na TE, por questões de tempo de aplicação do MI, este conteúdo foi

discutido com os alunos durante a apresentação da maquete, fato que pode ter comprometido a absorção do conteúdo pelos alunos por conta da distração com tantos outros elementos; na TC, este conteúdo ficou para o último dia das discussões propostas. Outro fator relevante ocorreu devido à indisponibilidade de espaço físico adequado para as discussões, obrigando a interrupção da aula antes do tempo total previsto para a mesma. A aula foi retomada em outra sala, porém, o ritmo ficou comprometido. . Esses dois fatos podem ter atrapalhado a explanação eficiente do conteúdo em ambas as turmas. Como se pode ver na Figura 4.2, não houve aumento no número de acerto nem no nível de confiança nas respostas dos alunos das duas turmas. Este assunto é tratado de maneira semelhante no último item da Questão 4.

Esta análise qualitativa apontando aumento no rendimento e nível de confiança dos alunos da TE em relação aos da TC em vários itens da Questão 1 indicam uma possível contribuição positiva dos instrumentos propostos pelo MI que diferenciaram as turmas TE e TC (*concept tests*, experimento e maquete), baseados nas instruções de Moreira (2012) para diversificação de instrumentos e Bzuneck (2010) para uso de Embelezamentos.

Conforme já mencionado no início desta seção (p. 70) descreveremos aqui os critérios utilizados para a pontuação desta questão, presentes nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66). Lembramos que os critérios serão descritos ao final da análise de cada questão, ou seja, de cada subseção desta seção.

Foi adotado o seguinte raciocínio: caso o item da questão esteja afirmando algo correto, é dado 1 ponto para o aluno que marcar a opção Concordo (C), 2 pontos para Concordo Totalmente (CT), e zero pontos para Discordo (D) e Discordo Totalmente (DT). Caso o item faça uma afirmativa baseado em alguma concepção alternativa, o raciocínio é semelhante: 1 ponto para Discordo (D), 2 pontos para Discordo Totalmente (DT) e zero pontos para Concordo (C) e Concordo Totalmente (CT). O Quadro 1 resume o esquema de pontuação.

Afirmação do item	DT	D	C	CT
Correta	0	0	1	2
Concepção alternativa	2	1	0	0

Quadro 4.1: Relação dos pontos para a escala likert da questão 1.

Como a questão tem 17 itens, cada aluno poderia somar no máximo 34 pontos (17 itens vezes 2). O rendimento da questão por aluno apresentado nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66) foi calculado dividindo a soma dos pontos do aluno pelo valor máximo, 34. Já para o rendimento η da turma, foi dividido a somatória dos pontos dos alunos pelo valor máximo possível para a turma. No caso da TE o valor máximo possível é 476 (34 vezes 14 alunos) e para a TC, 272 (34 vezes 8 alunos). Os rendimentos individuais e da turma foi calculado de maneira semelhante para as demais questões (porém, cada uma com sua pontuação máxima), exceto as questões 2 e 3. Por isso, os detalhes de cálculo das demais questões não serão apresentados como feitos aqui.

4.2.2. Q2 (Que tipos de energia você conhece)

Esta questão visa avaliar um possível aumento na quantidade de tipos de energia que os alunos conhecem, antes e após a aplicação da sequência didática proposta. Um resumo dos tipos de energia lembrado pelos alunos está representado da Figura 4.3.

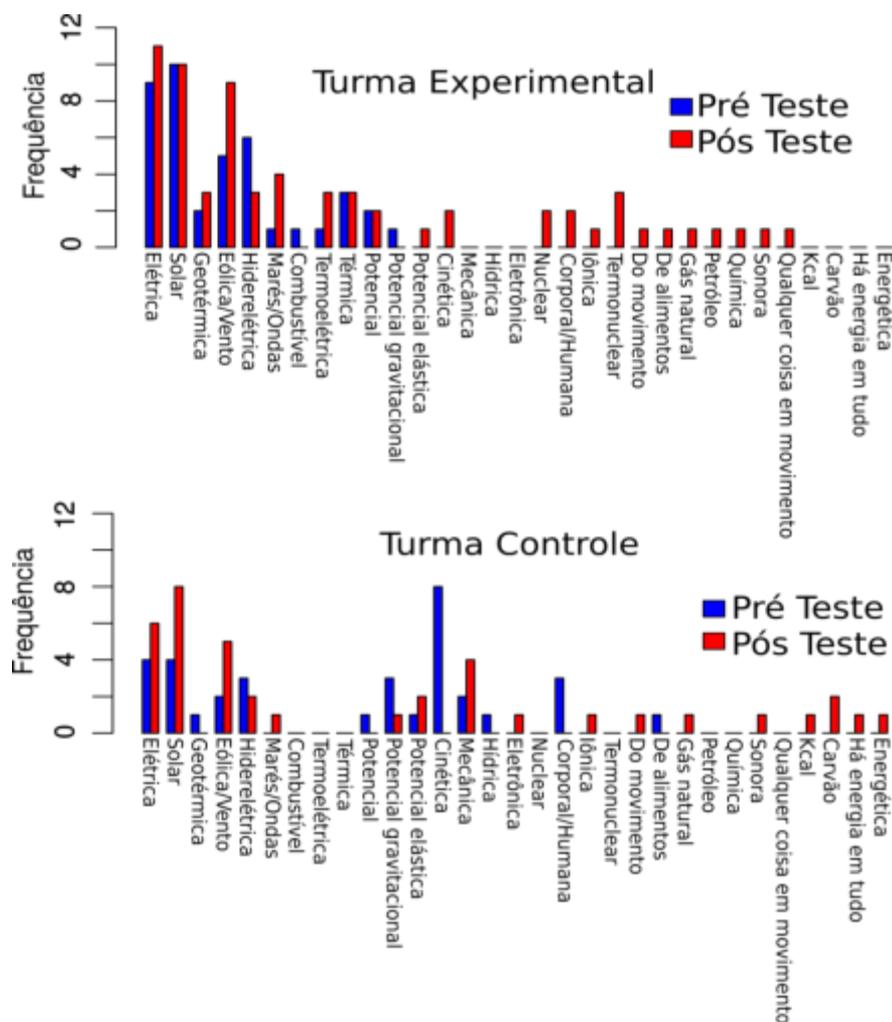


Figura 4.3: Tipos de energia lembrado pelos alunos de ambas as turmas no Pré e Pós teste.

Analisando os itens lembrados pelos alunos da TE no Pós Teste (Figura 4.3), podemos perceber uma influência dos elementos que tiveram contato durante a visita á maquete. Este fato pode ser indícios que de fato ocorreu uma aprendizagem significativa, e não aprendizagem mecânica. Faremos ainda outras análises a partir do gráfico da Figura 4.3:

No Pré Teste, a Turma Controle apresentou grande quantidade de respostas citando energia do tipo cinética, potencial, mecânica, que são conceitos já conhecido por eles desde o estudo de Ciências, no Ensino Fundamental; no Pré Teste a TE não registra nenhuma ocorrência de energia referente aos alimentos ou corpo humano e sequer uma fonte de energia, e na TC, alguns registros de energia referente aos alimentos. Já no Pós Teste, o quadro muda bastante, principalmente em relação aos registros de fontes de energia; no Pré Teste, principalmente na TE, praticamente todos os tipos de energia lembrado são as usinas de transformação de energia, que inclusive estão relacionadas na Questão 5. Não muita coincidência, durante a aplicação do Pré Teste pude observar a maioria dos alunos da TE simplesmente transcrevendo a Questão 5 para preencher esta questão, com apenas alguns acréscimos de sua autoria. Já no Pós Teste a TE registra uma variedade maior de tipos de energia.

Comparando as barras referentes ao Pós Teste, podemos verificar uma variedade maior de tipos de energia lembrado pelos alunos da Turma Experimental em relação aos da Turma Controle.

Destacamos um registro em especial no Pós Teste de um aluno da TE: “Qualquer coisa em movimento”. Durante o projeto e execução da maquete, foi feito um grande esforço para colocar água de verdade em movimento, nascendo na montanha e correndo para o lago, rio, represa e oceano. Geralmente as maquetes usam resina ou gel, ambos estáticos, para representar a água. Esse esforço foi justamente para dar aos alunos essa impressão de movimento. Este fato foi lembrado durante a visita, lembrando que qualquer coisa em movimento tem energia.

Na comparação da quantidade de itens citados, temos um aumento expressivo na TE: 42 no Pré Teste e 69 no Pós Teste. Isso significa que os alunos citaram, ao todo, 42 e 69 tipos de energia, no Pré e Pós teste, respectivamente. Já a TC apresentou um pequeno acréscimo: 31 no Pré Teste e 35 no Pós Teste. Como temos quantidade de alunos diferente nas turmas, faremos uma comparação da média de itens registrados por aluno.

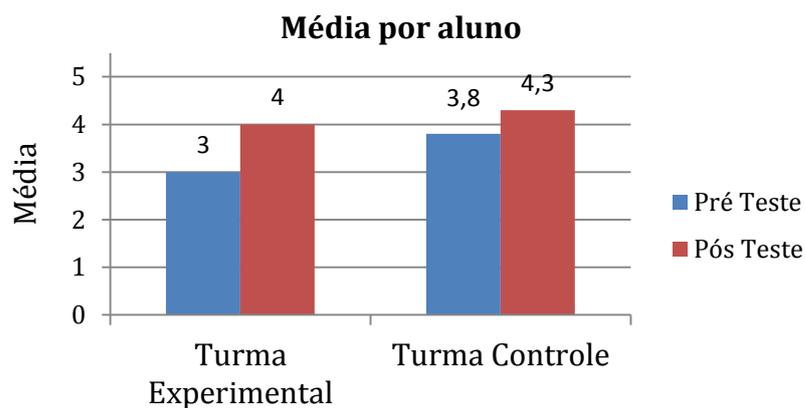


Figura 4.4: Gráfico da média dos tipos de energia registrados por aluno de cada turma, por teste.

Na Figura 4.4 podemos perceber um acréscimo realmente maior na média de itens lembrados por aluno na TE em relação aos alunos da TC.

Esta questão não apresenta resposta correta ou incorreta, por isso, na sua pontuação adotamos a seguinte regra: em cada teste, normalizamos a pontuação máxima tomando como referência o aluno que entre as duas turmas citou a maior quantidade de itens. Os rendimentos individuais foram calculados dividindo a quantidade de itens citados de cada aluno pelo valor máximo (do aluno que citou mais itens). Já o rendimento geral da turma foi calculado tomando-se a média de todos os alunos. Os resultados estão nas tabelas 4.1 e 4.2 da primeira seção deste capítulo (p. 65 e 66).

4.2.3. Q3 (Sem energia, o que seria possível?)

Esta questão tem certa semelhança com a questão anterior, e tem por objetivo fazer um levantamento dos fatos que os alunos julgam que não seriam possíveis no seu dia-a-dia caso não existisse energia.

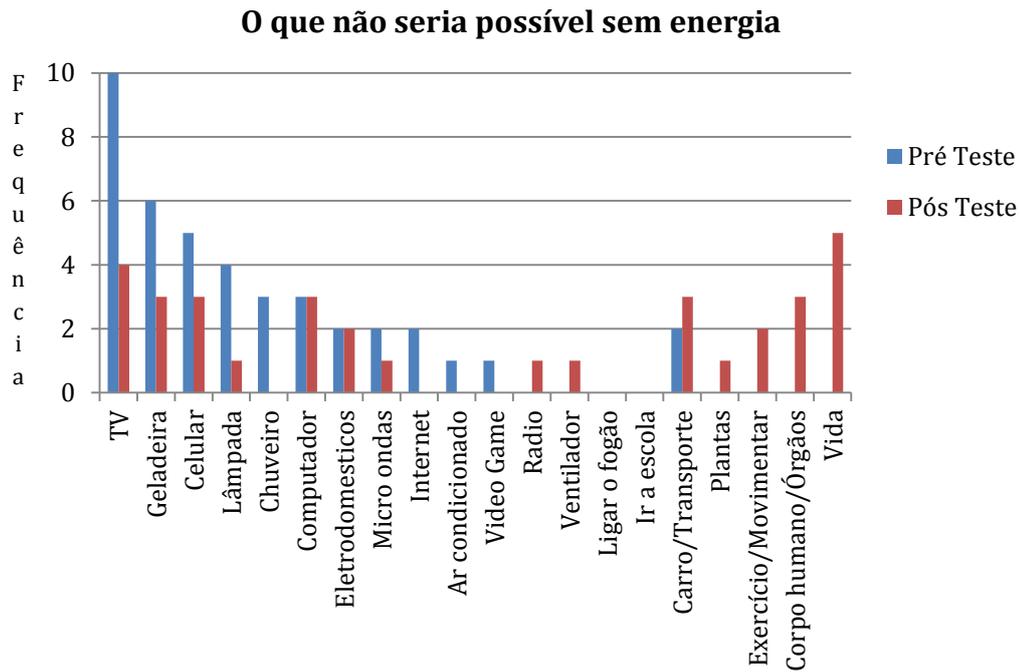


Figura 4.5: Frequência de respostas da pergunta “O que não seria possível fazer sem energia no dia-a-dia” dos alunos da **Turma Experimental**.

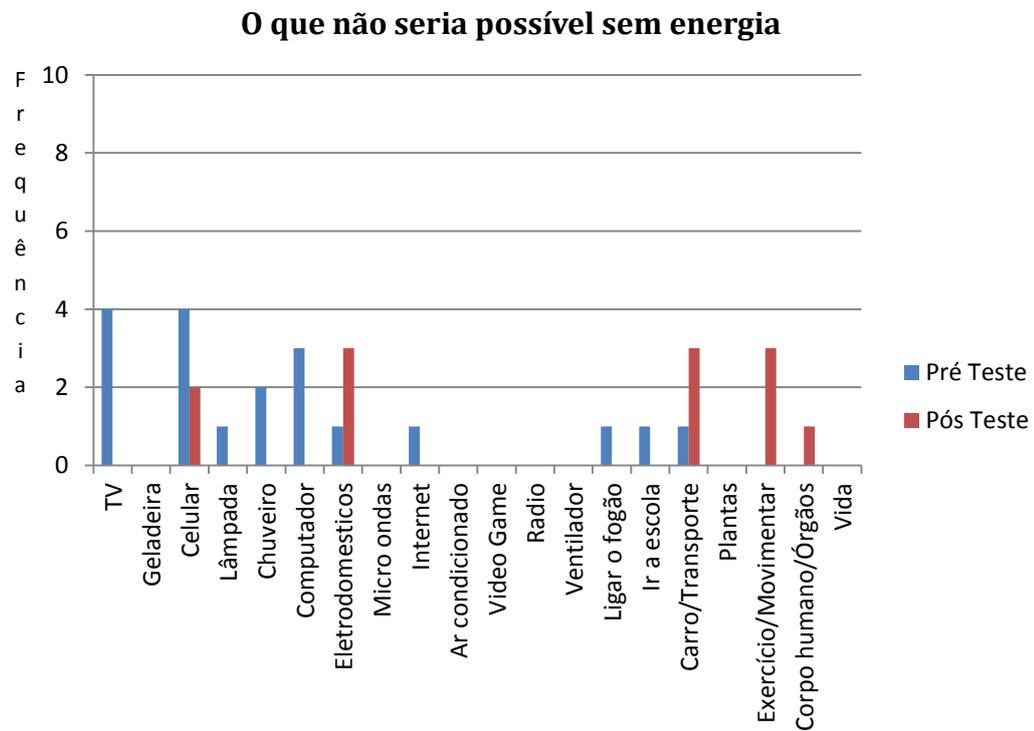


Figura 4.6: Frequência de respostas da pergunta “O que não seria possível fazer sem energia no dia-a-dia” dos alunos da **Turma Controle**.

Como era de se esperar, no Pré Teste a grande maioria dos alunos de ambas as turmas lembraram-se apenas de elementos que envolvem energia elétrica, como televisão e geladeira, por exemplo. Já no Pós Teste o resultado foi consideravelmente diferente. A

partir das Figuras 4.5 e 4.6 é fácil perceber uma mudança nos elementos lembrados pelos alunos das coisas que não seriam possíveis realizarem caso não houvesse energia, com destaque para transportes e coisas relacionadas ao movimento e à vida.

A seguir, mostramos na Figura 4.7 essa migração em termos de porcentagem dos itens lembrados pelos alunos. Separamos os itens citados em três grupos: elementos relacionados à energia elétrica, meios de transporte e energia relacionada à vida.

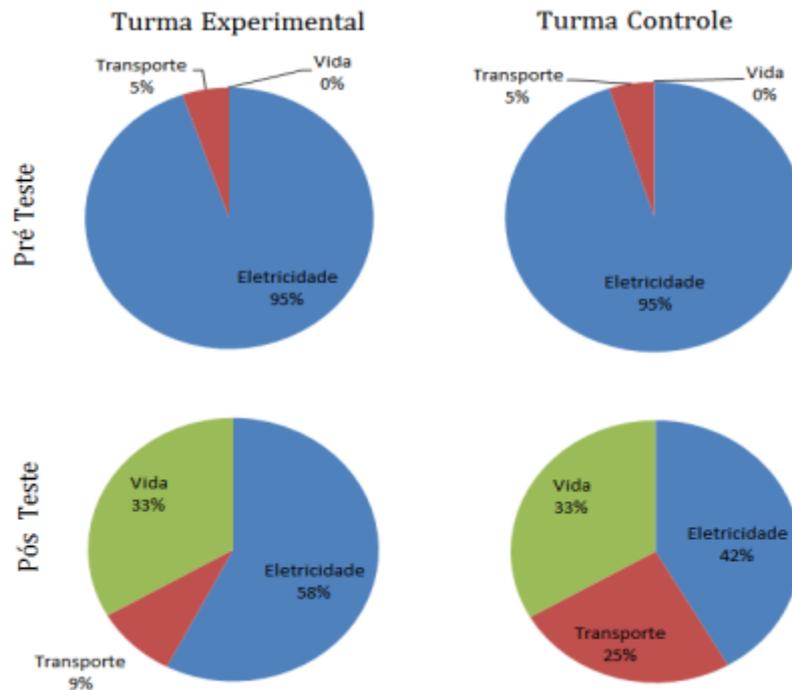


Figura 4.7: “Grupos” de tipos de energia lembrados pelos alunos de ambas as turmas no Pré e Pós testes.

Na Figura 4.7 podemos ver uma mudança nos grupos de energia lembrados pelos alunos antes e após a aplicação do MI. Os alunos da TC mostraram uma distribuição melhor nos grupos de energia, porém, as respostas dos alunos da TE eram, em sua grande maioria, mais elaboradas e com explicação de alguns itens citados. O Quadro 4.2 apresenta algumas citações individuais dos alunos que mais apresentaram avanço.

Aluno (Turma)	Pré Teste	Pós Teste
Joule (TE)	<i>Utilizar a parelhos eletrodomésticos que necessitam de energia</i>	<i>Usar energia elétrica, usar veículos, não seria possível se exercitar, não teria plantas, não seria possível fazer nada.</i>
Maxwell (TE)	<i>Luz, veículos, eletrônicos e eletrodomésticos, água potável.</i>	<i>Nada, porque tudo que existe no mundo depende de energia. Ex.: sem a energia química não existiria vida.</i>
Tesla (TE)	<i>Tudo</i>	<i>Tudo, pois tudo que fazemos no dia-a-dia depende de energia como transportes, alimentação, o funcionamento do corpo, etc.</i>
Andrez	<i>Carregar o celular, chuveiro elétrico.</i>	<i>Não poderíamos fazer nada. Porque tudo precisa</i>

(TC)		<i>de energia até nosso corpo.</i>
Cantarino (TC)	<i>Ligar o fogão, ligar/desligar a luz, carregar o celular, ver TV, usar o computador.</i>	<i>Andar de carro, comer, caminhar, não seria possível fazer nada.</i>
Tambaú (TC)	<i>Andar de ônibus.</i>	<i>Mexer no celular, andar, se transportar, não daria pra fazer nada.</i>

Quadro 4.2: *Itens citados por alguns alunos sobre “o que não seria possível fazer sem energia”.*

Um fato curioso que destacamos que não pode ser observado nos gráficos é que, em geral, quando os alunos vão citar celular, utilizam a palavra “carregar”, e para outros aparelhos eletroeletrônicos, empregam a palavra “usar” ou “mexer”. Isso provavelmente está refletindo o fato de associarem o fato de colocar o carregador do celular na tomada com o fato de consumir energia, mas não percebem, por exemplo, que ao usar o celular, mesmo sem estar carregando, também há consumo de energia. Este fato é bem menos intenso no Pós Teste, para ambas as turmas.

As quantidades de itens citadas pelos alunos da TE foi de 41 e 35, no Pré e Pós testes, respectivamente. A TC citou 21 e 15 no Pré e Pós testes, respectivamente. Há uma redução na quantidade de itens citados por aluno, justamente pelo fato de no Pós Teste, por lembrarem muito mais de energia elétrica, citarem muitos aparelhos. Já no Pós Teste, citaram elementos mais variados e se preocuparam em explicar alguns deles, principalmente os alunos da TE, como exemplificado no Quadro 4.2.

Na contagem dos pontos, seguimos a mesma regra adotada na Questão 2, e os resultados estão nas Tabelas 4.1 e 4.2 da primeira seção deste capítulo (p. 65 e 66).

4.2.4. Q4 (Importância de conhecer energia)

O objetivo desta questão é avaliar a importância que os alunos dão ao conhecimento sobre energia e a resposta sobre os itens era feita usando-se a seguinte escala de importância: Nenhuma, Pouca, Relevante e Alta. As frequências das respostas dos alunos de ambas as turmas, nos dois testes, estão compiladas na Figura 4.8.

Nos gráficos apresentados na Figura 4.8 repare que os eixos verticais não são iguais quando comparados os gráficos da esquerda (TE) com os da direita (TC). Isso foi feito porque estamos interessados aqui em analisar a mudança na tendência nas respostas dos alunos entre os testes na própria turma. Por isso, usamos uma escala vertical para cada turma de maneira a maximizar o tamanho das barras.

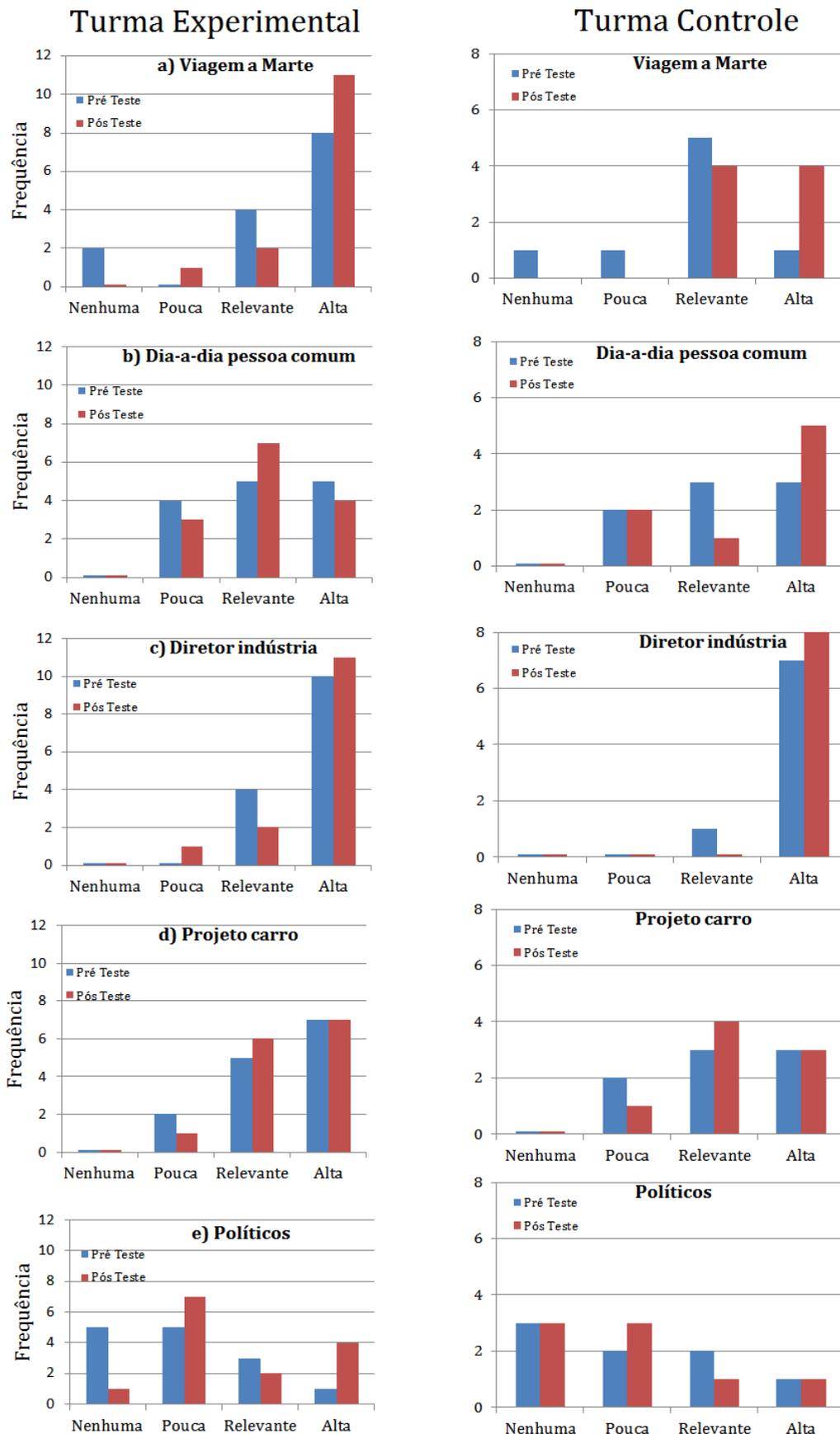


Figura 4.8: Gráficos das evoluções das importâncias do conhecimento de energia marcados pelos alunos por item da Questão 4.

Analisando a Figura 4.8, faremos algumas considerações: no item a) podemos ver uma grande mudança na opinião dos alunos. No Pré Teste alguns alunos consideraram de nenhuma ou pouca importância o domínio sobre energia no projeto de uma viagem a Marte. Já no Pós Teste a grande maioria considerou relevante ou de alta importância. O comportamento é semelhante para as duas turmas, porém a TE, proporcionalmente, considera de mais importância que a TC. No item c) temos um quadro muito parecido, com uma considerável mudança para alta importância sobre energia para o diretor de uma indústria. O item d) que considera o projeto de um carro segue uma evolução de opinião muito semelhante.

É interessante reparar que os itens acima tratam de assuntos relacionados à construção ou movimento de algo e são os que apresentaram maior migração para altos níveis de importância sobre energia, diferenciando-se das respostas dos itens b) e e). No item b), que mede a importância no dia-a-dia de uma pessoa comum, a TC teve uma migração maior para o índice “alta”, em comparação com a TE. Isso demonstra que os alunos da TE não associaram a importância do conhecimento deste conteúdo para as pessoas comuns, em sua dia-a-dia. Já o item e) mede a importância que os alunos dão para o conhecimento de energia por parte dos políticos. Os alunos da TC não apresentaram mudança considerável, a TE apresenta uma pequena mudança para níveis de maior importância. Este item é o único que apresenta frequência diferente de zero na categoria “Nenhuma” no Pós Teste. O item o) da Questão 1 (analisado na página XX) trata de um assunto semelhante a este. Lá foi afirmado que o Governo pode influenciar no tipo de energia que a população irá usar. Como já discutido na seção 4.2.1, os alunos continuam julgando de pouca importância o conhecimento deste assunto para os políticos, uma vez que, na opinião deles, pouca influência a categoria tem sobre os tipos de energia de uma nação.

Uma das respostas que podemos destacar, em ambas as turmas, ao analisar a Figura 4.8 é a do item c), que faz referência ao diretor de uma indústria. Os alunos de ambas as turmas julgaram ser de grande importância o conhecimento sobre energia para este profissional, indicando que eles associam, mesmo antes da aplicação do Produto, as indústrias com consumo de energia.

Esta questão, além de não haver certo ou errado, trata-se de uma opinião, ou seja, a importância que os alunos dão ao conhecimento de energia para algumas situações

propostas. Por este motivo esta questão não foi contabilizada na pontuação geral, como registrado na seção 4.1. Apresentaremos, portanto uma comparação entre as evoluções das importâncias apontadas pelos alunos de maneira qualitativa.

Para cada item desta questão, a opção de cada aluno foi registrada e atribuído um valor. Este valor tem pesos diferentes para cada importância. A contagem dos valores foi a seguinte, de acordo com as importâncias: peso 1 para Nenhuma, peso 2 para Pouca, 3 para Relevante e 4 para Alta.

Vamos tomar o item d) do Pré Teste da TE conforme Figura 4.8 (p. 82) para exemplificar a contagem dos valores: Não houve ocorrência para a opção Nenhuma, 2 para a o nível Pouca, 5 para Relevante e 7 para Alta, somando assim as 14 ocorrências (uma para cada aluno). O valor deste item ficou então dado pela conta $(0*1 + 2*2 + 5*3 + 7*4) = 47$, e é comparado com o valor máximo que poderia ser atribuído para cada item, que ocorreria caso todos marcassem a opção Alta (14 alunos vezes peso 4 = 56). Neste caso, o valor de comparação foi de 47 para um total de 56, ou seja, 84%. Essa comparação poderá medir mais facilmente o nível de importância por cada item de cada teste de cada turma. Chamaremos esta comparação de ϵ , que é a importância proporcional dada a cada item. No caso exemplificado, $\epsilon=84\%$ O valor máximo é diferente para cada turma, sendo para TE = 56 e para a TC (8 alunos vezes peso 4) = 32. Esta comparação foi feita para cada item de cada teste das duas turmas e os resultados estão registrados na Figura 4.9.

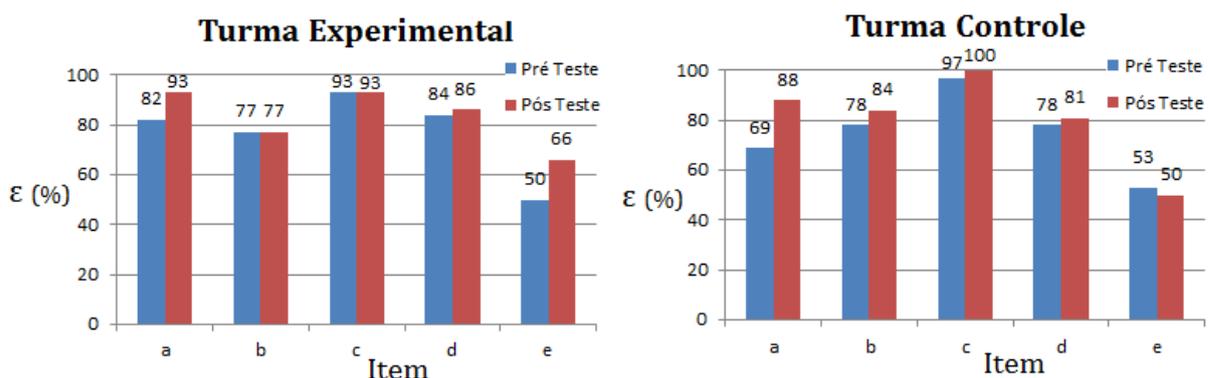


Figura 4.9: Gráficos das evoluções das importâncias dadas para cada item da Questão 4.

A partir dos gráficos da Figura 4.9 podemos fazer algumas considerações importantes. A TE apresentou aumento considerável nos itens a) e e). O aumento no item a) era facilmente visível pela Figura 4.8 (p. 82). O que parece surpreender é o item e), que, apesar de apresentar os menores níveis de importância, foi o que apresentou maior evolução. Isso é um indicativo que os alunos assimilaram de certa forma a importância

do conhecimento dos conceitos de energia por parte dos políticos. Essa associação pode ter sido reforçada pela visita à maquete, uma vez que ela tem potencial para transmitir uma visão de uma cidade completa, tendo uma administração, problemas sociais, ambientais, logística, entre outros.

A TC também teve uma migração no item a), porém um pequeno decréscimo no item e). Isso pode ser mais um indicativo que o uso da maquete contribuiu positivamente na TE, que apresentou sua maior evolução neste item.

Podemos observar ainda, na Figura 4.9, uma evolução considerável para as duas turmas no item a), que trata da importância sobre o conhecimento de energia “No projeto de uma viagem a Marte”, e isso provavelmente está em concordância com a mudança que os alunos tiveram também na Questão 3 em relação aos meios de transporte, como pode ser visto na Figura 4.3 (p. 76). A relação do uso de energia pelos meios de transporte, associado à necessidade de realização de trabalho, foi abordada ao longo do MI, inclusive por meio de exercícios.

4.2.5. Q5 (Impacto ambiental das usinas)

Nesta questão procuramos avaliar o nível de impacto ambiental causado por cada tipo de usina presente na maquete, na opinião dos alunos.

Foi pedido para os alunos que atribuíssem um valor, numa escala de 0 a 10, para o nível de impacto ambiental de cada usina de transformação de energia. Neste caso, 0 significa impacto nulo e 10, impacto máximo. Caso o aluno não conheça a usina, deveria marcar com “N”, de “não conheço”. Os valores marcados por cada aluno em cada usina foram somados. Por exemplo, se todos os alunos da TE atribuírem o valor 5 para a usina Eólica, esta registrará o valor (14 alunos vezes 5) = 70. O valor registrado em cada usina foi comparado com o valor máximo permitido por cada usina, caso todos atribuíssem nota 10. Os valores máximos são (14 alunos vezes 10) = 140 para a TE e (8 alunos vezes 10) = 80 para a TC. Esta comparação, que chamaremos de γ , medida em porcentagem, será útil para sabermos quais usina as turmas consideram que causam maior e menor impacto ambiental, antes e após a sequência didática. No exemplo citado acima, $\gamma=50\%$ (70/140).

Não estamos interessados no valor absoluto de γ , mas sim em sua evolução do Pré para o Pós Teste. Essas evoluções estão registradas na Figura 4.10.

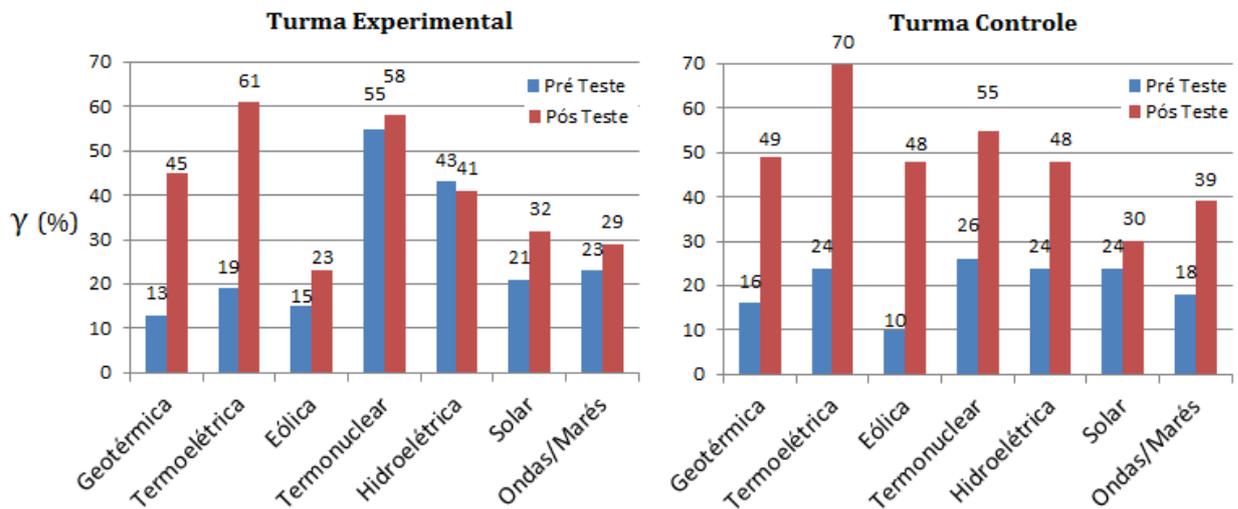


Figura 4.10: Gráficos das evoluções dos níveis de impacto ambiental segundo os alunos.

Podemos perceber na Figura 4.10 que no Pré Teste as usinas que os alunos da TE consideravam mais poluentes, ou seja, com maior impacto ambiental, eram a Termonuclear e Hidroelétrica. No Pós Teste as novidades foram a Geotérmica e a Termoelétrica, que, aliás, foi a que obteve maior valor de nível de impacto. A usina de menor impacto ambiental no Pós Teste foi a Eólica, que também teve um valor pequeno no Pré Teste. Para a TC podemos perceber um aumento considerável em todas as usinas, em especial a Termoelétrica, que também obteve o maior valor.

Em ambas as turmas foram relatadas as principais vantagens e desvantagens de cada usina. Na TE, o conteúdo foi explanado durante a visita à maquete, e na TC, em sala de aula. Um fato que pôde ser visto nas duas turmas é um aumento no valor do nível de impacto ambiental de usinas como a Eólica e Solar, muito divulgadas pela mídia atual e consideradas como “limpas”. Este fato pode refletir a visão dos alunos concordantes com o que o MI tentou passar: cada uma tem suas vantagens e desvantagens, e não existe impacto nulo, pois todas interferem de alguma maneira no ambiente, seja no seu uso, construção ou manutenção. Neste sentido, há usinas que sequer são possíveis de serem usadas em determinados lugares, devido às condições geofísicas, por exemplo. Assim, um número considerável de alunos das duas turmas marcou índice zero (impacto nulo) para as essas usinas no Pré Teste. Já no Pós, poucos registros de impacto nulo.

Era esperado que as turmas registrassem um alto valor para a Termonuclear no Pré Teste e um baixo nível no Pós Teste, isso devido à grande quantidade de mitos sobre a

usina, mas que foram discutidos durante a explanação do MI. Porém, os registros dos resultados indicaram que este objetivo específico parece não ter sido atingido, pois o valor aumentou em ambas as turmas. Na discussão do conteúdo foi reservado apenas uma aula para debates das vantagens e desvantagens das usinas e ainda das fontes energéticas. Partindo dos indicativos de resultados positivos alcançados, por exemplo pelos *concept tests* em algumas questões, podemos presumir que o uso deste instrumento possa ser inserido aqui num trabalho futuro, como uma tentativa de mudar este quadro.

As usinas marcadas pelos alunos com “N” (“Não conheço”) estão registradas, também em porcentagem, na Figura 4.11.

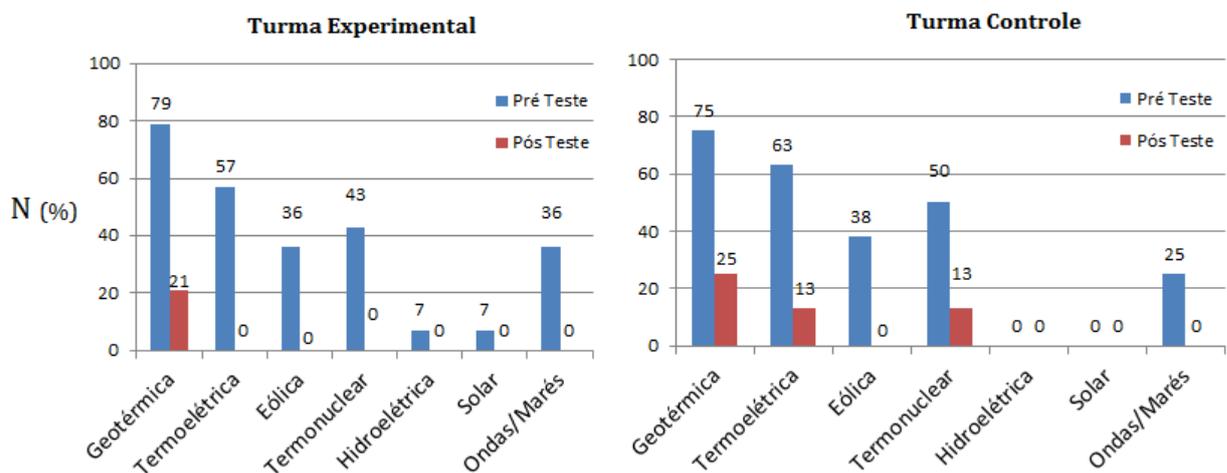


Figura 4.11: Gráficos das evoluções das proporções das usinas marcadas com N (Não conheço).

Na Figura 4.11 é possível ver um desempenho maior na TE ao relatarem as usinas que não conhecem no Pós Teste. Um fato interessante é que no Pós Teste a única usina que teve registro de “Não conheço” pela TE e a que mais teve esse registro na TC, foi a Geotérmica. Provavelmente esta é a que eles menos ouvem falar nos meios de comunicação, por não existir no Brasil. Outro fato relevante (e preocupante) foi a alta porcentagem de alunos que desconheciam a Termoelétrica e Termonuclear antes da aplicação do MI, mesmo muitas notícias vinculadas em jornais sobre usinas, especialmente Termoelétricas, devido á crise energética que o país enfrenta atualmente. A usina de Ondas/Marés também teve um registro relevante de alunos que não a conhecem, marcados no Pré Teste. Mas esse registro foi zerado no Pós Teste para todos os alunos.

Em resumo da Questão 5, destacamos que a Termoelétrica foi marcada por ambas turmas no Pós Teste como a que mais causa impacto ambiental. Apesar da discussão do MI tentar transmitir a ideia de que não há melhor ou pior usina, em relação aos impactos ambientais existem umas que agridem mais o maio ambiente que outras. Entre as usinas trabalhadas no MI e representadas na maquete a mais poluente é de fato a Termoelétrica, que recebeu as maiores notas pelos alunos no sentido de impactos ambientais.

Ainda em destaque, citamos um maior desempenho da TE em relação às usinas que se lembram no Pós Teste, comparado com a TC, sugerindo que o uso da maquete contribuiu para, neste caso, que no mínimo os alunos da TE se lembrem com mais facilidade que os da TC dos itens vistos na mesma. Isso pode ainda mostrar indícios que não houve uma aprendizagem mecânica nos alunos da TE.

Assim como a Questão 4, por se tratar de opinião, os valores não são contabilizados na pontuação total da turma.

4.2.6. Q6 (Fontes energéticas)

Esta questão tem por objetivo avaliar o desempenho dos alunos, frente a uma lista de possíveis fontes energéticas, se são capazes de identificar quais são fontes renováveis, não-renováveis, e quais não são fontes energéticas. Os alunos poderiam marcar em cada item citado: R (Fonte Renovável), NR (Fonte Não-Renovável) e NF (Não é Fonte). Faremos uma análise comparando os níveis de acerto de cada item para os testes das duas turmas. Os resultados estão nas Figuras 4.12 e 4.13.

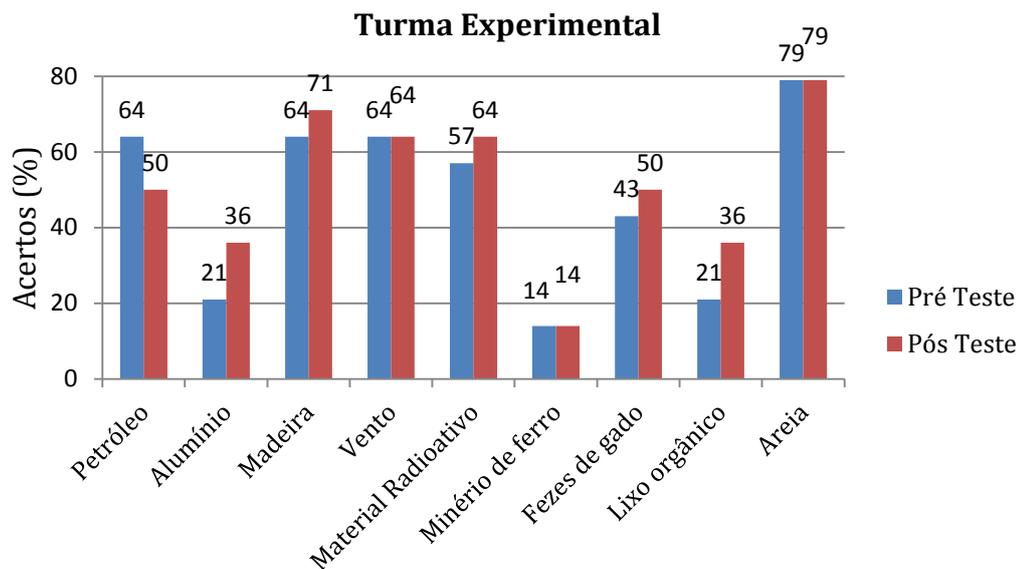


Figura 4.12: Gráfico da evolução dos níveis de acerto para a Turma **Experimental** sobre fontes energéticas e não-fontes.

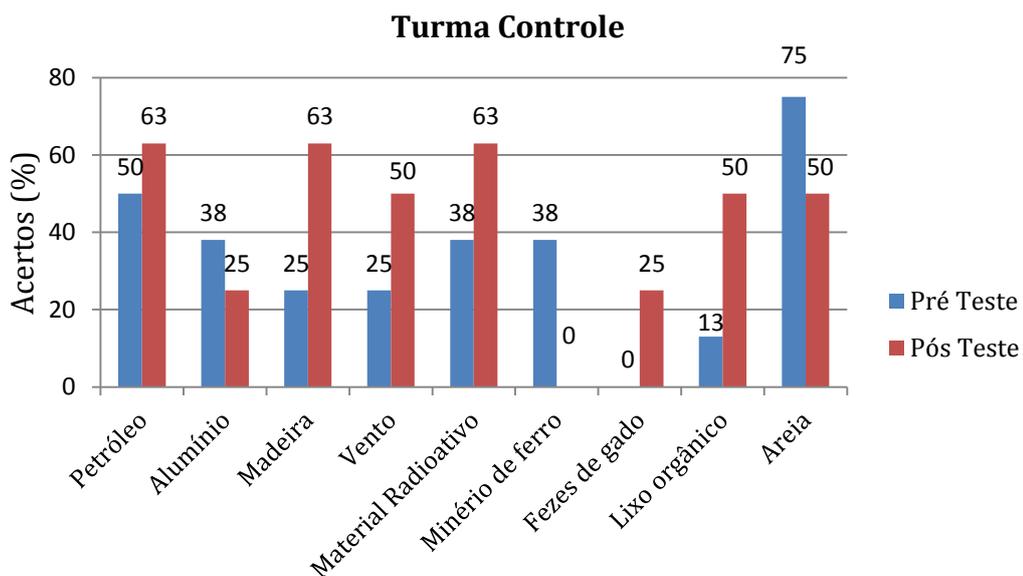


Figura 4.13: Gráfico da evolução dos níveis de acerto para a Turma **Controle** sobre fontes energéticas e não-fontes.

A partir da análise das Figuras 4.12 e 4.13 destacaremos alguns fatos relevantes.

De maneira geral a TC se mostrou com uma melhor evolução no desempenho, apresentando aumento em vários itens; e a TE apresentou uma evolução muito pequena na maioria dos itens, nula em alguns casos, e até mesmo negativa, como no caso do item “petróleo”, mesmo sendo abordado o assunto durante a visita à maquete.

Os itens “alumínio” e “minério de ferro” tiveram um baixo índice de acerto (em nenhum teste de ambas as turmas chega a 40%) e até nulo no caso do Pós Teste da TC. Isso

mostra que os alunos não conseguiram associar que a partir desses elementos não é possível extrair energia, assim como a queima da madeira, por exemplo, que é abordada no MI. A TC teve uma evolução de mais que o dobro no desempenho no item “madeira”, enquanto a TE apresentou evolução de apenas cerca de 10% nos acertos. Este item também foi falado durante a visita à maquete, mas, assim como o item “petróleo”, que apresentou queda no rendimento na TE, a maquete parece não ter trago benefícios para esta turma nesses casos.

Nos itens “fezes de gado” e “lixo orgânico”, ambos, na verdade, orgânicos, a TC teve uma grande evolução, indo de 0 a 25% no primeiro item e com uma evolução de quase 4 vezes no segundo. Já a TE não apresentou uma evolução tão satisfatória, quando comparado com a evolução da TC.

No MI foram listadas muitas fontes energéticas, suas vantagens, desvantagens, origem, a explicação do porque são renováveis ou não-renováveis. Mas não foi feita uma abordagem em relação ao que não se caracteriza como fonte energética. Se fossem colocados alguns exemplos de elementos que não são fontes, pelo menos alguns que as pessoas costumam confundir, como o minério de ferro, por exemplo, o resultado poderia ser diferente.

Uma visão geral da questão, com a evolução dos rendimentos de acerto das turmas é apresentada na Figura 4.14.

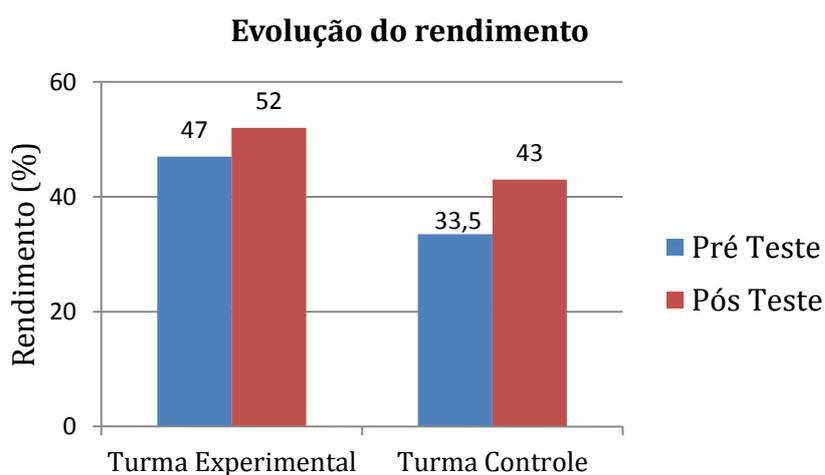


Figura 4.14: Gráfico das evoluções dos rendimentos de acerto para a Questão 6.

Na Figura 4.14 podemos ver de maneira mais geral o que as Figuras 4.12 e 4.13 demonstraram de maneira mais detalhada: os alunos da TC tiveram índices de acertos menores, porém, uma evolução de rendimento melhor que a TE. De fato, a TC teve um

aumento de 28% no rendimento entre os testes, enquanto a TE, 11%. Este resultado sugere que a visita a maquete parece não ter contribuído efetivamente para o entendimento do conceito de tipos de fontes energéticas. Sugerimos uma modificação no MI no sentido de acrescentar uma discussão sobre o que impossibilita um elemento ser utilizado como fonte energética. Um experimento, por exemplo, queimando-se vários elementos e analisando um possível aumento nas chamas, realizado num espaço fora da sala de aula, poderia ser utilizado aqui para tentar melhorar os desempenhos gerais das turmas.

Para a pontuação desta questão, presente nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66), foi adotado o seguinte critério: cada resposta correta vale 1 ponto, e respostas incorretas, 0. Para cada aluno, foi dividido a soma dos pontos que acumulou por 9, que é a quantidade de itens propostos, ou seja, o valor máximo possível por aluno. Para o rendimento geral da turma foi dividido a soma da pontuação de todos alunos pelo valor máximo possível para a turma. O valor máximo para a TE é 126 (9 vezes 14 alunos) e para a TC, 72 (9 vezes 8 alunos). As pontuações alcançadas foram: 59 e 65 para a TE no Pré e Pós Teste, respectivamente, e 24 e 31 para a TC no Pré e Pós Teste, respectivamente.

4.2.7. Q7 (A melhor usina de todas)

Nesta questão foi perguntado aos alunos se existe uma usina que consideram ser a melhor opção, independente da região a ser instalada. A resposta poderia ser sim ou não. Caso afirmativo, deveria o aluno indicar qual usina e justificar a escolha. Em caso negativo, deveria apenas justificar a escolha.

É importante esclarecer que no nosso entendimento não existe uma usina que seja a melhor, independente da região a ser instalada, pois cada uma tem além de suas vantagens e desvantagens, limitações por aspectos geofísicos e até econômicos. Logo, o que se esperava desta questão eram duas coisas: obter um número maior possível de respostas negativas (“não existe melhor”), e boas justificativas, para ambas as respostas. Pois por mais que os alunos marcassem “sim”, como se existisse uma usina melhor, sua justificativa pode conter informações importantes sobre os significados que tem sobre alguns conceitos.

Um resumo das escolhas dos alunos é apresentado na Figura 4.15.

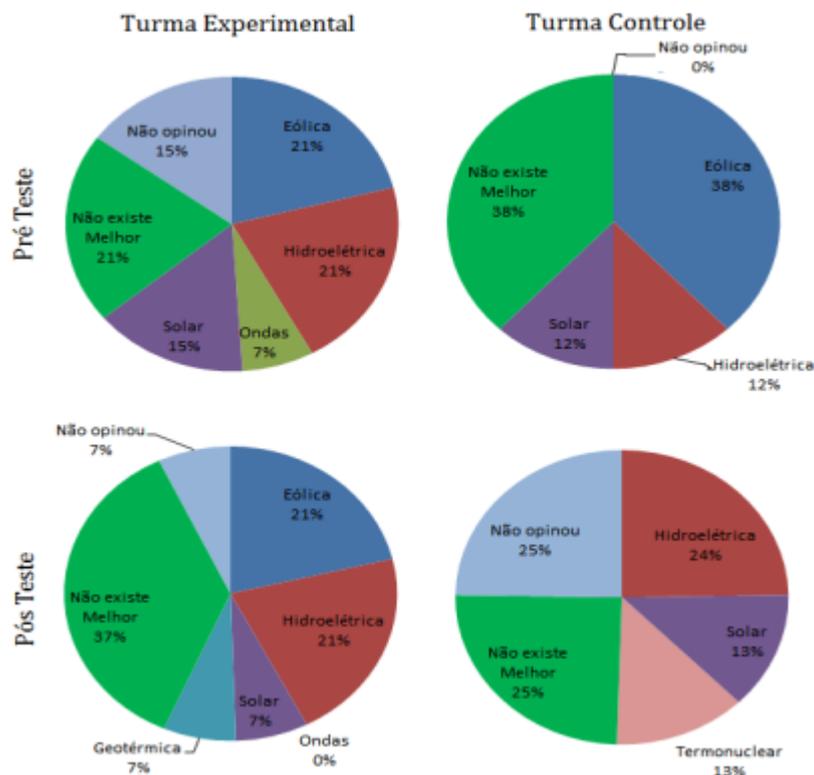


Figura 4.15: Escolha sobre a *melhor* usina a ser instalada numa região qualquer.

A partir da Figura 4.15 acima iremos destacar alguns pontos.

Houve uma evolução maior no desempenho na TE (quando comparado os Pré e Pós Testes), considerando o objetivo de obter um maior número de respostas negativas. Apesar de a TC ter tido um bom desempenho neste sentido, sua evolução foi negativa. Durante a exposição da maquete foi demonstrado muitas vezes o fato de não existir a melhor usina de maneira generalizada, pois isso depende muito das condições geofísicas do local. Aliás, este foi um dos objetivos principais do esforço em representar uma grande variedade de aspectos geográficos na maquete. A TE também apresentou uma redução na quantidade de alunos que não souberam responder a questão.

Com exceção apenas da Termonuclear, aparecem somente usinas que usam fontes renováveis, especialmente Eólica e Hidroelétrica.

A usina Solar apresentou decréscimo nas respostas dos alunos da TE. Na Maquete os painéis solares estavam instalados numa região desértica, e foi relatado aos alunos a dificuldade que se tem para lavar as placas fotovoltaicas periodicamente, devido á grande quantidade de areia trazida pelo vento. Isso, somado com a pequena quantidade de prédios que a usina acendia (com os LED's) pode ter contribuído para este decréscimo na escolha desta usina como a melhor opção.

A usina Termonuclear aparece no Pós Teste da TC. Isso, de certa forma, está em desacordo com a escolha que fizeram sobre a mesma usina, como mostrado na Figura 4.10 (p. 86), onde a Termonuclear ficou em segundo lugar em nível de impacto ambiental no Pós Teste. Um fato semelhante, porém com menores intensidades, pode ser observado em relação à Geotérmica com a TE, basta acompanhar a Figura 4.10. De menor intensidade porque menos pessoas a escolheram como a melhor usina, e obteve um nível de impacto ambiental ligeiramente menor, comparado com o da TC. Além disso, a Hidroelétrica, muito presente em todos os casos, também é indicado pelos alunos, conforme mostra a Figura 4.10, com alto nível de impacto ambiental. Esses fatos podem indicar que os alunos não fazem associação direta de classificar a “melhor usina” como a que menos causa impactos ambientais. Apesar de esta escolha não apresentar respostas cientificamente corretas, uma sugestão é acrescentar ao MI indicações de pequenos vídeos que relatem a questão dos impactos ambientais de cada usina presente no material. Para tornar isso possível, é provável que seja necessário acrescentar uma aula ao cronograma de aplicação do MI.

No Quadro 4.3 traremos relatos das justificativas de alguns alunos.

Aluno (Turma)	Pré Teste	Pós Teste
Ampere (TE)	<i>Eólica. Ela não causa danos ao meio ambiente e gera energia.</i>	<i>Não. Porque varia muito de região pra região.</i>
Joule (TE)	Não respondeu.	<i>Não. Depende da região, a usina deve ser construída em locais apropriados.</i>
Lattes (TE)	<i>Solar. Utiliza através do Sol e prejudica menos o ambiente</i>	<i>Eólica. Tem vento em todo lugar.</i>
Maxwell (TE)	<i>Eólica. Não polui.</i>	<i>Não. Nem todo lugar pode receber o mesmo tipo de usina. Ex.: usinas nucleares não podem ser construídas em lugares que tenha terremoto, porque a radiação pode sair da usina e matar milhares de pessoas.</i>
Tesla (TE)	<i>Eólica. Não polui, não desperdiça nem agride o meio ambiente.</i>	<i>Não. Porque varia de qual região é mais favorável, qual matéria-prima é usada, etc.</i>
Cantarino (TC)	<i>Eólica. É usado apenas cata-vento e água, assim não prejudica o meio ambiente e ninguém.</i>	<i>Não. Todas tem suas vantagens e suas desvantagens.</i>
Cevolani (TC)	<i>Eólica. Ela não polui, ou trás impacto para o meio ambiente</i>	<i>Termonuclear. É a mais forte e não polui muito o ambiente</i>
Tambaú (TC)	<i>Eólica. Ajuda economizar energia.</i>	<i>Não. Toda usina tem seu lado bom e ruim.</i>
Sonic (TC)	<i>Hidroelétrica. Pois eu acho elas maneiras.</i>	<i>Hidroelétrica. Porque eu acho a melhor pois trabalha com água.</i>

Quadro 4.3: Justificativas sobre a existência ou não de **melhor** usina para qualquer região.

A respeito do Quadro 4.3, destacamos alguns aspectos.

A exemplo dos alunos Joule e Tesla da TE e Cantarino (TC), podemos ver uma grande evolução no nível de conhecimento das vantagens e desvantagens das usinas, pois foram capazes de justificar de maneira satisfatória, citando, inclusive, de deve ser observado a matéria-prima disponível na região para a escolha da melhor usina;

Avaliando as respostas de todos os alunos, os da TE apresentaram justificativas mais completas e complexas. Já as justificativas dos alunos da TC, que foram proporcionalmente menores, mostraram-se mais superficiais e genéricas. Isso mostra que no objetivo de avaliarem as vantagens e desvantagens das usinas o uso da maquete se mostrou eficiente.

Para gerar a pontuação individual e rendimentos de cada turma desta questão, presentes nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66), foi adotada a seguinte lógica: 0 pontos para quem não respondeu nada ou apresentou grande incoerência em sua resposta, 1 para quem simplesmente escolheu uma opção (“sim” ou “não”), 3 pontos para quem justificou de maneira incorreta sua escolha, seja qual for, e 5 pontos para o aluno que escolheu uma opção e a justificou de maneira correta. As pontuações gerais foram de 36 e 39 para a TE no Pré e Pós Teste, respectivamente, e 22 e 16 para a TC no Pré e Pós Teste, respectivamente. Os rendimentos individuais e gerais foram calculados de maneira semelhante à Questão 6. O que muda aqui são as pontuações máximas possíveis por turma, que é de 70 (5 vezes 14 alunos) para a TE e 40 (5 vezes 8 alunos) para a TC.

4.2.8. Q8 (A pior usina de todas)

Exatamente o oposto da questão anterior, aqui foi perguntado sobre a existência ou não de uma usina que considerem a pior opção de todas, independente da região. O raciocínio que segue é o mesmo, por isso, iremos diretamente para as análises dos gráficos.

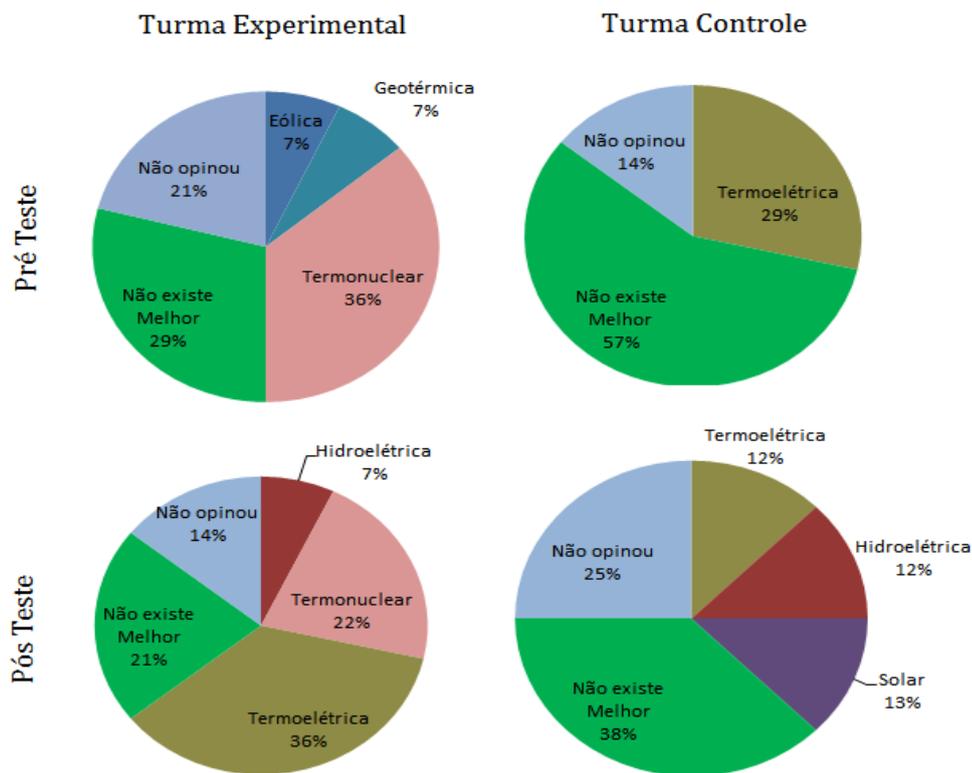


Figura 4.16: Escolha sobre a *pio*r usina a ser instalada numa região qualquer.

A partir da Figura 4.16: Escolha sobre a **pio**r usina a ser instalada numa região qualquer, destacaremos alguns aspectos relevantes:

Assim como já comentado nas questões 5 e 7, podemos perceber que para a TE houve um decréscimo na escolha da Termonuclear como a pior de todas. Esta migração mostra mais uma vez que a maquete pode ter contribuído para a diminuição de alguns mitos sobre as desvantagens deste tipo de usina.

A Hidroelétrica não foi marcada por nenhum aluno nos Pré Testes e surgem alguns registros nos Pós Testes. Assim como a Termonuclear, há alguns mitos sobre a Hidroelétrica, muitas vezes tratada como se não houvesse impacto ambiental, por exemplo. Aqui há um indicativo que a discussão do MI sobre as vantagens e desvantagens das usinas contribuiu para diminuição de alguns mitos e/ou concepções alternativas sobre a Hidroelétrica.

A quantidade de alunos que não opinou diminuiu na TE e apresentou acréscimo na TC. Isso pode sugerir que na os instrumentos utilizados na TE contribuíram positivamente para a ocorrência de uma aprendizagem significativa, por tanto, não mecânica nos alunos.

A Termoelétrica foi a mais votada (36%) como a pior opção no Pós Teste da TE. Aqui, mais um indício de contribuição positiva do uso do recurso maquete para apontar as vantagens e desvantagens desta usina, pois durante a visita os alunos puderam ver a quantidade de fontes que essa usina pode receber, porém, todas elas são consumidas sendo, em geral, queimadas. Isso foi mostrado, por exemplo, na floresta, nas plantações e na mineradora.

Considerando a expectativa para esta questão, de esperar respostas negativas, a TC apresentou uma piora no desempenho, caindo de 57% para 38% o número de alunos que escolheram que não existe a pior usina. Neste aspecto, há indícios que o MI contribuiu negativamente para este propósito na TC. O mesmo ocorre com a TE, porém com decréscimo menor (de 29% cai para 21%). Assim como feito na questão anterior, reforçamos a sugestão do uso de algum recurso para enfatizar os impactos ambientais das usinas presentes no MI, como o uso de pequenos vídeos, por exemplo.

Assim como na questão anterior, selecionamos as justificativas de alguns alunos e as listamos no Quadro 4.4.

Aluno (Turma)	Pré Teste	Pós Teste
Faraday (TE)	<i>Termonuclear. Não sei o porque o que ela causa, mas não deve ser coisa boa.</i>	<i>Porque todas possuem seus riscos e suas vantagens.</i>
Maxwell (TE)	<i>Termonuclear. Tem muita radiação.</i>	<i>Termoelétrica. Ela Polui muito e ela pode ser substituída por usinas eólicas, solares ou até mesmo por hidroelétricas ou usinas nucleares.</i>
Newton (TE)	<i>Termonuclear. Causa a morte dos rios e dos seres vivos perto dele.</i>	<i>Termoelétrica. Ela polui o meio ambiente e causa problema para os seres vivos.</i>
Torriceli (TE)	<i>Nuclear. Faz mal ao meio ambiente e é muito arriscado.</i>	<i>Termoelétrica. Ela polui muito, solta muita fumaça.</i>
Andrez (TC)	Não respondeu	<i>A usina é construída com intenção de ajudar em alguma coisa, mesmo poluindo.</i>
Cantarino (TC)	<i>Termoelétrica. Queima carvão e para isso precisa de madeira, e polui muito o ar.</i>	<i>Termoelétrica. Ela queima carvão, madeira e restos de tudo, por isso polui muito.</i>
Cevolani (TC)	<i>Não conheço usina pior.</i>	<i>Usinas nos ajuda a produzir eletricidade, porém umas poluem e são fracas, não vejo isso como pior.</i>
Tambaú (TC)	<i>Termoelétrica. Usam carvão.</i>	<i>Toda usina tem seu lado bom e ruim.</i>

Quadro 4.4: Justificativas sobre a existência ou não de **pior** usina para qualquer região.

Do Quadro 4.4 faremos algumas análises.

O aluno Faraday, da TE, representa muito bem em sua resposta no Pré Teste os mitos que se têm sobre os perigos das usinas Termonucleares. No Pós Teste apresenta uma boa evolução de conhecimento através do nível da sua justificativa. Além disso, muitos

alunos de ambas as turmas que mudaram sua opinião para Termoelétrica, no Pré Teste haviam escolhido a usina Termonuclear como a pior opção. Esses fatos podem indicar uma possível contribuição positiva do conteúdo do MI e da apresentação da maquete para retirar da estrutura cognitiva de alguns alunos mitos e/ou concepções alternativas sobre este tipo de usina.

A pontuação e rendimentos da turma para esta questão, presentes nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66) foi calculada da mesma maneira que a Questão 7, e as pontuações máximas também são iguais. As pontuações gerais foram de 25 e 36 para a TE no Pré e Pós Teste, respectivamente, e 16 e 18 para a TC no Pré e Pós Teste, respectivamente.

4.2.9. Q9 (Fontes energéticas e setores consumidores)

A Questão 9 aplicada no Pré Teste foi substituída no Pós Teste por uma questão. Aqui faremos análise apenas da questão do Pós Teste, logo, a comparação que faremos será direta entre Pré e Pós teste entre as turmas TE e TC. As duas questões entram, porém, na pontuação e rendimentos das turmas, presentes nas tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66).

A Questão 9 do Pós Teste mostra dois gráficos, ambos extraídos do Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2014), que indicam o uso da energia total no Brasil por setor e por fonte. Os principais destaques desta questão são: colocar em evidência que a energia elétrica, além de não ser a única, não é a mais usada no Brasil; mostrar que os setores de indústria e transporte são os principais responsáveis pelo grande consumo de derivados de petróleo como fonte energética.

Para fazer uma comparação detalhada nas respostas de cada item da Questão 9 do Pós Teste entre as duas turmas, montamos o gráfico mostrado na Figura 4.17. Lembramos que esta é uma comparação item a item da Questão 9 do Pós Teste, e que os rendimentos individuais e gerais das turmas mostradas nas tabelas 4.1 e 4.2 (p. XX) são feitos com base na pontuação total de cada aluno na Questão 9 do Pré e Pós Teste.

Esta questão foi preparada em 10 itens com opções de marcar verdadeiro (V) ou falso (F). O critério para pontuação da comparação item a item (Figura 4.17) foi a seguinte: 0 pontos para cada erro e 1 ponto para cada acerto. O cálculo do rendimento em porcentagem por item (η) é feita da seguinte maneira: a soma da pontuação da turma para cada item é dividido pela pontuação máxima possível por item de cada turma.

Assim, mediremos a porcentagem de alunos que acertou cada item. O valor máximo possível por item é diferente para cada turma, sendo igual a 14 e 8 para a TE e TC, respectivamente. Essa diferença é devido ao número de alunos ser também diferente.

Na Figura 4.17, temos a comparação dos rendimentos item a item de cada turma para a Questão 9 do Pós Teste.

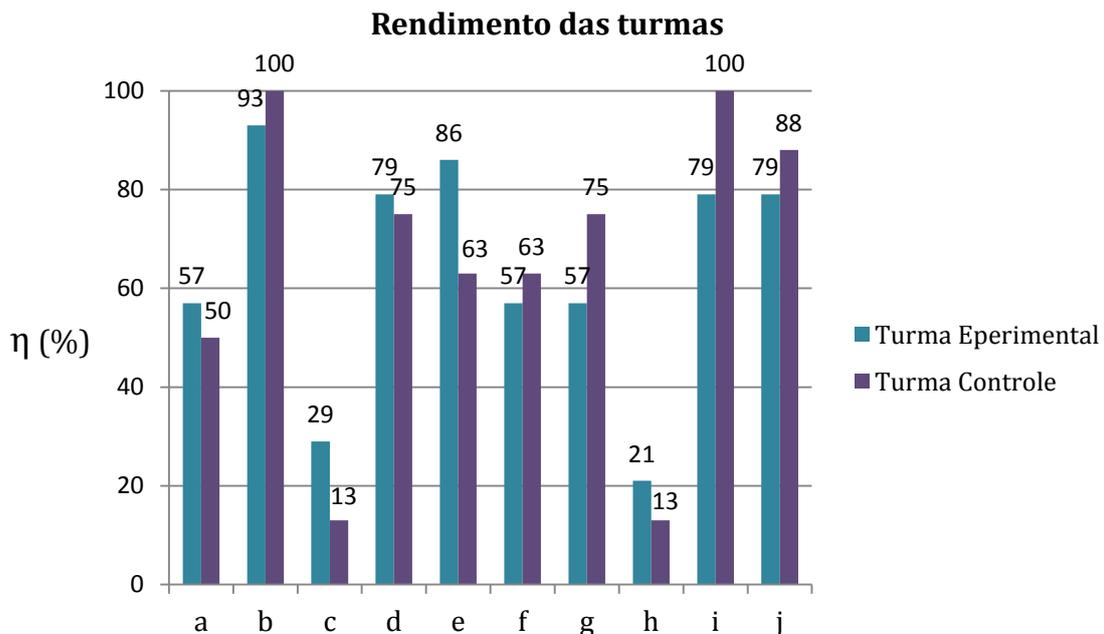


Figura 4.17: Gráfico do rendimento das turmas por item da Questão 9 do Pós Teste.

Cada turma obteve desempenho superior na metade, ou seja, 5 dos 10 itens, como mostra o gráfico acima (nos itens a, c, d, e, h, desempenho superior para a TE, e nos itens b, f, g, i, j, desempenho superior para a TC). Comparando a média geral de cada turma, ou seja, a média dos rendimentos por item, encontramos o valor de 64% para as duas turmas.

A partir do gráfico da Figura 4.17 analisaremos o desempenho de alguns itens:

Item a: Este item afirma que a energia elétrica é o tipo de energia mais usado no Brasil em virtude das indústrias. Esta afirmação não está correta, pois o gráfico da questão mostra que a energia do tipo elétrica não é a mais utilizada. Esperava-se um rendimento maior, na verdade, das duas turmas, por se tratar do Pós Teste. O rendimento da TE foi apenas um pouco maior que a TC. Durante a visita à maquete foram mostradas várias indústrias e trabalhado o fato de usarem na maioria dos casos fontes derivadas do petróleo. Mas neste caso, o uso deste recurso parece não ter contribuído de maneira expressiva, quando comparado com o rendimento da TC. Na maquete existem várias

torres de transmissão de energia elétrica, e elas são bem evidentes. Isso pode ter atrapalhado um pouco os alunos, contribuindo para reforçar a crença de que a energia do tipo elétrica é a mais usada. Outro fato é que os alunos não conseguiram interpretar os gráficos do enunciado da questão, pois ele mostra por si mesmo que este tipo de energia não representa a maior parcela;

Item b: Este item é semelhante ao anterior, só que afirma que os derivados de petróleo têm grande participação na fonte energética, devido aos transportes. O rendimento de ambas as turmas foi muito bom, com destaque para a TC, onde 100% dos alunos acertaram. Durante as aulas foi abordado com as turmas que não só os meios de transporte usam tais combustíveis, mas as indústrias também usam em grande escala. Mesmo assim, apresentaram alto rendimento neste item e mediano no anterior. Isso indica que é mais fácil para os alunos associarem o uso de combustíveis derivados do petróleo pelos meios de transporte do que pelas indústrias;

Item c: Neste item foi afirmado que a energia do tipo elétrica é a mais utilizada no Brasil por causa das Hidroelétricas. Apesar de não ser exatamente uma afirmativa do tipo “pegadinha”, foram colocadas na mesma afirmação as palavras “energia elétrica” e “Hidroelétrica”. Aqui demonstraram mais uma vez falta de atenção na leitura do gráfico do enunciado da questão, que mostra claramente um erro na afirmação, independente do tipo de usina que “gera” energia elétrica. Este item apresentou um baixo rendimento, mesmo os alunos demonstrando saberem que energia do tipo elétrica é apenas um tipo, dentre tantos outros, como mostrado nas análises do item e) da Questão 1 (p. XX).

Item d: Este item é praticamente o oposto do item a), pois afirma que as indústrias fazem grande uso de fontes de origem não elétrica. Porém, obtiveram um rendimento maior que no primeiro item. Parece que, escrever o termo “energia elétrica” já induz os alunos a pensar que é a mais utilizada. O rendimento de ambas as turmas neste item foi bom (próximos a 80%), mas tão próximo que não dá pra afirmar que o uso dos recursos adicionais ajudaram efetivamente a TE.

Item h: Este item afirma o seguinte: “Em cada produto que compramos, há gasto de energia, desde a extração da sua matéria-prima, no transporte para indústria, na indústria, e no transporte para nossas casas. Essa energia gasta nos processos citados é, em sua maior parte, do tipo elétrica”. A primeira frase da afirmação está correta. É mais provável que o baixo desempenho (média de 17% de acerto entre as duas turmas) neste

item esteja associado á falta de atenção na leitura do item, por dois motivos: 1 - os alunos, de fato, não têm costume e gosto por leitura, e isso é demonstrado em várias questões que afirmam ou pedem coisas no final do texto, que acabam não preenchendo ou respondendo o que é pedido no final de enunciados relativamente grandes (em torno de 4 linhas); 2 - no item d) eles tiveram um bom desempenho, e lá é afirmado o oposto que o final deste item. Porém, no item d) não há afirmação contrária no final do seu enunciado, como acontece aqui, no item h);

Item i: Este item e o anterior tiveram um objetivo maior de conscientização, para lembrarem-se de um ponto que foi tratado na última aula, sobre a dificuldade de “produção” de energia e materiais de consumo para tantas pessoas no planeta. As duas turmas demonstraram um bom rendimento, com destaque para a TC, que obteve mais uma vez 100% de acerto.

Como resumo desta questão, destacamos a dificuldade que se tem para alcançar um dos objetivos específicos do MI, que é fazer os alunos pararem de associar energia elétrica com o principal tipo ou o mais usado. Sugerimos para este caso, considerando os indícios de contribuições positivas do uso de *concept tests* nas questões iniciais dos testes, que este recurso seja mais utilizado na última aula do MI para aplicações futuras, dando maior ênfase que a energia do tipo elétrica não é a mais utilizada, apesar de ser a mais comum, ou mais lembrada em muitos casos.

Para a pontuação geral que compara os desempenhos individuais e das turmas entre as questões 9 do Pré e Pós Teste, que constam nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66), a lógica adotada foi a mesma para ambas, pois ambas são marcar verdadeiro ou falso, a saber: resposta correta, 1 ponto e resposta incorreta, 0 pontos. Para rendimento geral da turma, dividiu-se a soma dos alunos pelo valor máximo possível para a turma, que é 98 (7 itens vezes 14 alunos) e 140 (10 itens vezes 14 alunos), no Pré e Pós Teste, respectivamente, para a TE, e 56 e 80, no Pré e Pós Teste, respectivamente, para a TC. As pontuações foram as seguintes: para a TE, 63 e 89, no Pré e Pós Teste, respectivamente, e para a TC, 32 e 51, no Pré e Pós Teste, respectivamente.

4.2.10. Q10 (Decida sobre a usina ideal)

Assim como a questão anterior, esta foi substituída no Pós Teste. Assim como na questão anterior, analisaremos aqui apenas a Questão 10 do Pós Teste, e no final apresentaremos os critérios para a pontuação geral das questões 10 do Pré e Pós Teste.

Esta questão podemos dizer que, juntamente com as questões 7 (p. 91) e 8 (p. 94) são as que exigem maior desenvoltura da estrutura cognitiva dos alunos, pois para responde-las eles precisam tomar uma decisão. Nas questões 7 e 8 precisam decidir se existe ou não uma usina que seja a melhor de todas, independente da região, e a mesma decisão para a pior. A Questão 10 do Pós Teste trás o seguinte desafio: É apresentado para eles que na cidade de Vitória é necessário construir uma nova usina de “geração” de energia elétrica, pela nova demanda causada pelo crescimento populacional dos últimos anos. Após breve descrição dos aspectos geofísicos locais, é pedido para eles julgarem dentro de uma lista de 4 usinas qual delas eles “aprovariam”, caso fossem o prefeito ou tivessem algum cargo com esta competência. Existe uma exigência para a escolha: a usina escolhida deve ser a que causa o menor impacto ambiental possível. Para cada usina citada o aluno deveria explicitar sua opinião favorável ou não, e justificar cada escolha.

A Figura 4.18 mostra as preferências dos alunos em relação às usinas. As opções são: Termoelétrica, Ondas/Marés, Solar e Hidroelétrica. O aluno poderia escolher mais de uma opção, porque queremos saber qual é viável, e não “a melhor opção”.

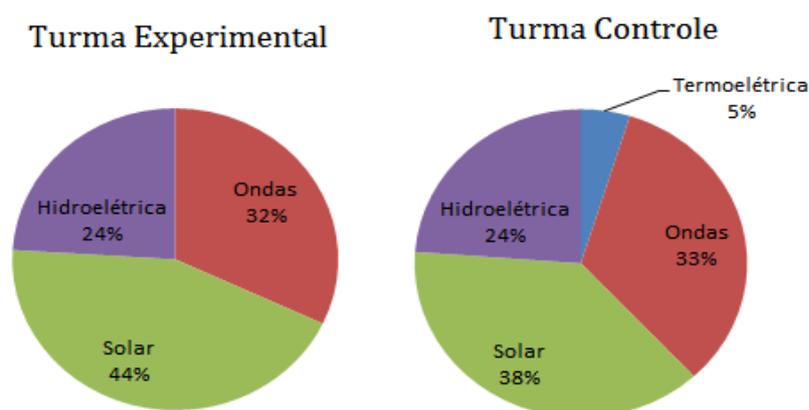


Figura 4.18: Preferência dos alunos sobre construção de uma usina na cidade de Vitória.

Podemos ver na Figura 4.18 que as preferências dos alunos são muito semelhantes, com um destaque para a usina Solar, que teve o maior índice de aprovação pelos alunos. A seguir, trazemos um gráfico indicando os níveis de aprovação (τ) para cada usina.

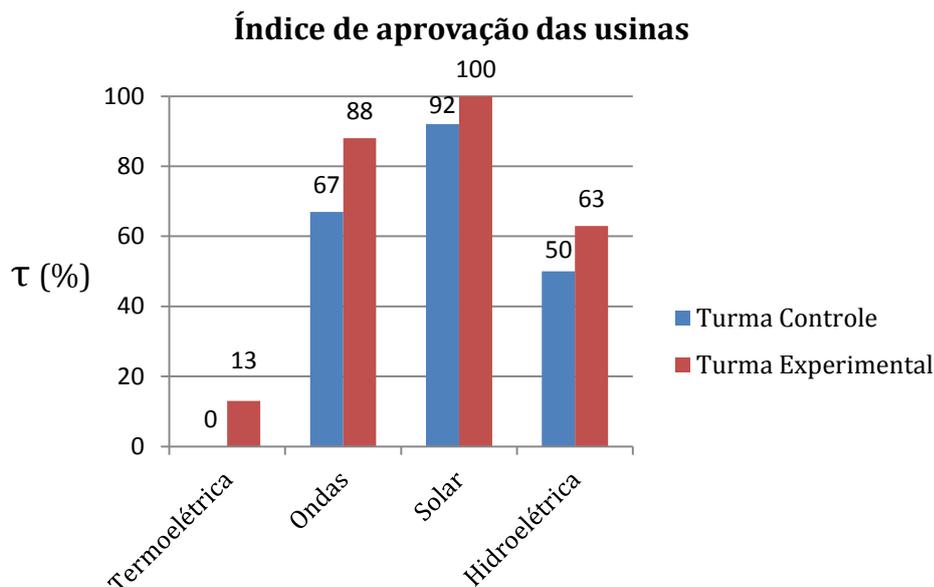


Figura 4.19: Gráfico dos níveis de aprovação dos alunos por usina.

Pode-se perceber no gráfico da Figura 4.19 um baixo nível de aprovação para a Termoeétrica. Este nível está de acordo com o que foi demonstrado pelos alunos na Questão 8 (p. 94). Dos alunos da TE, 36% haviam escolhido a usina termoeétrica como a pior opção de todas, independente da região. Quanto ao caso específico da cidade de Vitória foram unânimes em não “aprovar” tal usina. Já a TC também apresentou certa coerência, já que na Questão 8 apresentou um nível menor na escolha desta usina como a pior opção (12%), e 13% a “aprovariam” para sua construção na capital. Uma comparação também pode ser feita com a Questão 5 (p. 85), onde a usina foi classificada com os maiores níveis de impactos ambientais pelas duas turmas.

Veremos a seguir as justificativas de alguns alunos sobre as suas escolhas.

Aluno (Turma)	Termoeétrica
Joule (TE)	<i>Não é uma boa opção pois causa grande impacto ambiental na queima de madeira, animais mortos, etc.</i>
Lattes (TE)	<i>Não seria tão interessante, porque tem usinas mais apropriadas para o local.</i>
Newton (TE)	<i>Não. Porque Vitória tem pequena extensão territorial e vai poluir a cidade.</i>
Ohm (TE)	<i>Não porque não está tendo água no rio.</i>
Cantarino (TC)	<i>Não deveria usar pelo fato de queimar tudo, acaba poluindo o ar.</i>
Krohling (TC)	<i>Não pois ela iria utilizar muita água.</i>
Tambaú (TC)	<i>Não. Porque polui muito e eles tão querendo uma que agride menos o ambiente.</i>
Sonic (TC)	<i>Não apoiaria, pois teria que se queimar as árvores.</i>

Quadro 4.5: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma Termoeétrica em Vitória.

A partir das respostas e justificativas dos alunos listados no Quadro 4.5 fica evidente a rejeição pela grande maioria dos alunos de ambas as turmas sobre a construção de uma Termoeétrica em sua cidade, devido, principalmente, aos grandes impactos ambientais

causados pela mesma. Alguns alunos citaram, inclusive, a necessidade do uso de água neste tipo de usina, utilizada para seu sistema de refrigeração. Isso apresenta um indício que o MI contribuiu para a ocorrência de uma aprendizagem significativa, ao invés de uma aprendizagem mecânica.

Aluno (Turma)	Ondas/Marés
Ampère (TE)	<i>Sim. Pois Vitória tem várias praias.</i>
Maxwell (TE)	<i>Sim. Seria adequada, mas produz pouca comparada com as outras opções.</i>
Ohm (TE)	<i>Não porque Vitória não tem muitas ondas.</i>
Tesla (TE)	<i>Sim pois como ela é cercada de água geraria um bom rendimento e não polui tanto.</i>
Andrez (TC)	<i>Não, porque nem sempre tem muitas ondas, como aqui tem muitas praias e só quando elas tão cheias.</i>
Cevolani (TC)	<i>Sim. Pode ser uma alternativa pois Vitória é cercada por água.</i>
Piumbini (TC)	<i>Sim. Deve usar pois pega a energia das ondas.</i>
Tambaú (TC)	<i>Sim. Poderia até ser escolhida mas não é fonte eficaz.</i>

Quadro 4.6: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma usina de Ondas/Marés em Vitória.

Iremos destacar quatro respostas extraídas do Quadro 4.6. Os alunos Ohm (TE) e Andrez (TC) justificaram suas respostas provavelmente se balizando em seu referencial de mar. Como explicado na seção 3.3 (Contexto do estudo, p. 25) a cidade de Vitória é uma ilha, e na região onde os alunos moram a cidade é banhada pelo rio, que é calmo, e não pelo mar, como na outra extremidade da ilha. Lembramos ainda que, por motivos já esclarecidos na seção 3.3, muitos alunos não têm muito contato com a parte da ilha banhada pelo oceano.

As outras duas respostas e justificativas que destacamos são as dos alunos Maxwell (TE) e Tambaú (TC), que citaram a baixa potência energética desta usina quando comparada com outras. No MI são abordados os aspectos das potências relativas entre as usinas, e na maquete essa relação é evidenciada pela quantidade de LEDs que cada usina acende na cidade, nas indústrias e demais itens.

Aluno (Turma)	Solar
Henry (TE)	<i>Sim. Essa seria boa porque iríamos usar energia solar e íamos poupar elétrica.</i>
Lattes (TE)	<i>Sim. Seria uma usina interessante, pois o clima é bastante favorável para possuir essa usina.</i>
Maxwell (TE)	<i>Sim. Seria uma boa, mas a cidade é grande e ela não daria conta.</i>
Torriceli (TE)	<i>Sim. Por fazer muito calor, a energia solar seria a melhor porque faz bem a natureza. Pode ser usada.</i>
Cantarino (TC)	<i>Sim. Essa deve ser usada porque não prejudica o meio ambiente nem ninguém.</i>
Cevolani (TC)	<i>Sim usaria, pois o Sol não causa muito dano ao ambiente e ia produzir bastante energia.</i>
Sonic (TC)	<i>Sim. Eu apoiaria, pois iria diminuir o impacto ambiental.</i>
Tambaú (TC)	<i>Sim. Porque não causa tanto impacto ambiental.</i>

Quadro 4.7: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma usina Solar em Vitória.

A justificativa do aluno Henry (TE) no Quadro 4.7 reforça o que já foi abordado nas questões anteriores, sobre a dificuldade de deixar de associar energia de maneira geral com energia elétrica. Mais uma vez fazemos a sugestão de incluir mais concept tests na última aula, como tentativa de sanar esta dificuldade. Já o aluno Maxwell (TE) citou uma das desvantagens deste tipo de usina, a baixa potência energética, comentado no MI e evidenciado na maquete pela quantidade de elementos “alimentados” pela usina Solar.

Aluno (Turma)	Hidroelétrica
Joule (TE)	<i>Sim. Constrói. Mas teria que ser feito racionamento de água.</i>
Lorentz (TE)	<i>Não. Essa não pois não ajudaria Vitória, pois ela precisa de uma usina para melhorar e causar menor impacto ambiental e não para piorar e causar grande impacto ambiental.</i>
Newton (TE)	<i>Não. Porque ia pegar um espaço muito grande da cidade e não ia dar certo.</i>
Tesla (TE)	<i>Não, pois não tem quantidade ideal de rios e como represá-lo na cidade.</i>
Cantarino (TC)	<i>Sim. Devia usar porque é a menos prejudicial, só não pode ser feita próxima das cidades.</i>
Krohling (TC)	<i>Não pois ela usaria muita água.</i>
Sonic (TC)	<i>Sim. Eu apoiaria, pois aqui é cercado por rios e mares.</i>
Tambaú (TC)	<i>Não. A hidroelétrica teria que ser construída fora da cidade, mas eles querem uma na cidade.</i>

Quadro 4.8: Escolhas e justificativas sobre a construção de uma Hidroelétrica em Vitória.

Nas respostas para este item (Quadro 4.8) alguns alunos de ambas as turmas citaram o fato de a Hidroelétrica necessitar de um grande espaço para ser viável energeticamente.

Para a elaboração dos rendimentos individuais e das turmas, presentes nas Tabelas 4.1 e 4.2 (p. 65 e 66), foi adotado o mesmo critério para a Questão 10 do Pré e Pós teste, já que as duas apresentam a mesma estrutura de responder e justificar. O critério foi: 0 pontos para o aluno que deixou em branco, 1 ponto para o aluno que acertou cada item, e 3 pontos para o aluno que acertou o item e justificou de maneira correta.

As notas individuais foram calculadas dividindo a soma dos pontos dos itens pelo valor máximo que cada aluno poderia alcançar. O valor máximo pra cada aluno é 15 na Questão 10 do Pré Teste, caso ele justificasse corretamente cada um dos cinco itens, e 12 na Questão 10 do Pós Teste, caso ele justificasse corretamente cada um dos quatro itens.

Já o rendimento geral de cada turma foi calculado dividindo-se somatória da pontuação individual pela pontuação máxima possível para cada turma. A pontuação máxima possível é (14 alunos vezes 15) = 210 para a Questão 10 do Pré Teste da TE, e (14 alunos vezes 12) = 168 para a Questão 10 do Pós Teste da TE. Para a TC as pontuações máximas possíveis são (8 alunos vezes 15) = 120 e (8 alunos vezes 12) = 96 no Pré e Pós Teste,

respectivamente. As somatórias das pontuações das turmas foram: 63 e 114 no Pré e Pós Teste, respectivamente, para a TE, e 15 e 75, respectivamente, no Pré e Pós Teste da TC. Lembrando que todos os valores são expressos em porcentagem nas Tabelas 4.1 e 4.2.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta algumas considerações finais: Do Trabalho, na seção 5.1; Do Produto, na seção 5.2; e Da Experiência Pessoal, na seção 5.3.

5.1. Do Trabalho

Para fazer as considerações finais deste trabalho vamos listar abaixo os objetivos Geral e Específicos do mesmo, apresentados na seção 3.1 (p. 23):

Objetivo Geral:

Desenvolver um Material Instrucional (MI) sobre Transformações de energia, tomando como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa, e avaliar seus impactos numa aplicação em sala de aula.

Objetivos Específicos

1. Elaborar um Material Instrucional para a discussão das fontes e tipos de energia com alunos do Ensino Médio, utilizando os recursos de *concept tests*, um experimento e uma maquete;
2. Elaborar Pré e Pós Testes para serem aplicados nas Turmas Experimental e Controle, escolhidas de maneira aleatória;
3. Comparar o rendimento entre os alunos de ambas as turmas no Pré e Pós Teste e a evolução do rendimento entre testes para cada turma, buscando evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa.

O MI foi desenvolvido observando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), seguindo as recomendações de Ausubel (2003) e as contribuições de

Moreira (2011, 2012) para tornar este material potencialmente significativo. Também foram seguidas as instruções de Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos. O MI propõe a utilização de três instrumentos: os *concept tests*, seguindo as recomendações de Araújo & Mazur (2013) para o conceito de Peer Instruction (Instrução pelos Colegas – IpC), utilizados neste trabalho como uma ferramenta de Embelezamento (BZUNECK, 2010), de Negociação de Significados e para uso de Atividades diversificadas e colaborativas (MOREIRA, 2011, 2012); o experimento, utilizado também como ferramenta de Embelezamento e uso de Atividades diversificadas; e a maquete, utilizada como um recurso de Embelezamento.

O uso dos *concept tests* teve uma aceitação muito grande por parte dos alunos. É uma novidade para eles, e em quase todas as aulas eles perguntavam se iria ter este recurso. O uso de três ou quatro questões em cada aula que foram utilizados indicam ser uma boa quantidade, pois nem é pouco e nem deixa os alunos entediados com o mesmo.

O experimento realizado, sobre a corrente de indução de Faraday, também incitou grande participação dos alunos, incluindo muitas perguntas sobre conceitos abordados anteriormente e até mesmo perguntas mais elaboradas.

A visita à maquete também se mostrou como um instrumento para promover o interesse dos alunos, demonstrado pela grande aceitação e envolvimento dos mesmos durante a apresentação, onde surgiram várias perguntas e comentários em relação a diversos elementos presentes na maquete.

O Pré e Pós Teste foram elaborados para atingirem os objetivos do MI, descritos na seção 3.5 (p. 26), onde foram utilizadas algumas questões adaptadas do ENEM e concepções alternativas (CASTRO & MORTALE, 2012) para elaboração de algumas questões.

As comparações de desempenho entre Pré e Pós Teste das TE e TC, bem como as análises qualitativas de cada questão, apresentadas no Capítulo 4, indicam evidências que o MI elaborado e seus instrumentos propostos contribuíram de maneira positiva para que pudesse ocorrer uma aprendizagem significativa sobre o assunto Transformações de energia no grupo de alunos estudados.

Importante ressaltar, como já comentado ao longo das discussões das questões do Pré e Pós Teste, na seção 4.2 (p. 70), que para algumas das concepções alternativas o MI e os

seus instrumentos propostos não apresentaram um resultado positivo, no sentido de mudar o significado nas estruturas cognitivas dos alunos para conceitos cientificamente aceitos. Por exemplo, o conceito que energia não se cria, que foi discutido em vários momentos, porém os Pós Testes mostraram que essa concepção alternativa ainda permanece na estrutura cognitiva dos alunos de maneira expressiva. O mesmo pode ser dito em relação ao entendimento que o assunto energia envolve o mundo político e sobre os alunos continuarem, em alguns casos, associando energia diretamente com energia do tipo elétrica apenas, pois questões que abordavam esses conceitos também apresentaram resultado abaixo do esperado para o Pós Teste. As sugestões de adaptações para possíveis melhoras são feitas nas análises de cada questão, na seção 4.2. Relatamos ainda a dificuldade e falta de precisão para análises estatísticas de dados quantitativos quando se dispõe de amostras pequenas, como ocorreu neste trabalho. Sugerimos para o leitor que ainda não tenha experiência em pesquisa, que faça um esforço e planejamento prévio para que consiga trabalhar com um número maior de amostra do que o registrado neste trabalho.

5.2. Do Produto – Aplicações futuras

Lembrando que para este trabalho o Produto a ser disponibilizado é o próprio MI, incluindo seus instrumentos propostos. Faremos agora algumas considerações sobre o uso do MI e seus recursos.

Categorias de utilização do MI/Produto

Para professores/leitores que desejam aplicar o Produto em suas turmas, sugerimos três opções de categorias para utilização do mesmo. Essas categorias foram pensadas para atender às realidades, principalmente de tempo, de um número maior de interessados. As categorias são:

- A- Utilizar todo o MI desenvolvido, incluindo sua sequência de aulas e seus instrumentos propostos;
- B- Fazer apenas uma visita à maquete com seus alunos, seguindo um roteiro criado especificamente para esse tipo de visita única;
- C- Fazer uma visita livre à maquete.

Caso opte pela categoria A, todo o material está disponível nos Anexos e Apêndices deste trabalho. Também estão disponibilizados no site criado para a divulgação deste material: www.garrafopolis.blogspot.com.br

Clicando no link “Visite-a”. Falaremos mais sobre este site no próximo tópico.

Se escolher a opção B, disponibilizamos o roteiro completo para aplicação também no endereço eletrônico acima. Além do roteiro e seus anexos, incluímos um Pré e um Pós Teste específico para serem aplicados imediatamente antes e após a visita à maquete, para esses casos de uma visita simples, sem aplicação do MI, caso deseje utilizá-los.

Para qualquer escolha acima, entre em contato para tentarmos agendar uma visita acessando o link “Contatos” do site acima.

Atualmente a maquete encontra-se na UFES, Campus Goiabeiras, na Cidade de Vitória, ES, numa sala improvisada, que comporta aproximadamente 30 alunos. Para o futuro, estamos articulando com a direção responsável pelo espaço físico do laboratório onde a mesma se encontra para podermos alocar a maquete numa sala específica, ficando mais fácil a visita de professores interessados.

Caso se interesse, poderá construir sua própria maquete. As etapas de construção também se encontram no site. Neste caso, já adiantamos algumas considerações importantes: pode fazê-la menor; apesar de usar água real ao invés de gel e resina, como de costume, dar um resultado realmente incrível (até por conta da questão de se trabalhar com energia e coisas em movimento) foi uma das partes que mais consumiu tempo na execução, e dá muitos problemas de vazamento. No mais, ao construir a sua própria maquete, verá algo que não dá registrar nem computar em gráficos: as expressões dos alunos e como se envolvem dá realmente uma enorme satisfação, compensando todo o esforço aplicado.

“Sub-Produtos”

Como já mencionado, criamos um **site** para divulgação completa deste Produto, e também para facilitar o acesso de vários arquivos, como o MI, Pré e Pós Teste, Roteiros de utilização para uma visita simples à maquete, e também instruções para montagem da maquete e algumas fotos. O endereço é: www.garrafopolis.blogspot.com.br. No site são descritos os objetivos da maquete e também é feita referência a esta dissertação, bem como uma breve explicação sobre seu referencial teórico e os instrumentos utilizados pelo mesmo.

Além disso, o site trás as três categorias de utilização deste Produto, como descritos no tópico acima, no link “Visite-a”, contendo links para acesso aos arquivos compartilhados publicamente no *Google Drive*. Optamos por disponibilizar o link do serviço nas nuvens ao invés de fazer upload dos arquivos para que os visitantes tenham acesso imediato a quaisquer possíveis alterações em seus arquivos.

O site também pode direcionar seus visitantes a links externos, para terem acesso aos sites do Marco Antônio Moreira, Eric Mazur, criador da estratégia de ensino *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas - IpC), e Ives Solano Araújo, divulgador desta estratégia no Brasil. Desta maneira, buscamos divulgar não só este Produto, mas também trabalhos dos autores citados para professores que podem conhecer os autores acima, ou quem sabe, ter seu primeiro contato através desse site.

Também criamos, em parceria com o aluno de Cinema da UFES, Caio Fabricius, um **vídeo** em qualidade HD para a divulgação da maquete e para a visualização de professores e alunos que por questão de distância não puderem ter acesso físico à maquete. O vídeo está disponível no site criado e também está disponibilizado no YouTube, no link: www.youtube.com/watch?v=L501tQUio8. Para uma busca rápida, ao digitar o termo “maquete energia ufes” o vídeo é facilmente encontrado. Partindo desta preocupação, de tornar o vídeo fácil de encontrar, criamos muitas *tags* relacionadas a diversos temas, como ensino de física e feira de ciências, por exemplo.

Ao final do vídeo há um link para acesso ao site, bem como no site está disponível o vídeo. Além disso, ainda na descrição do vídeo no *YouTube* há informações básicas, buscando atrair a atenção de professores sobre a existência deste Produto e sua finalidade, indicando, é claro, o site na descrição.

Também está nos planos a criação de um segundo vídeo, contendo explicações sobre a maquete, principalmente sobre as vantagens e desvantagens de cada usina e fonte energética.

Existe ainda um outro vídeo no YouTube com a entrevista feita pela TV UFES durante a realização da Mostra de Física e Astronomia da Universidade em 2015, onde pude apresentar algumas propostas da maquete. Durante a entrevista, além de apresentar alguns objetivos específicos da maquete, foi aproveitado o espaço para a divulgação da mesma. O vídeo tem o título “Mostra de Física e Astronomia: conheça os diferentes tipos de energia” e pode ser acessado pelo link www.youtube.com/watch?v=YNz9PeLaV60, e também está disponível no site criado.

Espaços não formais

A maquete poderá ser utilizada também em espaços não formais de ensino, como de fato esta já foi. Durante a Mostra de Física e Astronomia da UFES (www.mostradefisica.ufes.br) no ano de 2015 esta foi utilizada como uma das atrações, sendo visitada por centenas de alunos e dezenas de professores da rede pública e privada de ensino. Alguns desses professores inclusive já demonstraram interesse em aplicar a maquete em suas turmas.

Possível versatilidade do Produto

O MI foi desenvolvido a princípio com objetivo de ser aplicada em uma turma do 3º ano do ensino médio, mas foi facilmente adaptável ao 1º ano. Isso me trouxe uma visão sobre o Produto de maneira geral: o MI pode ser útil nos três anos do ensino médio e até mesmo no 9º ano do ensino fundamental, adaptando-o facilmente para cada caso. Essa sugestão pode parecer um pouco pretenciosa, mas de qualquer maneira, o leitor pode se sentir livre para fazê-lo, assim como farei em minhas próximas turmas, e, por favor, reporte de alguma maneira os resultados. Poderá usar, inclusive, o site para entrar em contato, no link “Contatos”.

A sequência preparada originalmente continha 8 aulas, e poderiam ser aplicadas de maneira que cada aula corresponda não necessariamente a uma aula de 50 minutos apenas, mas sim a uma sequência de duas ou até mais aulas, dependendo do conteúdo,

do rendimento dos alunos e da série aplicada. Antes de apresentarmos as sugestões de adaptação para cada nível escolar, eis a sequência de aulas proposta inicialmente, no Quadro 5.1.

<p>AULA 1 - CONCEITOS INTRODUTÓRIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> → Força, Deslocamento e Trabalho → Fotossíntese e Efeito Estufa → Energia nos seres vivos <p>AULA 2 - VÁRIAS FACES DA ENERGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> → Tipos de energia → Todas se resumem em energia cinética e potencial → Princípio de conservação da energia → O Sol <p>AULA 3 - CONCEITOS MAIS AVANÇADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> → Potência → Consumo → Energia útil e energia dissipada → Eficiência <p>AULA 4 - FONTES E USINAS</p> <ul style="list-style-type: none"> → Fontes energéticas (renováveis e não-renováveis), vantagens e desvantagens e origens → Usinas elétricas, vantagens, desvantagens, princípio de funcionamento e fontes que usam. <p>AULA 5 - VISITA Á MAQUETE</p> <ul style="list-style-type: none"> → Revisão dos conceitos e identificação das fontes e usinas e seus impactos na sociedade e meio ambiente. 	<p>AULA 6 - ELETROMAGNETISMO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> → Versatilidade da energia elétrica → Corrente elétrica → Voltagem → 2ª Lei de Ohm → Potência elétrica → Campo gerado por corrente (experiência de Oersted) → Corrente induzida e a experiência de Faraday → Gerador elétrico <p>AULA 7 - ELETROMAGNETISMO 2</p> <ul style="list-style-type: none"> → Transformador elétrico → Corrente alternada → Transmissão de energia elétrica <p>AULA 8 - POLÍTICA, ECONOMIA E MEIO AMBIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> → Energia para milhões → Fontes energéticas no Mundo → Fontes energéticas no Brasil → Onde é usada a energia no Brasil → Fontes para geração de energia elétrica no Brasil → Gases de Efeito Estufa
--	---

Quadro 5.1: Uma sequência alternativa de aplicação do MI.

O MI inicial, contendo todas as aulas também está disponível no site.

As principais sugestões de adaptação para aplicação em diferentes séries escolares são:

9º ano: dar bastante ênfase às primeiras aulas, que tratam de energia interdisciplinar, principalmente em relação aos seres vivos, efeito estufa, fotossíntese, etc...; nas aulas de eletromagnetismo usar menos contas (ou nenhuma) e usar mais experimentos; excluir a última aula, ou abordar de maneira bem sucinta, pois há muitos gráficos e muitas informações;

1º Ano: assim como foi realizado neste trabalho, porém, com as correções sugeridas;

2º Ano: aqui se pode adotar as aulas 3, 4 a visita à maquete e a aula 8, pois trata bastante de fontes que envolvem processos térmicos para extração de sua energia potencial armazenada, como o petróleo e carvão natural, por exemplo. Lembrando que, segundo o Balanço Energético Nacional (BEM) (EPE, 2014), em 2014 as fontes petróleo, gás natural e carvão mineral juntas representam mais de 80% das fontes usadas no mundo. A maquete ilustra várias fontes energéticas, como as citadas, e usinas que têm os processos térmicos como princípio de funcionamento. As aulas 1 e 2 podem ser usadas como revisão ou até como conteúdo normal, dependendo dos subsunçores apresentados pela turma;

3º Ano: pode-se excluir a primeira aula, e a aula 2 tratar com caráter de revisão apenas. A ênfase aqui será, é claro, nas aulas de eletromagnetismo, abordando os conceitos de maneira mais profunda e quantitativa. Aliás, no terceiro ano pode ser possível usar o conteúdo proposto durante uma parte considerável do ano letivo.

Um possível “Projeto de Extensão”

Ainda faz parte de meus planos para um futuro breve, aproveitando-se do meu vínculo de servidor técnico-administrativo da UFES, atualmente no Laboratório de Magnetometria e Espectroscopia Mossbauer – LEMAG, possivelmente junto ao orientador deste trabalho, elaborar um Projeto de Extensão junto à Universidade. O objetivo do projeto é tornar este Produto um meio de divulgação científica, semelhante a outro Projeto de Extensão que temos vinculado ao Centro de Ciências Exatas, o Planetário de Vitória, localizada no próprio Campus central desta Universidade.

Portanto, os objetivos gerais específicos para este projeto seriam:

Objetivo Geral: Divulgação científica sobre conceitos de transformação de energia e seus impactos sociais e ambientais com uso de uma maquete e experimentos.

Objetivos Específicos: Demonstrar o princípio de funcionamento das principais usinas de transformação de energia utilizadas no mundo; representar as vantagens e desvantagens de cada usina citada; representar as vantagens e desvantagens de fontes energéticas renováveis e não-renováveis; demonstrar o funcionamento do gerador

elétrico; conscientizar os visitantes sobre questões ambientais, sociais econômicas e políticas que envolvem o assunto Transformações de energia.

Com recursos e dimensões de um Projeto de Extensão, teremos um potencial de alcançar uma quantidade maior de professores e alunos, sendo aberto para visitação de toda a comunidade. Com recursos financeiros e humanos, a intenção é providenciar um local apropriado, ou até mesmo construir um, para abrigar permanentemente e de maneira segura a maquete. Além disso, poderiam ser criados postos de monitoria para os alunos de Graduação de diversos cursos da Universidade, em especial os cursos de Física, Biologia e Geografia. Neste caso, o espaço contaria com alunos treinados para promover apresentações potencialmente significativas para os visitantes. Um *croqui* para este local está representado na Figura 5.1

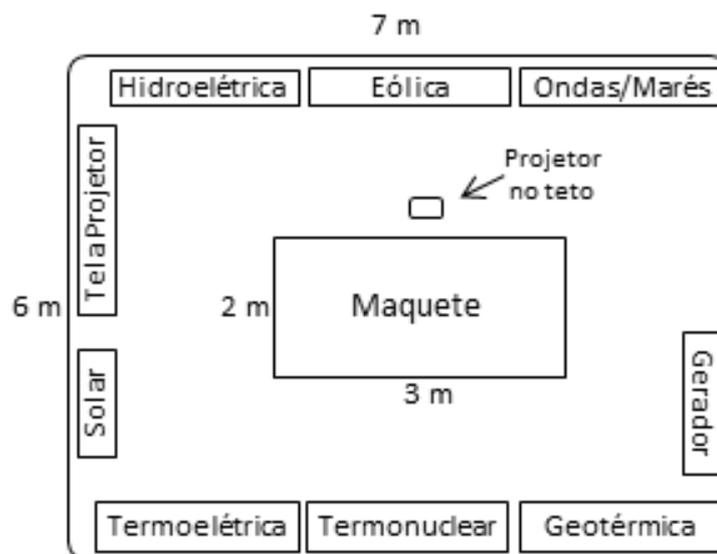


Figura 5.1: Um croqui para um possível Projeto de Extensão para a maquete.

No ambiente representado na Figura 5.1 estão previstos: local para a maquete no centro; nas laterais da sala, experimentos que demonstrem os princípios de funcionamento de cada usina representada na maquete e o gerador elétrico; um local específico para projeção de um Datashow, e o próprio, fixado no teto, para não atrapalhar os visitantes, que se acomodarão em redor da maquete; além disso, banners sobre cada experimento, contendo informações úteis sobre os próprios experimentos e/ou sobre aspectos relevantes sobre o assunto Transformações de Energia.

Repare que os experimentos situados na parte inferior do *croqui* foram separados por terem seu princípio de funcionamento semelhante, todos por princípios térmicos. Na

parte superior, outras usinas que, apesar de não funcionarem por princípios térmicos, também utilizam um gerador elétrico como elemento básico. Já a usina Solar foi colocada separada das demais, justamente por ser a única que tem seu princípio de funcionamento completamente diferente das demais.

O Datashow poderá ser usado para projetar gráficos, como os do Boletim Energético Nacional (BEM) (EPE, 2014), vídeos, simulações e *concept tests*, por exemplo.

Caso não seja aceito o Projeto de Extensão, toda a ideia relatada em torno do *croqui* pode ser executada no evento de divulgação científica que ocorre anualmente na Universidade, com envolvimento de vários alunos de alguns cursos de graduação, especialmente Física, Química e Biologia, a Mostra de Física e Astronomia da UFES.

Um incremento ao MI

Após a escrita do MI, encontrei um relatório intitulado “Atlas de energia elétrica no Brasil”, elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) ao qual recomendo ao leitor, pois acrescentará em conhecimentos sobre diversas fontes energéticas usadas no Brasil e no mundo. Apesar do termo “elétrica” no título do Atlas, o mesmo aborda também conceitos como o princípio de funcionamento e aspectos socioambientais de várias usinas e fontes energéticas, bem como trás diversos gráficos e tabelas indicando o uso e potencial de uso de várias fontes, no Brasil e no mundo. Este Atlas está disponível em:

http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf.

5.3. Da Experiência pessoal

Durante as leituras realizadas para elaboração deste trabalho e do MI, o contato que tive com a TAS e principalmente com os conceitos de Diferenciação Progressiva, Reconciliação Integradora, Consolidação, Organização Sequencial, Subsunçor e Atividades Diversificadas, mudaram tanto a maneira que eu encaro o processo de ensino aprendizagem quanto à maneira que procedo em minhas aulas e também em outros ambientes onde exerço papel de divulgador de algum conhecimento, como conversas informais e algumas palestras que ministro, em especial sobre eventos naturais e fisiologia.

A experiência com a escrita de vários elementos (a dissertação, o MI, o Roteiro para utilização da maquete, o Pré e Pós Teste, o site, entre outros) me fez amadurecer também, tanto para fixar os conceitos aprendidos quanto para a prática sistemática da escrita de trabalhos acadêmicos.

Ainda, ao trabalhar de maneira rigorosa quanto à Metodologia da pesquisa, pude aprender e desenvolver práticas e teorias que me servirão para trabalhos futuros. Dentre as contribuições, destaco a que já mencionamos nas considerações sobre o Trabalho: a importância de se trabalhar com amostras maiores, tornando os testes estatísticos mais precisos, confiáveis e abrangentes.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, abr. 2013. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/2175-7941.2013v30n2p362/24959>>. Acesso em: 17 fev 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Barcelona. 1 ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2003. Disponível em: [http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel 2000 Aquisicao%20e%20retenc ao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel%202000%20Aquisicao%20e%20retenc%20ao%20de%20conhecimentos.pdf). Acesso em: 17 fev 2016.

AZEVEDO, T. R. **Documento síntese: Análise das emissões de GEE no Brasil (1970-2013) e suas implicações para políticas públicas**. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. Disponível em: <http://www.apremavi.org.br/download.php?codigoArquivo=541>. Acesso em 17/02/2016.

BENAQUIO, W. C. **Elaboração e aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre o efeito fotoelétrico para o ensino médio**. Dissertação. Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo. UFES. Linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. 2016

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e duas Tecnologias**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> >. Acesso em: 10 jul. 2014.

BZUNEK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. D. **Motivação para Aprender: aplicações no contexto educativo**. 2 ed. Petrópolis/RJ: Editora Vozes, 2010.

CASTRO, L. P.; MORTALE, T. A. B. **Energia: Levantamento das concepções alternativas**. Trabalho de conclusão de Curso. Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2012/1o_SEM.12/LEONARDO CASTRO E TALITA MORTAL E.pdf](http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2012/1o_SEM.12/LEONARDO_CASTRO_E_TALITA_MORTAL_E.pdf)>. Acesso em: 17 fev 2016.

DAMASIO, F.; TAVARES, A. A divulgação científica do tema da radioatividade fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. **Aprendizagem Significativa em Revista/**Meaningful Learning Review – V3(1), p. 23-34, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID41/v3_n1_a2013.pdf>. Acesso em: 17 fev 2016.

DAMASIO, F.; TAVARES, A. **Perdendo o medo da radioatividade**. Autores Associados, 2010.

EPE. **Balço Energético Nacional 2014: Ano base 2013**. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf>. Acesso em 10 Jan 2016.

GASPAR, A. **Física – Volume Único**. 1 ed. São Paulo: Editora Ática, 2001

LIMA, A. C. et al. **Energia Solar no Espírito Santo – Tecnologias, aplicações e oportunidades**. Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE). Vitória, ES, 2013. Disponível em: <http://www.aspe.es.gov.br/download/Energia_Solar_ES.pdf>. Acesso em: 17 fev 2016.

MAXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física – Volume Único**. 1 ed. São Paulo: Scipione, 1997.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. Porto Alegre: 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 10 Nov. 2015.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1 (n.2), p 43-63. 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 17 fev2016.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** *Revista Qurriculum, La Laguna*, 25: 29-56, 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 17 fev 2016.

OKUNO, E; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Editora Harbra Ltda, 1986.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e som**. 1 ed. São Paulo: FTD, 2010.

SANT'ANNA, B. et al. **Conexões com a Física**. v. 3. 1 ed. São Paulo: Moderna, 2010.

SILVA, Rogério Oliveira. **A Utilização de Um Material Instrucional Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa para Aprendizes-Marinheiros: Uma Introdução ao Estudo do Movimento dos Corpos**. Dissertação. Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo. UFES. Linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. 2015. Disponível em: <<http://www.ensinodefisica.ufes.br/pos-graduacao/PPGenFis/detalhes-da-tese?id=8921>>. Acesso em: 10 Jan.2016.

ÍNDICE REMISSIVO

- Araújo & Mazur, 4, 16, 27
- Ausubel, 4, 6, 7, 27, 70, 72, 118
- Bzuneck, 4, 13, 14, 19, 27, 31, 33, 70, 74, 75, 107
- Concepções alternativas, 2, 3, 4, 27, 31, 57, 58, 59, 71, 95, 97, 107, 108, 117
- Concept test*, 17, 29, 32, 56, 73
- Consolidação, 4, 9, 11, 12, 13, 115
- Diferenciação Progressiva, 4, 9, 10, 11, 29, 33, 35, 72, 115
- Embelezamento, 13, 31, 72, 74, 75
- Eólica, 34, 47, 48, 85, 86, 92, 93, 124, 128
- Experimento, 1, 19, 20, 23, 27, 30, 33, 54, 64, 72, 74, 75, 91, 106, 107, 114
- Feedback*, 13, 14, 15, 27
- Geotérmica, viii, 34, 47, 48, 86, 87, 93, 124, 128
- Hidroelétrica, 34, 42, 47, 48, 86, 92, 93, 95, 99, 101, 104, 124, 128
- Maquete, 1, 3, 4, 23, 27, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 59, 64, 72, 74, 75, 77, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115
- Marés/Ondas, 34, 47
- Material Instrucional (MI), 1, 7, 9, 18, 23, 26, 53, 64, 106, 119
- Mediana, 62, 67, 68, 69, 70
- Moreira, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 27, 28, 29, 60, 61, 70, 72, 74, 75, 107, 110
- Negociação de Significados, 9, 12, 27, 29, 30, 31, 107
- Organização Sequencial, 4, 9, 11, 115
- Peer Instruction (Instrução pelos Colegas - IpC), 6, 15, 16, 17, 107, 110
- Pós Teste (Pré Teste), 5, 19, 23, 25, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 79, 80, 81, 83, 86, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 115
- Predisposição, 7, 13
- P-valor, 61, 66, 67, 68
- Quartil, 62, 63, 69, 70
- Reconciliação Integradora, 4, 9, 10, 11, 29, 33, 35, 72, 115
- Solar, 34, 47, 48, 86, 92, 93, 101, 103, 104, 114, 118, 124, 128
- Subsunçor, 6, 7, 8, 10, 13
- Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), 1, 6, 18, 23, 27, 106, 118, 119
- Termoelétrica, 3, 34, 45, 47, 48, 52, 86, 87, 88, 96, 97, 101, 102, 124, 128
- Termonuclear, 34, 47, 48, 86, 87, 92, 93, 95, 96, 97, 124, 128
- Turma Controle (TC), 21, 24, 26, 54, 62, 64, 67, 77, 79, 89
- Turma Experimental (TE), 21, 24, 26, 54, 62, 64, 65, 77, 79, 89
- Wilcoxon, 19, 21, 61, 62, 64, 66, 67, 69

APÊNDICES

APÊNDICE A - PRÉ -TESTE

Nome: _____ Turma: _____

1. Marque com um **X** a opção que melhor representa sua opinião sobre as afirmações abaixo:

		Discordo Totalmente	Discordo	Concordo	Concordo Totalmente
A	Alimento fornece energia				
B	A energia pode ser vista no microscópio				
C	Sem energia, não se realiza trabalho				
D	Força e energia são as mesmas coisas				
E	Energia elétrica é apenas um tipo de energia, dentre tantos outros				
F	No Brasil, a maior parte da energia vem das hidrelétricas				
G	Parados, nós não consumimos energia				
H	A energia aparece de diversas formas (ou tipos)				
I	A energia pode ser gerada				
J	A energia pode ser transformada de um tipo em outro				
K	Qualquer coisa em movimento tem energia				
L	Um carrinho de mão não precisa de energia para andar				
M	A Petrobras é uma empresa do setor energético				
N	O Sol fornece a maior parte da energia que usamos na Terra				
O	O Governo pode influenciar no tipo de energia que a população irá usar				
P	Os meios de transporte usam combustível, por isso, não precisam de energia.				
Q	As condições climáticas e geográficas de um local influenciam no tipo de usina mais ideal para cada caso.				

2. Quais tipos de energia você conhece?

3. Se não houvesse energia, o que **não** seria possível fazer no seu dia a dia?

4. Marque, conforme sua visão, qual a **importância** do conhecimento sobre energia em cada item abaixo:

	Nenhuma	Pouca	Relevante	Alta
No projeto de viagem a Marte				
No dia-a-dia de uma pessoa comum				
Para o diretor de uma grande indústria				
No projeto de um carro				
Nas decisões dos políticos				

5. Entre as usinas relacionadas abaixo, dê notas de **0 a 10** em relação aos **impactos ambientais** de cada uma. Neste caso, 0 indica impacto nulo, e 10 indica impacto máximo. Caso você não conheça a usina relacionada, marque-a com um **N** (Não conheço).

Geotérmica () Termoelétrica () Eólica () Termonuclear ()
 Hidroelétrica () Solar () Ondas/Marés()

6. Dentre os elementos abaixo, marque um **X** para indicar se o elemento listado é uma fonte energética **renovável** ou **não-renovável**. Caso não seja uma fonte energética, marque a opção 'Não é fonte'.

	Fonte Renovável	Fonte Não-renovável	Não é fonte
Petróleo			
Alumínio			
Madeira			
Vento			
Material radioativo			
Minério de ferro			
Fezes de gado			
Lixo orgânico (como resto de comida)			
Areia			

7. Você acha que existe uma usina que seja a **melhor** opção de todas, para qualquer região?

() Sim, a usina _____ é a **melhor** opção, por que _____

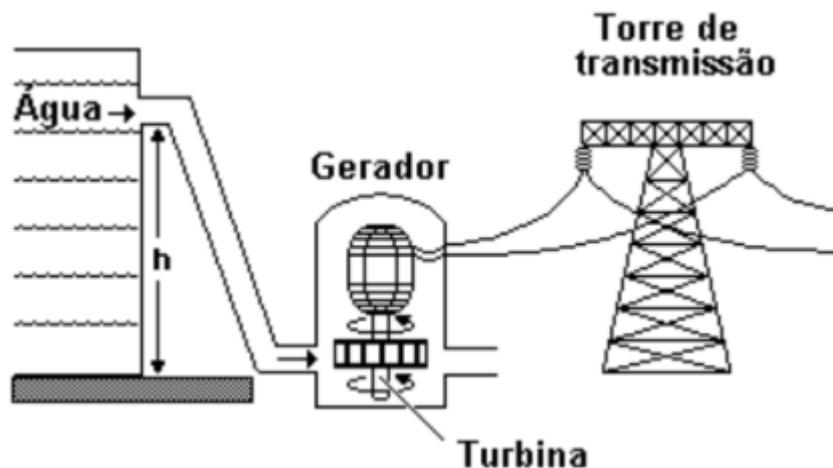
() Não, porque _____

8. Você acha que existe uma usina que seja a **pior** opção de todas, para qualquer região?

() Sim, a usina _____ é a **pior** opção, por que _____

() Não, porque _____

9. (ENEM 1998 Adaptada) Na figura a seguir está esquematizado um tipo de usina Utilizada na geração de eletricidade.



A partir da figura, são feitas algumas afirmativas. Marque-as com **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso):

() O Gerador transforma energia cinética em elétrica;

() A torre de transmissão transforma energia cinética do gerador em energia elétrica;

() A energia potencial gravitacional da água é transformada em energia cinética pelo Gerador;

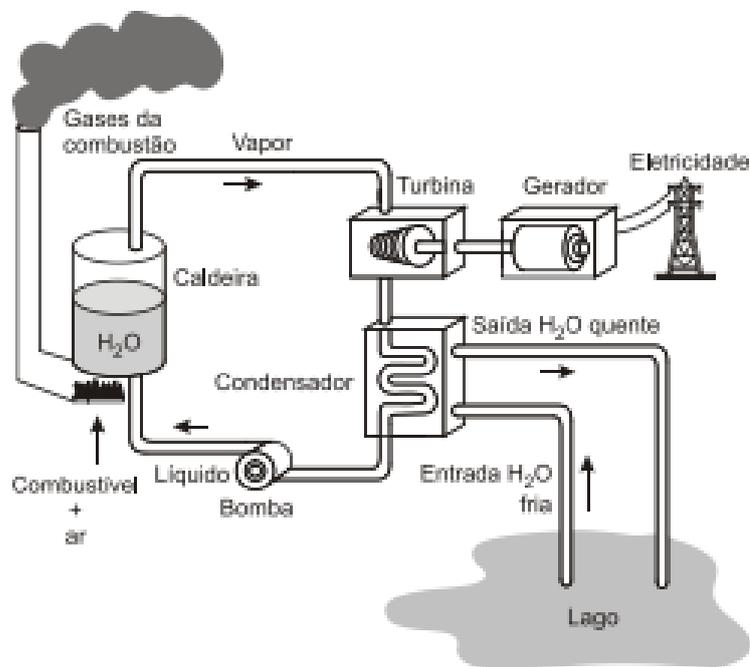
() Essa é uma usina termelétrica, porque no movimento das turbinas ocorre aquecimento;

() Essa é uma usina eólica, porque a turbina é movida pelo movimento da água;

() Essa é uma usina hidrelétrica, porque a usina faz uso da energia potencial gravitacional da água;

() Essa é uma usina hidrelétrica, porque a água corrente baixa a temperatura da turbina.

10. (Enem 2009 Adaptada) O esquema mostra um diagrama de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.



HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Para melhorar a eficiência energética dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, são apresentadas as soluções abaixo. Para cada opção marque com um **S** (Sim) a opção que trará melhoria na eficiência, e marque com um **N** (Não) a opção que não trará melhora para a eficiência. Em cada caso, justifique sua escolha. Na última linha, faça uma sugestão, caso tenha alguma idéia:

() Reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.

() Envolver os dutos com materiais isolantes térmicos, para não perder calor para o ambiente.

() Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.

() Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.

Minha Sugestão: _____

APÊNDICE B – PÓS-TESTE

Nome: _____ Turma: _____

1. Marque com um **X** a opção que melhor representa sua opinião sobre as afirmações abaixo:

		Discordo Totalmente	Discordo	Concordo	Concordo Totalmente
A	Alimento fornece energia				
B	A energia pode ser vista no microscópio				
C	Sem energia, não se realiza trabalho				
D	Força e energia são as mesmas coisas				
E	Energia elétrica é apenas um tipo de energia, dentre tantos outros				
F	No Brasil, a maior parte da energia vem das hidrelétricas				
G	Parados, nós não consumimos energia				
H	A energia aparece de diversas formas (ou tipos)				
I	A energia pode ser gerada				
J	A energia pode ser transformada de um tipo em outro				
K	Qualquer coisa em movimento tem energia				
L	Um carrinho de mão não precisa de energia para andar				
M	A Petrobras é uma empresa do setor energético				
N	O Sol fornece a maior parte da energia que usamos na Terra				
O	O Governo pode influenciar no tipo de energia que a população irá usar				
P	Os meios de transporte usam combustível, por isso, não precisam de energia.				
Q	As condições climáticas e geográficas de um local influenciam no tipo de usina mais ideal para cada caso.				

2. Quais tipos de energia você conhece?

3. Se não houvesse energia, o que **não** seria possível fazer no seu dia a dia?

4. Marque, conforme sua visão, qual a **importância** do conhecimento sobre energia em cada item abaixo:

	Nenhuma	Pouca	Relevante	Alta
No projeto de viagem a Marte				
No dia-a-dia de uma pessoa comum				
Para o diretor de uma grande indústria				
No projeto de um carro				
Nas decisões dos políticos				

5. Entre as usinas relacionadas abaixo, dê notas de **0 a 10** em relação aos **impactos ambientais** de cada uma. Neste caso, 0 indica impacto nulo, e 10 indica impacto máximo. Caso você não conheça a usina relacionada, marque-a com um **N** (Não conheço).

Geotérmica () Termoelétrica () Eólica () Termonuclear ()
 Hidroelétrica () Solar () Ondas/Marés()

6. Dentre os elementos abaixo, marque um **X** para indicar se o elemento listado é uma fonte energética **renovável** ou **não-renovável**. Caso não seja uma fonte energética, marque a opção 'Não é fonte'.

	Fonte Renovável	Fonte Não-renovável	Não é fonte
Petróleo			
Alumínio			
Madeira			
Vento			
Material radioativo			
Minério de ferro			
Fezes de gado			
Lixo orgânico (como resto de comida)			
Areia			

7. Você acha que existe uma usina que seja a **melhor** opção de todas, para qualquer região?

() Sim, a usina _____ é a **melhor** opção, por que _____

() Não, porque _____

8. Você acha que existe uma usina que seja a **pior** opção de todas, para qualquer região?

() Sim, a usina _____ é a **pior** opção, por que _____

() Não, porque _____

9. As figura abaixo mostram o uso de **energia total** no Brasil por cada **setor** e por cada **fonte**.



Com base na análise dos dois gráficos, são feitas algumas afirmações. Marque-as com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso):

- A () As indústrias usam, em sua maioria, energia elétrica, por isso ela é a mais usada no Brasil;
- B () Os transportes usam, em sua maioria, energia vinda do petróleo, por isso, o óleo Diesel e Gasolina têm grande participação nas fontes energéticas;
- C () A energia do tipo elétrica é a mais utilizada no Brasil, por causa das hidroelétricas;
- D () As indústrias usam muitas fontes energéticas que precisam passar por processo de queima para se obter energia. Isso justifica o grande consumo de bagaço de cana, lenha, gás natural e derivados de petróleo;
- E () O setor de transporte polui pouco, pois usa, em sua maioria, derivados de petróleo como fonte energética;
- F () Os derivados de petróleo (óleo Diesel, Gasolina, óleo combustível, querosene, GLP) são fontes renováveis, pois o petróleo é formado a partir de um processo natural, da decomposição de matéria orgânica;
- G () Os setores de indústrias de transporte são as que mais consomem energia no país;
- H () Em cada produto que compramos, há gasto de energia, desde a extração da sua matéria-prima, no transporte para indústria, na indústria, e no transporte para nossas casas. Essa energia gasta nos processos citados é, em sua maior parte, do tipo elétrica;

I () O setor de residências usa pequena parcela de energia total. Apesar disso nós podemos economizar energia não só nas nossas casas, mas ao consumir menor produtos, já que é necessário uso de energia para produção deles.

J () No Brasil, a maior parte da energia elétrica vem de hidroelétricas. Já no restante do mundo, é muito comum o uso de carvão e derivados de petróleo como fonte energética.

10. Vitória é uma cidade de pequena extensão territorial, de clima tropical, cercada por rios e pelo mar, que são fonte para consumo, irrigação, pesca e turismo. Como a população aumentou bastante nos últimos anos, o governo decidiu construir mais uma usina de geração de energia elétrica para atender a nova demanda do município. Qual(is) da usina abaixo seria(m) mais indicada(s) para ser implantada na cidade de modo a causar o menor impacto ambiental? Justifique cada escolha.

a) Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.

b) Ondas/Marés, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.

c) Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.

d) Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

APRESENTAÇÃO

Este Material Instrucional (MI) aborda conceitos relacionados a Transformações de Energia e foi desenvolvido observando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), seguindo as recomendações de Ausubel (2003) e as contribuições de Moreira (2011, 2012) para tornar este MI potencialmente significativo. Também Foram seguidas as instruções de Bzuneck (2010) para promover a motivação dos alunos. O MI propõe a utilização de três instrumentos: os *concept tests* (Mazur & Ives, 2013), um experimento e uma maquete que aborda todos os conceitos trabalhados no MI. Os concept tests são utilizados aqui para promoverem a Negociação de Significados.

Esse MI é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), onde sou aluno no Polo da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Em se tratando de um mestrado, algo foi investigado. Neste caso, o que foi colocado em prova é a influência dos elementos propostos por este MI na busca por evidências de ocorrência de Aprendizagem Significativa Foram aplicados Pré e Pós testes em duas turmas. Em uma turma, chamada de Turma Experimental (TE), foram usados todos recursos propostos no MI, em outra turma, chamada de Turma Controle (TC), foi aplicado o MI sem os outros instrumentos. Ambas as turmas pertencem a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Major Alfredo Pedro Rabaioli, localizada na cidade de Vitória, Espírito Santo. Ao final, os resultados de ambas as turmas foram comparados e os resultados mostraram que há indícios que ocorreu a Aprendizagem Significativa para a TE.

Sugestões e críticas serão muito bem-vindas.

Rafael Oliari Muniz
wathonow@gmail.com

OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), um dos objetivos do ensino de Física no Ensino Médio é: “(...) construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.” Neste sentido, entendemos que o estudante deverá estar pronto a entender o mundo, os fenômenos e as tecnologias que o rodeiam mesmo quando perder contato com o estudo da Física.

A proposta deste trabalho é ampliar esse conceito ao aluno, para que possa compreender que energia está em absolutamente tudo que ele faz (e até quando não faz). Que a energia que ele estuda na Física, na Química, Geografia, Biologia, etc, não são diferentes e isoladas umas das outras. É fazer o aluno perceber que precisamos de energia para tudo, que qualquer ser vivo não vive sem energia, a sociedade precisa de energia, o mundo (moderno ou não) não “funciona” sem energia.

Frente a isso, ao final da aplicação deste material, o aluno deverá ser capaz de:

- 1 Compreender que não se “cria”, “gera”, ou “produz” energia;
- 2 Compreender que energia é um assunto interdisciplinar, e que ela é a mesma, seja no estudo da Física, Química, Biologia, Geografia, etc;
- 3 Compreender que a energia pode se manifestar de diversas formas, ou tipos;
- 4 Compreender e identificar vários ciclos de transformações de energia, dando ênfase na importância do Sol nesses ciclos;
- 5 Identificar as principais vantagens e desvantagens das principais usinas de ‘geração’ de energia e fontes energéticas conhecidas na atualidade;
- 6 Compreender o porquê que energia do tipo elétrica, apesar de não ser o único tipo, está inserida em grande parte dos processos de transformações de energia;
- 7 Compreender que o processo de “produção” de energia é um tema que envolve ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente, e política;
- 8 Compreender que economizar energia, de todas as formas, não é questão de economizar dinheiro apenas, mas de sobrevivência;

SEQUÊNCIA DO MATERIAL

Para alcançar os objetivos mostrados acima, e propor a discussão dos assuntos usando o referencial teórico da Aprendizagem Significativa, o MI apresentará a seguinte sequência de exposição do conteúdo, sendo que cada item foi planejado para uma aula de 50 minutos

1. **Pré-teste**, para fazer um levantamento sobre o que os alunos sabem sobre as diversas formas de energia usadas pelo homem;
2. **Definições** e conceitos sobre energia. O conceito será tratado de maneira interdisciplinar, incluindo uma discussão sobre a utilização de energia pelos seres vivos. Trabalharemos aqui apenas com os conceitos **Força, Deslocamento e Trabalho**;
3. Retornaremos aos conceitos de energia de maneira mais profunda. Trabalharemos com alguns **tipos de energia** e serão introduzidos os conceitos de energia **potencial** e **cinética**. Também será tratado aqui o conceito **Conservação de Energia**;
4. Seguiremos abordando **fontes de energia**, dando-lhes a noção e exemplos de **renováveis e não-renováveis**. Apresentaremos também diversos **tipos de usinas** de transformação de energia. Para todos os casos, apresentaremos suas vantagens e desvantagens;

Visita à Maquete, retomando os assuntos abordados até aqui (apenas para a TE);

5. Discutiremos a grande **versatilidade da energia elétrica**, mostrando que a geração deste tipo de energia está em grande parte dos tipos de usinas de transformação. Para isso, utilizaremos um experimento para demonstrar o princípio de funcionamento do gerador elétrico (indução de Faraday). Mostraremos também algumas noções dos aspectos **políticos, econômicos e ambientais** envolvendo questões energética, utilizando gráficos que evidenciam esses fatos;
6. Ao final, aplicação do **Pós-teste**.

Na turma experimental, as aulas 4 e 5 poderão ser todas abordadas junto à visita à maquete, depende do tempo disponível para a visita. Se for reservado todo o horário do turno da escola para a visita, por exemplo, pode-se escolher esta abordagem. Os detalhes são dados no início dessas aulas. A turma controle não terá a visita à maquete.

AULA 2



Desde tempos muito remotos se tem notícia de que o homem busca desvendar os fenômenos que o cercam. A chuva, um raio, o movimento do sol e das estrelas, por que isso cai ou sobe, de onde viemos... são questões que intrigam a mente humana. Queremos saber o porquê e o como das coisas. Na antiguidade, quem se dedicava ao estudo dessas coisas eram geralmente os filósofos, e este estudo era conhecido como filosofia natural, pois trata-se da natureza. Foi-se percebendo que a natureza opera muitas vezes de maneira cíclica, ou seja, os fenômenos tem certa sequência muitas vezes previsível. Há alguns séculos atrás, percebemos que, unindo esse conhecimento à matemática, era possível, a partir da observação da natureza, criar modelos que tentam achar uma explicação para tal sequência - nasce aqui a ciência chamada Física.

O objetivo é, então, criar modelos que melhor nos permitam explicar e entender os fenômenos, para que possamos prever e, sempre que possível, usá-los em nosso benefício, como acontece no domínio que temos dos conhecimentos acerca dos fenômenos térmicos e elétricos, por exemplo. Esses modelos são criados e testados ao longo do tempo, porém, não são imutáveis, de maneira que o entendimento que temos de uma determinada situação pode mudar com o tempo, como acontece nos modelos geocêntrico e heliocêntrico, por exemplo. Podemos dizer, então, que a Física é uma espécie de fruto da curiosidade humana. De maneira que, caso desaparecerem todos os livros, todos os documentos históricos, e todos os estudiosos desta Ciência, a humanidade buscaria novamente entender e criar novos modelos para entender as coisas ao seu redor.

Dentre tantos modelos que criamos para tentar desvendar a Natureza, podemos destacar a nossa singela e importante tentativa de desvendar o fantástico conceito **Energia!** Você sabe o que é energia? Onde encontramos? Ela tem fim? Início? Como ela pode se manifestar? Onde usamos?

Ao longo deste pequeno curso, vamos aprofundar um pouco neste fantástico mundo sobre energia, e chegar à uma melhor compreensão sobre essas questões.

Se você não sabe definir 'energia', ou souber ao certo o que ela é, não se preocupe, você não está sozinho! O conceito de energia é uma invenção humana para tentar entender algo presente em TODOS os processos da Natureza. É algo absolutamente abstrato, por isso, de difícil definição. Tente definir amor, saudade, medo, vida... são palavras tão banais, comuns, mais de difícil definição. É assim que ocorre com a energia. Nós não podemos tocar na energia, não podemos ver, ou dizer: está ali. Mas, uma coisa existe em comum para o entendimento sobre energia: ela está SEMPRE associada a realização de trabalho. De maneira que uma tentativa para expressar esse conceito pode ser

“Energia é a capacidade de realizar trabalho.”

Em outros termos, podemos dizer que:

“Para realizar trabalho é necessário uso de energia”

Não podemos ver a energia. O que nós percebemos, são as formas com que ela se manifesta. Vamos tratar disso na próxima aula.

Vamos fazer agora uma pequena experiência para tentar compreender porque que energia é muitas vezes definida da maneira como descrita acima, ou seja, associada sempre ao conceito de trabalho.

Pegue uma caneta e coloque em cima da sua mesa, em um dos cantos. Agora, empurre-a para o outro canto. A figura abaixo ilustra essa tarefa.

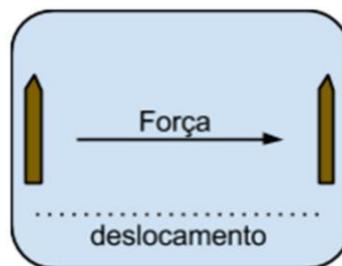


Figura 1. Exemplificando o conceito de Trabalho.

Pronto, você acabou de realizar um **trabalho!** Você acabou de usar energia! Você pode estar se perguntando: como assim, foi usada energia numa coisa tão simples?

Repare que você precisou aplicar uma força na caneta, mesmo que essa força seja pequena, por ela ser leve, mas aplicou. Você também deslocou a caneta. Pois bem, na Física, este é o conceito de Trabalho:

$$\text{Trabalho} = \text{Força} \times \text{Deslocamento} \quad (T = F \times d)$$

E se você realizou trabalho ao empurrar a caneta, é porque você tem energia. E usou um pouco dela para realizar este pequeno trabalho. Por isso da definição que 'energia é a capacidade de realizar trabalho'.

Trabalho, portanto, é um conceito físico. Sua unidade é chamada Joule (J), já força é medida em Newton (N) e deslocamento em metro (m).

Faça novamente o exercício acima, só que, ao invés de empurrar uma caneta, empurre algo com uma massa maior. Empurre a própria mesa, por exemplo. Novamente, você realizou trabalho, pois aplicou uma força sobre a mesa, e essa força foi capaz de deslocá-la. Usou, novamente, energia, porém, um pouco mais do que para empurrar a caneta, concorda?

Agora experimente empurrar uma parede... A não ser que tenha uma força sobre humana ou que a parede não esteja caindo aos pedaços, você não conseguirá deslocá-la nem um milímetro. Seja qual for a força, o deslocamento é zero, então, o trabalho realizado sobre a parede foi zero!



Figura 2. Sem deslocamento, o trabalho é nulo.

Vamos fazer umas continhas bem simples para fixar esses três exemplos.

→ Se você fez uma força de 1 Newton para deslocar a caneta em 0,5 metros, então você realizou um trabalho de

$$T = F \cdot d = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ Joule}$$

→ Se você fez uma força de 50 Newtons para empurrar a mesa e a deslocou no mesmo 0,5 metros, então, realizou um trabalho de:

$$T = F \cdot d = 50 \times 0,5 = 25 \text{ Joules}$$

→ Agora, suponha que você aplicou toda força que tem para tentar empurrar a parede, vamos dizer uns 500 Newtons! Mas, como o deslocamento foi zero, então:

$$T = F \cdot d = 500 \times 0 = 0 \text{ Joule}$$

Como já pôde perceber, quanto maior a força e o deslocamento, maior será o trabalho realizado. Quanto maior o trabalho realizado, maior o uso de energia também. Portanto, empurrar a cadeira cansa mais do que empurrar a caneta. Agora imagine você ficar o dia inteiro aplicando toda força que possui tentando empurrar a parede... Isso te cansaria muitíssimo mais do que empurrar a caneta ou a mesa, e mesmo assim o trabalho seria zero. O fato é que ao final do dia você certamente estaria exausto.

Será então, que no caso da parede, pelo fato de não estar realizando trabalho sobre ela, você não está usando energia?



Vamos usar o *Concept test 1* do Apêndice I

É meio estranho isso, não?! Na verdade, você está usando sim energia. Bem, primeiramente, vamos raciocinar o seguinte: como eu consigo energia? De onde ela vem?

Quando você fica muito tempo sem comer, você se sente meio fraco, meio sem força, certo? Então, é por que você está com pouca energia. E o que você faz neste caso? Come, é claro. Então, já descobrimos, a energia que temos em nosso corpo retiramos dos alimentos.

Agora, será que a energia que está nos alimentos vem de algum lugar? A resposta é sim.

Vamos entrar agora um pouco no mundo do estudo dos seres vivos, você entenderá então a pergunta do quadro acima.

A Fotossíntese e o ciclo de energia na Natureza

A manutenção de qualquer forma de vida depende de transformações moleculares. As plantas armazenam energia liberada em reações químicas produzidas pela absorção de energia solar. Este é o famoso processo chamado de fotossíntese. Essa energia pode posteriormente ser transferida aos animais na forma de alimento.

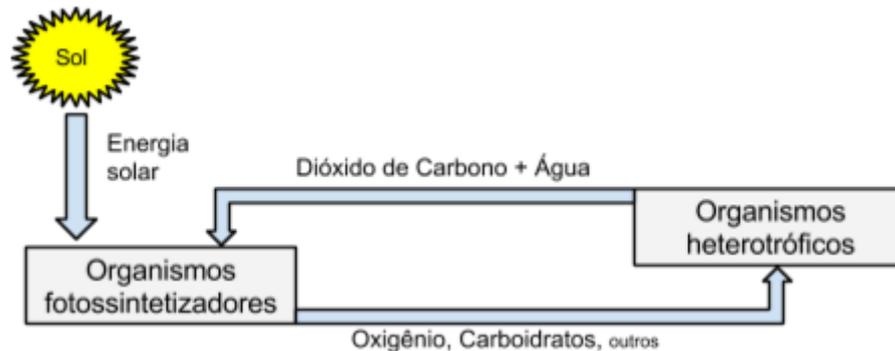


Figura 3. Ciclo de energia e nutrientes na natureza.

Como podemos acompanhar na figura 3, a energia que vem do Sol é absorvida pelas plantas através da fotossíntese. As plantas usam a energia do Sol para realizar reações químicas nas suas moléculas, originando, assim, oxigênio, carboidratos e outros nutrientes. Aqui podemos perceber, também, a perfeição do ciclo da Natureza, pois, esses nutrientes que as plantas geram, são exatamente os que os organismos heterotróficos necessitam para viver.

Todos os animais são consumidores, ou seja, heterotróficos, inclusive, é claro, nós.

A parte mais incrível deste ciclo, é o fato de os seres consumidores e decompositores (ou seja, os heterotróficos), gerarem, entre outros, dióxido de carbono (CO_2) e água. Como pode observar no quadro acima, os seres autotróficos, que fazem a fotossíntese, usam dióxido de carbono + água + energia solar para viver. Fecha-se, assim, este incrível e fascinante ciclo. Repare que, se for retirada a energia solar, o ciclo se rompe. É por isso que o Sol é essencial à vida, pois, sem ele, não haveria plantas ou qualquer ser produtor. Não havendo esses seres, obviamente, nada de animais.

Seres autotróficos são os que podem sintetizar seus compostos celulares (carboidratos, proteínas, lipídios, etc), por isso são chamados de produtores. Ao contrário, os heterotróficos não são capazes de sintetizar, é o caso dos consumidores e decompositores.

O Efeito estufa

Repare que no ciclo acima há produção de dióxido de carbono. Sim, ele é essencial à vida! Mas, não é falado em todos os lugares que a produção desse gás é ruim, polui, causa o efeito estufa...?

Como se pode observar na figura abaixo, o efeito estufa, criado por gases como o CO_2 , é extremamente importante, pois ajudar a manter a Terra em temperatura ideal para manutenção de toda a vida que temos. Bem, agora você pode estar não entendendo nada...

Pois bem, o que ocorre, caro aluno, é que a Natureza, por si, já produz e consome o CO_2 , mantendo um **delicado equilíbrio**. Ou seja, qualquer alteração provoca um desequilíbrio.

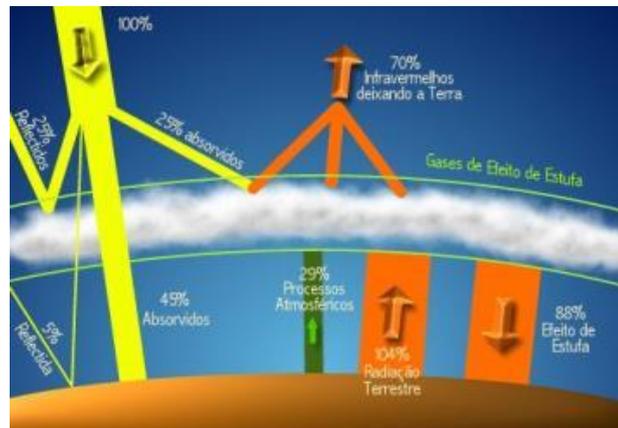


Figura 4. O efeito estufa é essencial à vida na Terra. O que torna-se ruim é seu desequilíbrio.

Ao provocar qualquer processo que gere CO_2 a mais do que a Natureza precisa, o efeito estufa é aumentado. E é aí que está o problema. É por isso que existe uma preocupação em plantar mais árvores e evitar o desmatamento, pois elas são grandes absorvedores desse gás. É uma forma de tentar amenizar a grande produção de CO_2 .



Figura 5. Grandes 'produtores' de CO_2 : queima de combustíveis a base de carbono (como petróleo e seus derivados e carvão mineral); queimada de florestas (que além de liberar o gás na própria fumaça, são seres a menos para absorver o gás na fotossíntese); e flatulências do gado (que é muitas vezes maior que a população humana).

Vamos, agora, voltar ao raciocínio do uso de energia. Ora, agora ficou mais fácil entender: em cada etapa da cadeia alimentar, a energia é usada para realizar trabalho biológico, como a síntese de compostos celulares, o trabalho de contração muscular, transporte de nutrientes, etc. Acho que agora as coisas estão ficando mais claras. Ao empurrar a parede, não estamos realizando trabalho sobre a mesma, mas estamos realizando trabalho interno, no nosso organismo. Para executar uma força, os músculos devem executar movimentos internos.

Na verdade, caro aluno, nós usamos energia no nosso corpo o tempo todo. Sim, mesmo quando estamos parados, ou até dormindo, pois nosso corpo nunca para de realizar trabalho biológico. Afinal, seu coração não para enquanto dorme, mas continua bombeando sangue, ou seja, está realizando trabalho ao aplicar uma força e deslocar o sangue. Seu pulmão também, pois os músculos do diafragma estão aplicando força e deslocando as paredes do

pulmão para inspirar e expirar. O cérebro, também usa energia para realizar as sinapses, pois é necessário movimento dos elétrons, ou seja, há força (neste caso, elétrica) para deslocar os elétrons. Sendo assim, um trabalho é realizado sobre os elétrons, então, é usada energia.

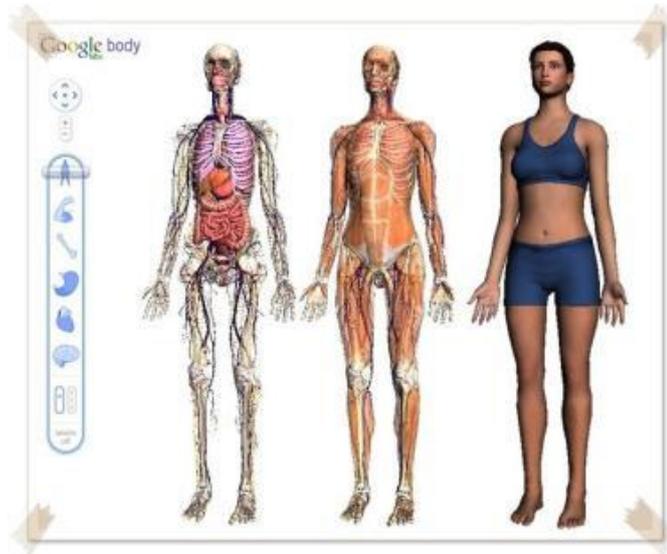


Figura 5. Nosso corpo utiliza energia 100% do tempo. Seja pra bombear sangue, contrair e esticar músculos, nas reações químicas, etc.

Bem, já falamos das unidades para representar trabalho, força e deslocamento. Energia, apesar de ser abstrato, é um conceito mensurável, ou seja, podemos quantificar. A unidade de energia é o Joule (J). Repare que é a mesma usada para quantificar o trabalho. Não vamos tratar isso de maneira profunda, mas, basta ter em mente que energia é a própria capacidade de realizar trabalho que fica fácil aceitar que a unidade de medida seja a mesma. Nas ciências biológicas (biologia, nutrição, etc) é adotada a unidade caloria (cal). A relação entre essas unidades é

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$$

Você provavelmente já deve estar familiarizado com a unidade calorias. Ela está presente em todas embalagens de alimentos que compramos.



Figura 6. Exemplos de tabelas nutricionais.

Na tabela nutricional dos alimentos, sempre há informação sobre a quantidade de energia que este alimento te fornece. Geralmente ela é baseada numa dieta de 2.000 kcal (ou seja, 2.000.000 cal) como referência. Como você já deve ter percebido, todos órgãos do nosso

corpo, ou os órgãos de qualquer ser vivo, usam energia. Vamos listar abaixo o uso de energia de alguns órgãos de nossos corpo.

Órgão	Massa (kg)	Consumo médio de energia (kcal/min)	% da RMB
Fígado e baço	-	0,33	27%
Cérebro	1,4	0,23	19%
Músculos	28	0,22	18%
Rim	0,3	0,13	10%
Coração	0,32	0,08	7%
Restante	-	0,23	19%
Total		1,22	100%

Tabela 1. Consumo médio e taxa de metabolismo de um homem de 95kg.

Onde RMB é definida como a razão entre a taxa de metabolismo basal e a massa do corpo.

Repare que a taxa de metabolismo do cérebro, ou seja, seu uso de energia, é grande. Logo, pensar, também cansa, pois consome energia!

Abaixo, listamos a energia utilizada para a realização de algumas atividades.

Atividade	Energia (kcal/min)
Dormir	1,3
Sentado	2
Andar de vagar	4
Futsal	12
Natação	13
Subir escada	14
Ciclismo	14
Corrida	18

Tabela 2. Energia média 'gasta' em algumas atividades.

Exercícios de fixação

1. Descreva, com suas palavras, uma definição para o conceito energia. Não copie a definição descrita no texto, o mais importante aqui é saber a SUA definição.

2. Por que, ao tentar empurrar a parede, como no exemplo do texto, não houve realização de trabalho sobre a mesma?

3. Ainda sobre a questão anterior. Mesmo não realizando trabalho sobre a parede, houve ou não, gasto de energia? Em caso positivo, onde ela foi utilizada?

4. Suponha que você coma apenas um biscoito recheado, cuja informação nutricional diz que essa porção contém 60 kcal. Quantos minutos você precisará caminhar (andar de vagar) para equilibrar a quantidade de energia em seu corpo? Use a tabela 2.

5. Explique a importância do Sol para a existência da vida na Terra.

AULA 3

Bem, até agora já vimos algumas informações importantes sobre energia: é um conceito abstrato, porém, que se pode quantificar; é necessário energia para se realizar qualquer trabalho; todos processos da natureza, inclusive o nosso corpo, usam energia todo o tempo; a vida precisa de energia solar para existir; entre outros...

Vamos, agora, aprofundar em outro aspecto da energia. Na verdade, o seu aspecto mais fascinante e incrível! Uma das coisas mais fantásticas da Natureza.

Você já deve ter percebido, na leitura que fez até agora, que a energia não é algo fixo, ou seja, ela pode assumir diversos tipos em determinadas etapas de um fenômeno. Como assim? Lembra-se do caso do trabalho realizado para empurrar um objeto.... você usou energia biológica nos processos internos, mas essa energia era química na planta, antes de você comê-la, e era solar, antes de chegar a planta. Parece confuso, mas o que ocorre é o seguinte:

A energia pode se manifestar de diversos tipos.

Ela pode se manifestar da forma:

química, quando associada a processos moleculares, como no nosso corpo;

mecânica, quando associada ao movimento, como uma pedra caindo;

solar, quando associada ao Sol;

elétrica, quando associada a fenômenos elétricos, como numa lâmpada;

térmica, quando associada ao calor, como num motor a combustão;

eólica, quando associada ao vento, como num cata-vento;

luminosa, quando associada à luz, como numa vela;

sonora, quando associada ao som, como num trovão;

gravitacional, quando associada a alguma massa, como na atração gravitacional da Terra;

elástica, quando associada a um elástico (ou mola) esticado ou comprimido;

marés, quando associada ao movimento de marés (da água), como numa onda;

geotérmica, quando associada ao calor da própria Terra, como num vulcão;

nuclear, quando associada às ligações dos átomos, como numa bomba atômica;

e **muitas outras formas**, que vamos tratar a seguir.

Na verdade, caro aluno, não existe uma convenção formal sobre o grupo de formas que a energia pode se manifestar. Até por que, analise bem as próprias formas citadas acima. O Sol fornece luz e calor para a Terra, certo?! Então, a rigor, não deveria existir a forma chamada 'energia solar', pois na verdade, ela fornece luminosa + térmica.

Para ficar mais organizado, costumamos dizer que a energia se manifesta sempre de dois grandes grupos: **energia cinética** e **energia potencial**. E desses grupos serão derivadas todas suas formas que conhecemos.

A **energia cinética** é associada a qualquer coisa que esteja em **movimento**.
A **energia potencial** é associada a um sistema de corpos que **interagem** entre si

Vamos começar a exemplificar para organizar essas novas ideias em sua cabeça. Quando você levanta um objeto e retira as mãos, o objeto cai. Bem, pelo que vemos até agora, sabemos que foi realizado algum trabalho sobre o objeto. Primeiro, o trabalho que você desenvolveu, usando seus músculos, energia química, energia biológica, etc, para realizar uma força e deslocar o objeto. E, depois, um novo trabalho foi realizado sobre o objeto, para levá-lo até o chão novamente. Esse trabalho, no segundo momento, foi realizado devido à energia potencial gravitacional. Esta surge devido à massa da Terra. Isso quer dizer que, qualquer objeto que tenha massa e que esteja suspenso a qualquer altura em relação à Terra, tem uma energia associada a ele, pois ele pode até não estar fazendo nada, parado, mas ele tem potencial de realizar trabalho. E, neste caso, quanto maior a altura do objeto, maior o seu potencial de realizar trabalho, logo, maior é sua energia potencial gravitacional. Essa energia potencial, foi devida a interação entre dois corpos: Terra e o objeto que levantou.

Em outras palavras, todos os tipos de energia são, ou cinética, ou potencial. Se formos analisar todos os tipos de energia, eles sempre se encaixam nesses dois grandes grupos (cinética e potencial). Vamos classificar, por exemplo, alguns dos tipos já citados acima:

química, é potencial, pois as moléculas acumulam energia em suas ligações, e elas tem um potencial para realizar trabalho quando essa ligação é rompida ou efetivada;

elétrica, pode ser potencial, se os elétrons estiverem ‘parados’, como na eletrostática (onde as cargas podem ser atraídas ou repelidas entre si, dependendo do sinal), e pode ser cinética, quando os elétrons em movimento, como numa corrente elétrica (neste caso também tem a potencial, pois as cargas continuam interagindo entre si!);

térmica, é cinética, pois a temperatura de um corpo é devido justamente à agitação de suas moléculas;

eólica, é cinética, pois é o movimento do vento;

sonora, é cinética, pois o som se propaga movimentando o meio em que se encontra, como o ar, por exemplo. De fato, o ar não é deslocado no espaço, mas sofre oscilações;

nuclear, é potencial, pois é devido as ligações atômicas, que ao serem rompidas, realizam trabalho;

mecânica, na física, a energia mecânica é a soma das energia cinética mais potencial.

De maneira que, você pode se deparar, numa notícia de jornal, por exemplo, falando de um tipo de energia que você não conhece. Com certeza, ela se encaixa na categoria potencial ou cinética. Mais dois exemplos, pra fechar este raciocínio:

energia termonuclear: nada mais é que energia potencial armazenada pela ligação entre os elementos atômicos, que, ao se romper a ligação, libera energia térmica. Na verdade, também libera energia sonora e luminosa;

energia hidroelétrica: também, nada mais é do que energia potencial gravitacional da água que ao cair, ganha energia cinética e, ao passar por um gerador, a transforma em energia

elétrica, que é o movimento dos elétrons (ou seja, cinética, pois está associada ao movimento dos elétrons).

O mais importante é entender que,

onde exista **movimento** ou **interação** entre corpos, há energia.

E, quando dizemos que todos os processos da Natureza ou desenvolvidos pelo homem envolvem energia, não é exagero. Observe:

Um avião voando: tem energia elétrica dos seus equipamentos, energia mecânica do seu movimento, energia química do seu combustível, energia térmica do seu motor, etc;

Um leão em caça: tem energia cinética pois está correndo, energia química no seu organismo, energia sonora, energia térmica, etc;

Um pedaço de madeira: recebeu energia solar (térmica e luminosa), e tem energia potencial armazenada em forma de energia química;

Um pedaço de plástico: como é derivado do petróleo, que foi formado pela decomposição de matéria orgânica, como a madeira citada, tem, também, energia potencial química armazenada. O mesmo raciocínio é válido para qualquer coisa que tenha origem orgânica, ou seja, que participou da fotossíntese, como qualquer alimento ou qualquer coisa que se plante!



Figura 7. Qualquer coisa de origem orgânica que se pode queimar, pode-se extrair energia térmica a partir de sua energia potencial química armazenada: madeira, alimento, plástico ou qualquer derivado do petróleo.

É por isso que podemos dizer sobre alguma coisa: ela anda?! Tem energia! Não anda, mas é de origem orgânica?! Tem energia potencial armazenada!

Esses foram apenas alguns exemplos para demonstrar que a energia se manifesta de diversas formas nos processos da natureza, podendo assumir formas diversas, como as citadas na lista acima. Mas o mais importante, o tal aspecto fascinante citado no início do capítulo, é que:

A energia transforma-se sempre de uma forma em outra,
nunca se perdendo, e nunca se criando

Isso é o que chamamos de **Princípio de conservação da energia**. Isso se resume no seguinte: a energia total de um sistema é a mesma, antes e depois de sofrer algum processo de transformação.

Se nessa transformação, uma parcela dela se transformar para algo que não é útil para nós, é outra história, mas ela sempre se transforma. Não há como criar energia. Uma lâmpada,

por exemplo, foi feita para iluminar, mas também aquece. Essa energia térmica em geral não é útil para as lâmpadas, mas é um processo natural para o funcionamento dela.



Vamos realizar mais um *Concept test* (Teste 2 do Apêndice I)

Vamos agora analisar duas situações bem distintas para entender esse princípio de conservação.

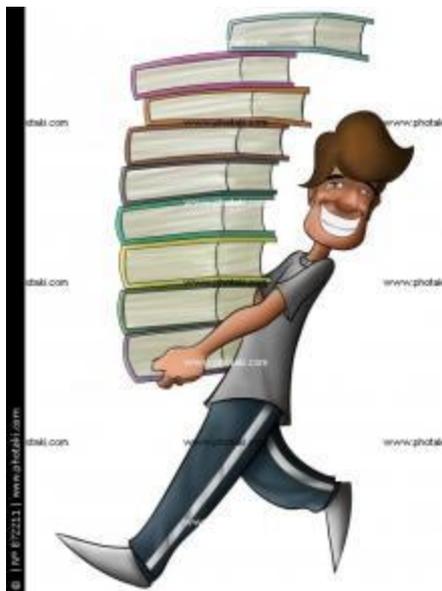


Figura 8. Imagine você carregando esta pilha de livros.

O Sol forneceu energia térmica e luminosa para a Terra → Uma planta recebeu essa energia e a usou para realizar reações moleculares e armazenou na forma de energia química nos nutrientes → você comeu esta planta e usou essa energia para realizar processos biológicos em seu corpo (assim como a planta), bem como em energia mecânica, para empurrar os livros. Repare que todos livros tem um potencial para realizar trabalho também. É só olhar para o último livro, e ver que está prestes a cair.

Agora, vamos imaginar que este livro caia. Ele vai transformar energia potencial gravitacional em energia cinética ao ganhar movimento, até chegar ao solo. Chegando ao solo ele fará barulho, ou seja, a energia será transformada em energia sonora.

Se, no lugar de um livro, caísse um fósforo, por exemplo, e ele acendesse ao atritar com o solo. Neste caso, sua energia potencial, que tinha quando estava no alto, que se transformou em cinética ao ganhar velocidade. Ao cair no chão, no atritar e acender, entrará em combustão, então, a energia potencial química dos elementos químicos presentes na cabeça do fósforo se transformará agora em térmica e luminosa.



Figura 9. Vamos seguir o mesmo raciocínio do exemplo acima: o Sol fornece energia térmica para a Terra → a água presente na superfície recebe esta energia e evapora, criando as nuvens suspensas no ar → o ar também recebe essa energia e se aquece, mais em alguns lugares que outros, dando origem ao vento (devido à diferença de temperatura e densidade do ar, provocada pelo aquecimento irregular) → o vento provoca o atrito entre as nuvens, eletrizando-as → quando a eletrização é intensa o suficiente, a nuvem descarrega sua energia elétrica → se podemos ouvir, tem energia sonora → se podemos ver, tem energia luminosa.

A energia nos processos citados, ou em qualquer outro, não se transforma totalmente de um tipo para outro. Iremos trabalhar com esse aspecto em outras aulas.

Você pode estar se perguntando: será que toda energia que usamos na Terra vem do Sol? Toda, não, mas praticamente toda.

O Sol

Figura 10. *Praticamente toda energia usada na Terra é proveniente do Sol. Ao contrário do que muitos pensam, o Sol não é uma grande bola de fogo, mas uma grande bola de **plasma***, um estado físico da matéria, parecido com o estado gasoso.*

A grande pergunta agora é: de onde vem, então, a energia do Sol? Bem, essa é uma questão bem complexa. Mas, lembre-se que já dissemos que todo tipo de energia esta disponível na forma potencial ou cinética?! Pois bem, acontece que, a pressão no núcleo do Sol é tão grande, devido a sua massa, que é capaz de fundir (juntar!) átomos de hidrogênio, dando origem a átomos de hélio. A relação é sempre dois átomos de hidrogênio para formação de um de hélio. Nessa reação, chamada de fusão termonuclear, é liberada uma quantidade enorme de energia. Então, tudo começa com energia potencial armazenada devido às ligações nucleares. Pode-se dizer, então, que o combustível do Sol é o hidrogênio. E quando todo o hidrogênio for transformado em hélio, acaba o combustível do Sol e ele se apaga? Sim! Inclusive já existem cálculos prevendo essa fase do Sol. Mas não se preocupe, vai demorar bastante tempo.... alguns bilhões de anos...

* Plasma é um estado da matéria, assim como o sólido, líquido e gasoso. O plasma se assemelha ao estado gasoso pelo fato de suas moléculas estarem bem dispersas, porém, a diferença é que ele possui cargas elétricas livres.

Exercício resolvido

1. Numa montanha russa, os carrinhos são suspensos até sua parte mais alta através de trilhos que são ligados a um motor elétrico. Supomos que o motor forneceu 1.000 J de energia potencial gravitacional para os carrinhos chegarem no topo do trilho.

a) Suponha que, ao descer, o carrinho transforma sua energia gravitacional em cinética (pois ganhará velocidade) + sonora (pois faz barulho devido ao atrito) + térmica (pois esquentam os trilhos, também devido ao atrito). Se, num ponto mais baixo do trilho, ele estiver transformado 60 J em energia sonora e mais 40 J em energia térmica, qual energia cinética ele terá neste ponto?

b) Se toda a energia gravitacional fosse transformada em cinética, ou seja, não havendo dissipação térmica nem sonora (ou seja, desprezando o atrito), quanto de energia cinética ele teria no ponto mais baixo do trilho. E no ponto de meia altura?

Resolução

a) Como a energia total sempre se transforma, a energia deve ser igual antes e depois de qualquer transformação. Neste caso

$$\begin{aligned}\text{Energia antes} &= \text{Energia depois} \\ \text{potencial} &= \text{cinética} + \text{sonora} + \text{térmica} \\ 1.000 &= \text{cinética} + 60 + 40 \\ \text{cinética} &= 1.000 - 60 - 40 \\ \text{cinética} &= 900\text{J}\end{aligned}$$

b) Caso não houvesse dissipação, não haveria transformação da parcela de energia sonora e térmica. Neste caso, no ponto mais baixo, não há energia potencial gravitacional, então, quer dizer que toda energia seria transformada em cinética. Ou seja, no ponto mais baixo, teríamos 1.000 J de energia cinética.

Já no ponto de meia altura, teríamos 500 J de cada tipo de energia, metade cinética e a outra metade potencial gravitacional.

Repare que, a energia total sempre se mantém com o valor original, não importa o instante em que é analisada.



A energia em cada ponto analisado é igual a energia inicial. Acontece que, em cada ponto, ela se manifesta em diferentes tipos. Essa é a conservação de energia.

Exercícios de fixação

1. Indique os tipos de energia envolvidos nos casos abaixo e onde ocorre cada um deles.

- um carro em movimento
- um smartphone (ou *tablet*)
- uma lâmpada
- um espirro
- um maremoto
- uma fruta, que cai da árvore

2. Você pretende acender uma fogueira e tem alguns pedaços de madeira, uma barra de alumínio, um pouco de lã, óleo de girassol (de cozinha), e uma chapa de ferro. Qual(is) elemento(s) você utilizaria para colocar fogo e manter a fogueira acesa e por que?

AULA 4

Professor: Caso vá aplicar esta aula durante a visita, poderá apontar na maquete cada item citado. Todas as fontes e usinas citadas aqui estão presentes na maquete. Deverá levar também as figuras e as partes mais importantes do texto. Se possível, peça aos alunos que leiam o conteúdo desta aula antes da visita.

Você já sabe que energia não se cria, não se perde, mas se transforma. Sabe também que a energia se manifesta de diversos tipos e transforma-se sempre de uma forma para outra. Já aprendeu também que energia está em todos os processos da Natureza. Também já sabe que há processos que o homem desenvolveu para se aproveitar dessas transformações.

Vamos agora conhecer e analisar diversas maneiras que o homem já desenvolveu para aproveitar a energia disponível na Natureza. Essa energia, como já vimos também, ou está armazenada na forma de alguma energia potencial, ou está por aí, 'correndo solta' em forma de energia cinética, movimentando alguma coisa. O que vamos ver agora são as **fontes de energia**, ou, **matrizes energéticas**. Repare que o nome 'fonte' é um erro conceitual, pois, seja o que for, a energia não nasce ali, como já vimos nas aulas passadas, mas é um termo utilizado e aceito.

Antes de detalharmos algumas fontes, temos que ter em mente que todas elas se organizam em dois grandes grupos: fontes renováveis e fontes não-renováveis.

A renovabilidade de uma fonte é medida em relação à escala temporal do ser humano. Assim, uma fonte será considerada **renovável** se ela puder ser reabastecida, ou se desenvolver, ou simplesmente existir dentro de um intervalo de tempo significativo para as pessoas.

Uma fonte é **não-renovável** se sua formação for tão lenta ou sua existência curta a ponto de se tornar esgotável num intervalo de tempo comparável à existência humana.

Vamos listar então algumas das fontes mais conhecidas. Logo após, iremos listar e aprender um pouco sobre o funcionamento de algumas usinas de transformação onde as fontes são usadas.

É muito importante ressaltar que, na maioria da literatura, é feita uma confusão entre fonte energética e usina de transformação de energia. Isso se dá pelo fato de muitas vezes chamarmos a usina pelo próprio nome da fonte, como é o caso da eólica, por exemplo. Eólica é um tipo de energia, também, pode ser considerada um fonte, agora, uma usina eólica, é que aproveita-se desse tipo de energia, para transformar em energia elétrica.

Outro caso muito comum é quando se fala em fonte hidroelétrica. Hidroelétrica é o nome da usina, que usa energia potencial da água para, através de um gerador, transformar em energia elétrica.



Durante a exposição das fontes e usinas usaremos Concept test 3, do Apêndice I

Fontes renováveis

Biomassa

Qualquer organismo que tenha energia potencial na forma de energia biológica (orgânica). Os exemplos são praticamente intermináveis, depende da criatividade e tecnologias disponíveis: pode ser alimento (ou restos dele), árvore (madeira), dejetos de animais, qualquer produto de plantação (soja, cana-de-açúcar, etc), descartes agrícolas, enfim, qualquer coisa que dê para **queimar ou extrair gases** (pode ser até flatulências de gado). Já trabalhamos com esse assunto na Aula 3, quando falamos a respeito da queima de matéria orgânica.

Onde é usado → Usina Biodigestora; usina Termoelétrica; etc.

Vantagens → Enorme diversificação de uso, inclusive o reaproveitamento de materiais muitas vezes de descarte.

Desvantagens → Exige altos investimentos; tem baixa eficiência energética; pode ocupar espaços destinados a agricultura e agropecuária. A madeira também é considerada biomassa, porém, cortar uma árvore apenas para queimar sua madeira, apesar de ser mais barato, pode-se considerar um desperdício, tendo em vista tantas outras possibilidades.

Renovável → porque depende de processos naturais, como a fotossíntese, que converte energia vinda do sol às árvores, e plantas, por exemplo, que alimentam os animais.



Figura 11. Os exemplos de biomassa podem ser inumeráveis: plantação; madeira; flatulências dejetos e estrume de animais; descartes agrícolas; alimentos e restos dele; chorume, criado pelos gases de lixo.

Água armazenada ou em movimento

É muito comum, especialmente no Brasil, uso de água armazenada em grandes quantidades para aproveitar-se de sua energia potencial gravitacional. A energia potencial é então transformada em energia cinética, ao dar vazão à água armazenada. Ou então, pode-se usar a própria energia cinética da água em movimento, sem necessidade de armazenar, como num rio, por exemplo. Pode-se usar também o movimento da água no mar, como o sobe e desce provocado pela passagem de uma onda e o sobe e desce do nível da água do mar.

Onde é usado → Hidroelétrica, roda d'água, etc

Vantagens → Não emite gases de Efeito Estufa, como a queima, por exemplo.

Desvantagens → A princípio, não interfere no efeito estufa, Mas as represas criadas para armazenar água são enormes, tendo que desviar cursos de rios, e alagar uma grande área, retirando (ou alagando) tudo o que tinha, sejam árvores, animais ou até pessoas; o uso de rodas d'água não seriam suficientes para dar conta das necessidades energéticas das grandes cidades; só é possível ser usada onde tem água, e há locais que isso é raro!

Renovável → pois o a água trabalha em ciclos. Recebe energia do sol, evapora, condensa em forma de nuvens, e cai novamente, em forma de chuva, nas montanhas. Nas partes altas, a água tem grande energia potencial gravitacional e, a medida que vai fluindo pelos rios, vai ganhando energia cinética, até chegar ao ponto mais baixo, o mar.



Figura 12. Usinas que usam energia potencial ou cinética da água são consideradas como renováveis pelo fato da água ter um ciclo natural. Repare que, mais uma vez, o Sol é fundamental no processo. Você consegue imaginar uma maneira de aproveitar a energia potencial e cinética da chuva?



Figura 13. A energia potencial gravitacional ao armazenar água em grande volume é convertida em energia cinética, ao dar vazão; sendo usada sua energia cinética numa roda d'água; o movimento das marés e também de ondas tem energia cinética.

Eólica

É energia cinética devido ao ar em movimento: o vento.

Assim como já relatado brevemente na Aula 3 no exemplo do raio, sabemos que o vento se forma devido á esta sequência de fenômenos naturais: o Sol (olha ele mais uma vez...) fornece energia térmica para a Terra, aquecendo-a. Acontece que o ar que está na atmosfera não se aquece de maneira uniforme, acarretando a existência de massas de ar mais quentes e outras mais frias. Essa diferença de temperatura causa uma diferença de densidade do ar, criando correntes de convecção, ou seja, fazendo com que o ar mais quente se desloque para cima, e o ar mais frio se desloca para o 'espaço' antes ocupado pelo ar que subiu. Esse deslocamento do ar, chamamos de vento.

Onde é usado → Usinas Eólicas, Moinhos, Cata-vento

Vantagens → Não produz gases de efeito estufa e em geral não ocupam áreas que podem ser destinadas a agricultura.

Desvantagens → Exige altos investimentos financeiros para a produção das usina eólicas. Muitas vezes as usinas têm que ser instaladas em locais longe do local de consumo, gerando muitas perdas na transmissão da energia. A grande quantidade de turbinas que são geralmente necessárias para a instalação, gera poluição sonora e visual. As pás das turbinas podem interferir no curso de alguns pássaros, durante sua imigração.

Renovável → Pois o não se consome o ar para aproveitar sua energia, além disso o vento é fruto de um processo natural.



Figura 14. Usinas eólicas aproveitando a energia cinética do vento em regiões onde costuma ventar bastante: no mar (ou próximo a ele) e em locais desérticos. Repare que a quantidade de turbinas é grande, pois a potência de cada uma é baixa. Mais uma vez, vemos a importância do Sol na geração dos ventos.



Figura 15. Moinho e cata-vento também podem utilizar a energia eólica, mas, assim como o caso da roda d'água, são úteis para consumo próprio, ou as vezes até para uma coisa apenas e específica, como o caso do brinquedo (direita).

Solar

Como você já praticamente cansou de ver, o Sol fornece praticamente toda a energia que temos disponível na Terra, sendo ele indispensável para a manutenção da vida no nosso planeta. Acontece que, em geral, usamos a energia do Sol de maneira indireta, ou, muito indireta. Aliás, tão indireta que muitas vezes nem paramos para pensar que esse ou aquele tipo de energia que usamos pode ter seu ciclo iniciado no Sol.

Já falamos bastante que os processos naturais praticamente todos usam energia solar, principalmente quando se fala de organismos vivos, matéria orgânica. Agora, para mover nossas diversas máquinas modernas, existem algumas formas de usar a energia do Sol que usam alguns dispositivos para isso.

Onde é usado → Células fotovoltaicas; Usinas solares (usando as células fotovoltaicas); Usinas termoelétricas (usando espelhos para direcionar os raios solares).

Vantagens → É abundante; não libera gases de efeito estufa no seu aproveitamento, etc

Desvantagens → Possuem, em geral, baixa eficiência energética; para maior proveito, precisam ser instaladas em locais com alta incidência solar; a noite, é claro, não funciona, sendo necessário uso de baterias; muitas vezes são usadas as células fotovoltaicas em lugares desérticos, acumulando muita poeira nas mesmas, sendo necessário usar bastante água para sua limpeza periódica; etc

Renovável → Pois o Sol estará sempre lá (pelo menos usando a definição de 'renovável', como no início desta aula), não gastamos ele ao usar sua energia.



Figura 16. Espelhos direcionam raios solares para uma torre, onde há água, que é aquecida pela energia térmica; um Boile, onde a água passa por canos pintados de preto (que absorvem mais luz), absorvendo assim energia térmica do Sol e armazenada num recipiente isolado termicamente; células fotovoltaicas, que captam energia luminosa do Sol, transformando-as diretamente em energia elétrica.

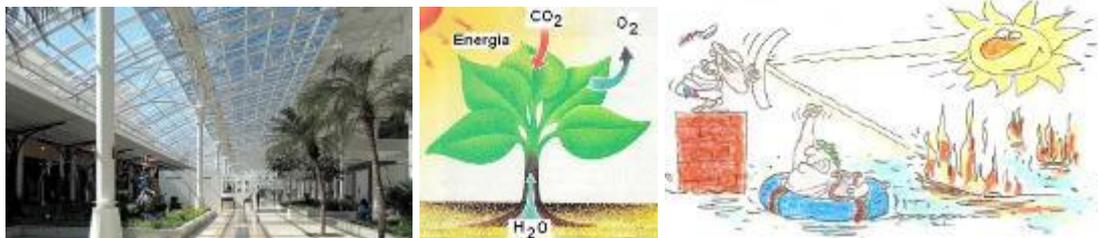


Figura 17. Nos projetos arquitetônicos, é dada muita importância ao uso da iluminação natural, usando vidros em suas fachadas ou teto, economizando uso de energia elétrica nas lâmpadas; a fotossíntese, como já mencionada; conta-se que Arquimedes usou espelhos côncavos para direcionar raios luminosos e queimar embarcações.

Geotérmica

Energia térmica gerada pela atividade do núcleo da Terra. Esta energia é liberada através de gêiseres, que são buracos onde é ejetado vapor de água que entra em contato com o magma e também por vulcões. O movimento das placas tectônicas também se dá por esta atividade do núcleo terrestre. Daí já se pode imaginar o poder energético desta atividade. Esta atividade é responsável, ainda, pela geração do campo magnético terrestre, aquele que medimos com a bússola e é utilizado por muitos animais como orientação geográfica para sua migração, por exemplo. Este campo magnético também é responsável por criar uma espécie de escudo contra partículas carregadas eletricamente, provenientes de tempestades solares ou outros raios cósmicos que, se atingissem a Terra, causariam estragos incontáveis, especialmente no mundo moderno, repleto de aparelhos eletro-eletrônicos, que seriam os mais afetados.

Onde é usado → Usinas Geotérmicas; etc

Vantagens → É abundante; não libera gases de efeito estufa no seu aproveitamento, etc

Desvantagens → São disponíveis em áreas com vulcões ativos, ou seja, há risco de perda da usina, e muitas vezes, longe das cidades, havendo muita perda nas linhas de distribuição; etc

Renovável → Pois a energia vem de atividade natural da Terra, e seu aproveitamento, além de não interferir, não a consome.

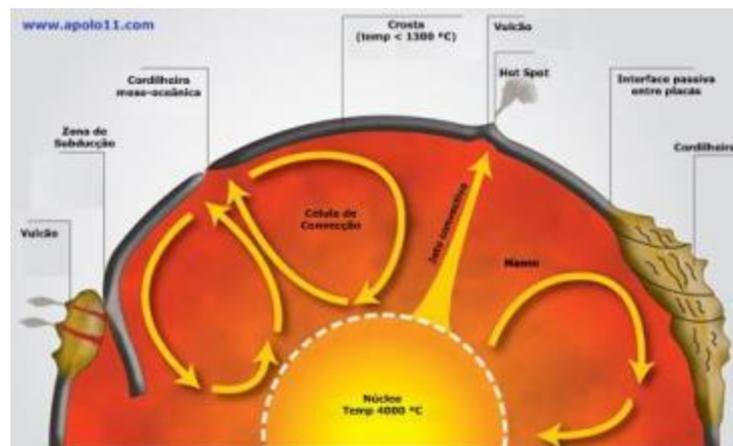


Figura 18. A energia térmica proveniente do interior da Terra, chamamos de Geotérmica.



Figura 19. Vulcões liberam uma quantidade enorme de energia geotérmica; Gêiser, que recebe energia térmica do sub-solo, até fazer evaporar a água, com pressão; alguns lagos são quentes de maneira natural, por receberem energia geotérmica suficiente para isso (como é comum na cidade de Caldas Novas - GO)

Fontes não-renováveis

Petróleo e derivados

O petróleo é originado pela decomposição de matéria orgânica (por isso, também é dependente do Sol), depositada nas camadas profundas do solo. Pode ser encontrado tanto no subsolo seco, quanto no subsolo abaixo do mar. É um óleo bem viscoso, que, ao passar por processos químicos nas refinarias pode dar origem a vários derivados.

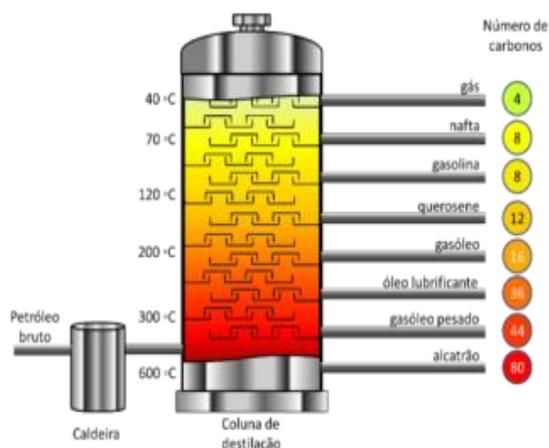


Figura 26. A lista de derivados do petróleo é enorme: além dos listados na figura, podemos destacar: Diesel, plástico, borracha sintética, piche para asfalto, ceras, etc. A quantidade de carbono presente na estrutura de cada derivado causará maior formação de CO₂ durante sua queima, ou seja, é mais poluente e interfere mais nos gases de efeito estufa. Quanto maior a quantidade de hidrogênio, maior o poder energético do derivado.

Devido a sua grande versatilidade, o petróleo é algo de extremo valor para indústrias e o Estado, sendo, assim, motivo de muitos conflitos entre nações.

Onde é usado → Usinas termoelétricas, motores a combustão (usam seus derivados); etc

Vantagens → Grande versatilidade; alta eficiência energética; grande domínio de tecnologias para sua exploração (claro que isso se dá ao valor a ele atribuído); etc

Desvantagens → Como seu uso é sempre ligado à queima (ou combustão), sempre há liberação de gases que interferem no efeito estufa (como o CO₂); por ser um óleo muito viscoso, sua extração é muito difícil, sendo necessária perfuração e colocação de dutos que, além do petróleo, sempre extraem coisas indesejadas, como pedras e outras sujeiras; durante seu transporte, principalmente pelo mar, quando há vazamentos, causam enormes danos à Natureza; expectativa de esgotamento nas próximas décadas; por ser inflamável, exige cuidados no transporte; etc.

Não-renovável → Apesar de ser formado por processos naturais, sua formação leva milhares de anos.



Figura 20. Extração de petróleo na terra; plataforma de extração e refino no mar; vazamentos causam grandes impactos ambientais (cada litro de óleo contamina cerca de 20.000 litros de água).

Gás natural

Sua formação é semelhante a do petróleo: origina-se da decomposição de matéria orgânica (olha o Sol de novo...). Geralmente é encontrado em reservas junto ao petróleo, mas isso não é uma regra.

Onde é usado → Usinas termoeletricas; motores a combustão; caldeiras; pouco comum em residências, o gás é altamente usado em indústrias; etc.

Vantagens → Emite menos poluentes que o petróleo; pode ser usada na forma líquida ou gasosa; grande quantidade de reservas; etc.

Desvantagens → Sua queima também libera gases que interferem no efeito estufa (como o CO_2); gera também monóxido de carbono (CO), que além de interferir no efeito estufa é altamente tóxico; por ser gás, oferece risco de explosão; para ser transportado, são construídos gasodutos enormes (milhares de quilômetros, que atravessam países, muitas vezes), ou navios especiais, mas ambos requerem altos investimentos; por ser inflamável, exige cuidados no transporte; etc.

Não-renovável → idem do petróleo



Figura 21. Muitas vezes o gás é encontrado próximo ao petróleo; reservatório de gás natural da Petrobras.



Figura 22. O gasoduto (como se fossem as linhas de transmissão, no caso de energia elétrica) são grandes e custosos, por terem que atravessar muitas vezes, milhares de quilômetros; uma indústria recebendo o gasoduto.

Carvão Mineral

É uma rocha sedimentar de origem fóssil (assim como o petróleo e o gás natural). É encontrado em jazidas localizadas no subsolo terrestre e extraído pelo sistema de mineração. Seu uso em larga escala como fonte de energia se deu durante a Revolução Industrial (sec. XVIII), devido á enorme demanda de combustível para as máquinas térmicas, que foram aperfeiçoadas por ninguém menos que James Watts, sim o próprio Watts, da medida de potência.

É, ainda, a principal fonte de energia para a produção de energia elétrica do planeta, sendo responsável por cerca de 40%. Repare que esses 40% é para geração de energia elétrica, não para uso geral. Sua composição é basicamente carbono, oxigênio, hidrogênio, enxofre e cinzas.

Onde é usado → Usinas termoelétricas; caldeiras; pouco comum em residências, o carvão mineral é altamente usado em indústrias; etc.

Vantagens → Facilidade de transporte e distribuição; facilidade de extração, principalmente se comparado ao petróleo ou gás natural.

Desvantagens → Sua queima também libera gases que interferem no efeito estufa (cerca de 40% do CO₂ gerado pelo homem); gera também monóxido de carbono (CO), que além de interferir no efeito estufa é altamente tóxico; também contribuem para a chuva ácida, devido, além dos gases citados, liberar enxofre e óxidos de nitrogênio; etc.

Não-renovável → Idem de petróleo e gás natural



Figura 23. Mina de carvão; mina de carvão a céu aberto; é comum o transporte do carvão por trens (baixo custo de transporte).



Figura 24. Floresta danificada por efeitos da chuva ácida; pátio com estocagem de carvão mineral; caminhões enormes são comuns nas minas de exploração.

Elementos radioativos (energia nuclear)

Elementos químicos, como qualquer outro encontrado na tabela periódica, porém, com elevados números atômicos (e massa atômica também) e que emitem radiação naturalmente. São exemplos: Urânio, Polônio, Rádio, Césio, Tório. O mais comum é o Urânio. Sua energia potencial armazenada nas ligações nucleares é liberada a partir da fissão nuclear, ou seja, a separação dos núcleos atômicos, dando origem a outros elementos, de menor número atômico.

Esse processo de fissão é feito em reatores nucleares, presentes, entre outros, nas usinas termonucleares. Essas usinas são, de longe, de muito longe, as que tem maior eficiência energética entre as usinas já citadas aqui e que iremos citar adiante: 1 kg de Urânio enriquecido produz energia equivalente à da queima de 7,6 milhões de litros de gasolina!

Onde é usado → Usinas Termonucleares.

Vantagens → Altíssima eficiência energética; não libera gases que interferem no efeito estufa; as usinas termonucleares ocupam pouco espaço, quando comparadas com outras usinas, e não dependem de fatores climáticos (Sol, chuva, vento, etc), por isso são comuns em locais onde há escassez destes; pouquíssima geração de resíduos sólidos; etc.

Desvantagens → As usinas termonucleares exigem alto investimento, por questões de segurança precisam ser construídas longe dos pontos de consumo; difícil armazenamento de material radioativo descartado; etc.



Figura 25. O processo de fissão nuclear, separação do núcleo em outros de menor número atômico; uma usina termonuclear (o que parece fumaça é, na verdade, vapor d'água, ou seja, não poluente); símbolo usado em locais onde são usados elementos radioativos, como o Urânio, por exemplo.

TIPOS DE USINAS

Usina Hidroelétrica

Armazena água de rios por meio de grandes barragens. Esta água adquire energia potencial gravitacional, devido à altura da coluna d'água. Na parte mais baixa da barragem, onde a pressão é maior, são ligados tubos, que levam água com alta pressão, ou seja, alta velocidade, para uma hélice, como se fossem as hélices de um cata-vento, ou de um moinho. Ligado a essas hélices, está o eixo de um gerador, que converte o movimento de rotação em energia elétrica.

Transforma → **energia potencial da água em energia elétrica.** Processo completo: o Sol aquece a água, fazendo-a evaporar, criando as nuvens. Quando ocorre a chuva, esta água cai nas montanhas, correndo para baixo através dos rios, até chegar ao mar. Esta energia potencial da água é convertida em energia elétrica através de um gerador.

Vantagens → Não emite gases de Efeito Estufa, como a queima, por exemplo; seu custo de operação é baixíssimo, pois não necessita comprar ou extrair material de consumo (petróleo, carvão, etc); alta eficiência energética, quando há grande volume de água.

Desvantagens → A princípio, não interfere no efeito estufa, mas as represas criadas para armazenar água são enormes, tendo que desviar cursos de rios, e alagar uma grande área, retirando (ou alagando) tudo o que tinha, sejam árvores, animais ou até pessoas; só é possível ser usada onde tem água, e há locais que isso é raro; depende de fatores climáticos, ou seja, em épocas de pouca chuva, corre-se o risco de perdas na potência desta usina; custo de produção muito alto e bem demorado, devido a necessidade de criar barragens para desviar o rio e criação de enormes represas; construção longe dos centros consumidores, gerando grande perda na transmissão da energia elétrica gerada (estima-se que cerca de 20% de toda energia elétrica gerada é perdida na transmissão; etc.

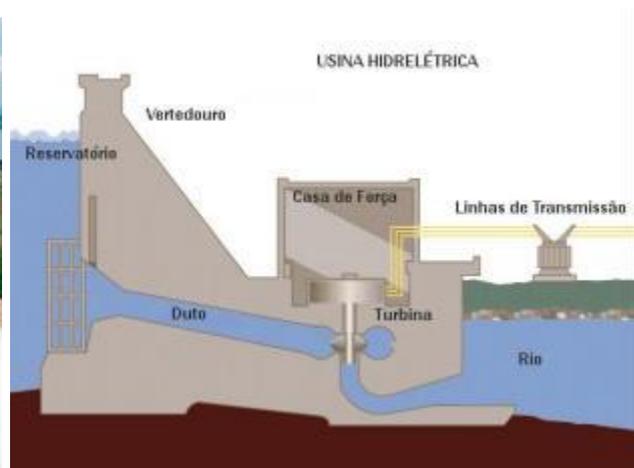


Figura 26. Foto real de uma usina hidroelétrica: uma enorme quantidade de água armazenada na represa pela barragem de concreto (tudo o que existia ali foi retirado ou alagado); no esquema de funcionamento da usina, repare que a água que faz girar o gerador sai da parte inferior da represa (onde há maior pressão), por tanto, a água de vemos escapar pela parte de cima (como visto na foto) é o excedente, ou seja, o que o gerador não utiliza, mas é necessário para dar a vazão ao rio.

Usina Termoelétrica

Assim como a hidroelétrica, usa um gerador com pás acopladas a ele. Essas pás precisam girar. No caso das usinas termoelétricas, o que faz girar as pás é o vapor de água que sai de uma caldeira. Neste caso, qualquer coisa que tenha energia potencial química que possa ser extraída através da queima pode ser usado para alimentar o fogo na caldeira, que fará a evaporação da água. Usa-se um ciclo fechado de água, fazendo com que ela condense após passar pelas turbinas, ou seja, após o vapor fazer seu papel, volta a tornar-se líquida, e é então reaproveitada na caldeira. Utiliza-se, portanto, muita água para fazer o resfriamento deste ciclo fechado.

Os combustíveis mais usados nessas usinas são: carvão mineral, gasolina, óleo Diesel, gás natural, e biomassa (como mostrado na lista de fontes).

Como já citado no quadro de fontes de energia, existem algumas usinas que usam raios solares concentrados por espelhos como fonte de calor para aquecer a água da caldeira.

Transforma → **energia química (de algum combustível) em energia elétrica.** Processo completo: toda a matéria orgânica recebe energia do Sol, criando assim, combustíveis, que serão usados como fonte de energia química; na queima, o combustível converte energia química em térmica, fazendo evaporar a água; a energia cinética do vapor d'água em movimento comunica giro ao gerador, que transforma essa energia em energia elétrica.

Vantagens → Grande versatilidade no uso de combustíveis (qualquer coisa que se possa extrair energia química através da queima); pode ser construída perto dos centros consumidores; baixo custo e tempo de produção; pode ser construída perto do local de extração de seu combustível; alta eficiência energética;

Desvantagens → Grande geração de gases que interferem no efeito estufa; alto custo de operação (pois consome combustível, e este custo é passado para os consumidores, é claro); geração de muitos resíduos; necessidade de consumo de energia no transporte do próprio combustível; usa muita água para resfriamento do ciclo fechado de água; etc.

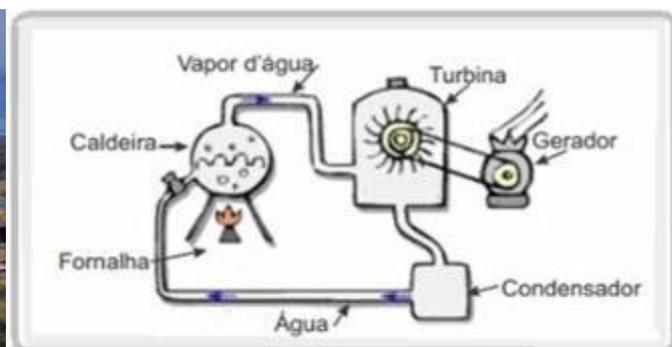


Figura 27. Na foto de termoelétrica, repare na geração de fumaça e na proximidade de mar, para uso de água abundante para resfriamento da condensadora, como no esquema ao lado; esquema de funcionamento (repare que a diferença entre esta usina e a hidroelétrica, é o que faz girar o gerador).

Usina Termonuclear

O princípio de funcionamento é idêntico a qualquer termoelétrica. Só que, neste caso, o combustível que mantém a caldeira em funcionamento é material radioativo em fissão.

Neste caso, são necessários vários cuidados a mais, por se tratar de materiais radioativos, ao invés de simplesmente colocar carvão ou seja lá o que for na fornalha.

As reações nucleares são feitas em reatores nucleares, onde as fissões são controladas. O elemento radioativo é pendurado nos reatores numas barras que podem subir ou descer, de acordo com a quantidade de reações que se deseja fazer, ou seja, com a quantidade de energia a produzir.

Assim como a termoelétrica, usam ciclo fechado de água, fazendo uso de água para condensar a água do ciclo. Por isso, precisam ser construídas em locais perto de água, como algum rio. Porém, nessas usinas, a água que é evaporada não é a mesma que tem contato com as barras do material radioativo.

O uso de usinas termonucleares preocupa organizações governamentais, pois a tecnologia usada nestas é semelhante à usada para fabricar bombas atômicas. Por este motivo, órgãos regulamentam, ou até vetam o uso dessas usinas em alguns países.

Transforma → **energia nuclear em energia elétrica.** Processo completo: a fissão de átomos radioativos libera energia térmica que faz evaporar água, esse vapor em movimento faz girar as pás de uma turbina ligada a um gerador, que converte essa energia em energia elétrica.

Vantagens → Altíssima eficiência energética; não libera gases que interferem no efeito estufa; as usinas termonucleares ocupam pouco espaço, quando comparadas com outras usinas, e não dependem de fatores climáticos (Sol, chuva, vento, etc), por isso são comuns em locais onde há escassez destes; pouquíssima geração de resíduos sólidos; etc.

Desvantagens → As usinas termonucleares exigem alto investimento; por questões de segurança precisam ser construídas longe dos pontos de consumo; difícil armazenamento de material radioativo descartado; preocupação constante com questões de vazamentos, principalmente quando há desastres naturais; em caso de vazamentos, a usina geralmente é desativada e as proximidades do local são inutilizadas; etc.

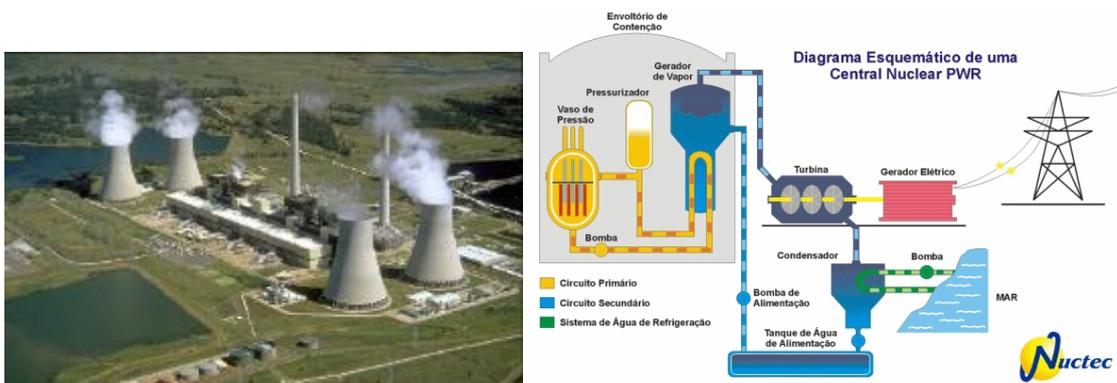


Figura 28. Foto de uma usina termonuclear: a fumaça branca é, na verdade, vapor da água que é usada para resfriar a caldeira; esquema de funcionamento da usina: repare na semelhança com a termoelétrica 'comum'.

Usina Geotérmica

Funciona de maneira semelhante à termoelétrica ou a termonuclear: usa vapor d'água para girar pás de turbina conectada a um gerador de energia elétrica. Neste caso, porém, ao invés de se usar qualquer combustível, é aproveitada a água quente, ou vapor dela, disponível naturalmente, através de águas quentes, extraídas de regiões geralmente vulcânicas.

Também utilizam água para resfriar o vapor que faz o movimento das pás.

Nessas usinas, as tubulações para captação do vapor d'água do subsolo têm que ter, muitas vezes, alguns quilômetros de profundidade, causa de seus maiores desafios.

Transforma → **energia térmica em energia elétrica**. A energia térmica que as atividades do núcleo da Terra geram, é usada para fazer evaporar água de uma caldeira; este vapor comunica movimento as pás da turbina que, ligadas ao gerador, transformam esta energia mecânica em elétrica.

Vantagens → Não libera gases que interferem do efeito estufa; não necessita queimar combustível algum;

Desvantagens → Alto custo de manutenção. Os canos que captam vapor do subsolo se deterioram rapidamente; alto custo de construção; dependem de fatores geográficos para sua utilização; usa bastante água para resfriar o vapor, assim como todas as usinas baseadas em vapor d'água citadas; etc.



Figura 29. Foto de uma usina geotérmica: repare que a fumaça que se vê, assim como na termonuclear, é vapor da água usada para resfriar o vapor que gira a turbina. As tubulações são as que trazem vapor do subsolo e também que repõem água para o mesmo, após resfriadas por água que também é trazida por tubulações; esquema da usina: repare na semelhança entre as usinas que utilizam vapor de água e turbinas acopladas a geradores.

Usina Eólica

Muito semelhante aos já citados: usa gerador com pás ligadas ao seu eixo. Só que neste caso quem faz as pás girar é o vento. Essas pás fazem parte do que chamamos de turbinas, e, mesmo que não pareça nas fotos que geralmente vemos, elas são enormes. Para se ter uma ideia, o tamanho apenas das pás é aproximadamente de um ônibus. Já a turbina inteira pode passar os 100 metros de altura.

Transforma → **energia cinética (do vento) em energia elétrica**. Processo completo: o Sol gera o vento; um gerador de energia elétrica transforma a energia cinética recebida pelo vento em energia elétrica.

Vantagens → Não emite gases que interferem no efeito estufa; não consome combustíveis, tendo, assim, baixo custo de operação (assim como a hidroelétrica); etc

Desvantagens → É altamente dependente de fatores climáticos (sem vento, não tem energia!); as usinas são usadas geralmente em locais de grande incidência de vento, geralmente longe dos centros consumidores; causam poluição sonora, pelo grande barulho das hélices das turbinas; poluição visual, pela grande quantidade de turbinas que se fazem necessárias para uma geração satisfatória de energia, devido a baixa eficiência; podem interferir nas rotas de alguns pássaros, interferindo, assim, na cadeia alimentar natural; etc



Figura 30. Foto de turbinas instaladas em local desértico, onde costuma ventar bastante; transporte de uma das pás de uma turbina.



Figura 31. Esquema de funcionamento da usina eólica: o movimento das pás comunica energia cinética ao gerador. A caixa azul neste esquema representa a caixa que faz, através de engrenagens, aumentar a rotação do eixo, pois as pás giram muito lentamente.

Usina de marés (ou ondas)

Essas usinas também usam um gerador que converte a energia do movimento das marés ou das ondas em elétrica, só que, quem movimenta o eixo do gerador, é o próprio movimento das águas do mar.

Tanto nas marés quanto nas ondas, há movimento da água. Esse movimento pode ser, então, transferido ao eixo de um gerador.

Pode-se usar, também, uma espécie de turbinas eólicas, só que submersas, onde, ao invés do vento, o movimento das águas fará girar a turbina.

Transforma → **energia cinética (da água) em energia elétrica.** Processo completo: o Sol, junto com a Lua, é responsável pelo efeito de marés (pela atração gravitacional), provocando a alteração no nível da água (ou as ondas também); esta energia cinética é transformada em elétrica pelo gerador.

Vantagens → Não emite gases que interferem no efeito estufa; não consome combustíveis; etc.

Desvantagens → Baixa eficiência energética; alto custo de instalação; tanto as turbinas submersas quanto as boias podem interferir em processos naturais, como a migração de animais aquáticos; etc.



Figura 32. Alguns exemplos de utilização de energia do movimento de ondas e marés.

Usina solar

Aqui sim, temos uma usina de transformação de energia com seu princípio bem diferente dos citados até agora. Nesses tipos de transformação, ao invés de geradores, que usam energia mecânica do movimento de alguma coisa para converter em energia elétrica, são utilizadas células chamadas de fotovoltaicas.

Como já citamos na lista de fontes energéticas, a energia solar também pode ser usada para aquecer água numa torre que recebe energia térmica dos raios solares desviados por espelhos. Mas não iremos dar ênfase a este caso agora, até porque, uma vez feito o vapor com a energia térmica do sol, o processo seria o mesmo para as tantas usinas a vapor que já citamos. Também pode ser usada a energia térmica do Sol diretamente para aquecer água e ser armazenada em Boilers, mas vamos focar agora no uso das células fotovoltaicas.

Essas células produzem, através de processos físicos que não vamos trabalhar nessas aulas, energia elétrica diretamente através de energia luminosa.

Transforma → **energia luminosa diretamente em energia elétrica.**

Vantagens → Fonte inesgotável de energia; baixo custo de manutenção, pois não usa combustível; não produz gases que interferem no efeito estufa; as células podem ser usadas em grande quantidade, mas também em pequenas quantidades, para uso em residências, ou até mesmo em uso específico para um equipamento;

Desvantagens → Dependem fortemente de fatores climáticos; baixa eficiência energética por parte da atual tecnologia das células fotovoltaicas; é necessário uso de baterias para armazenar energia para ser usada a noite; alto custo de produção das células; em locais desérticos, onde são muito usadas, é necessário usar bastante água para lavar as células (a poeira impede chegada de luz); no uso em residências, o retorno financeiro para compensar o custo de instalação demora cerca de 10 anos; etc.



Figura 33. Usina solar num deserto: a quantidade monstruosa de células é devido à sua baixa eficiência; uma casa sendo alimentada por algumas placas com células fotovoltaicas.



Figura 34. As sondas espaciais são alimentadas com energia solar com uso das células fotovoltaicas (imagine, ter que lançar um foguete ao espaço só para levar gasolina...); uma pequeno carregador solar portátil, capaz de carregar um celular, por exemplo; uma carro movido a energia solar, pelas células instaladas no teto.

Visita à maquete

Durante a visita à maquete, você poderá observar que ela foi planejada para representar uma região com uma grande diversidade de aspectos geográficos: montanha, rio, lago, mar, deserto, floresta, vulcão, planície, etc. Também foram representadas muitas regiões com intervenções humanas: plantações, mina, porto, aeroporto, cidade, indústrias, vários meios de transporte, etc.

As principais coisas que se esperam observar na maquete são:

- identificar que a energia está em todos processos, tanto naturais quanto produzidos pelo homem;
- identificar que há realização de trabalho em todos processos (no transporte, na extração de matéria prima, no movimento dos geradores nas usinas, etc);
- identificar quais fontes de energia estão representadas;
- como e onde as fontes identificadas poderão ser usadas;
- identificar as usinas de transformação de energia;
- identificar as vantagens e desvantagens de cada usina;
- identificar que cada tipo de usina é utilizada em locais onde as condições geográficas são favoráveis;
- identificar as fontes que as usinas usam, e como elas são levadas às usinas;
- identificar como a energia é levada até os locais de consumo;
- como o uso de cada fonte e usina interfere no meio ambiente e no aspecto físico local;
- não existe a **melhor ou pior** usina. Isso depende das condições geofísicas e necessidades econômicas de cada região;
- **Não** se pode **confiar apenas em um tipo de usina**, por que:
 - caso ocorra algum **problema** com aquele tipo de **fonte**, perde-se a produção ;
 - dependendo da **fonte**, ela poderia **esgotar** rápido

Mais informações sobre a maquete em: www.garrafolis.blogspot.com

AULA 5

Professor: Esta aula também poderá ser realizada durante a visita à maquete. Neste caso, deverá levar as figuras e gráficos. Aqui também, se possível, indique aos alunos que leiam o texto. Se for fazer as aulas 4 e 5 durante a visita, é interessante sugerir que leiam o texto da aula 5 após a visita, para não sobrecarregar.

Como você já pode ter percebido, tanto ao ler sobre as usinas da aula passada, quando na visita à maquete, que a energia na sua forma elétrica é muito presente em vários setores. Não é toa, o termo energia é muitas vezes associado a energia elétrica. Um exemplo disso, é que, quando se apagam as luzes de algum lugar, na escola, por exemplo, logo se fala: acabou a energia.

Bem, você já sabe que energia elétrica é apenas uma das formas, ou tipo, de energia. Ficamos com as perguntas:

→ **Por que, então, todas as usinas que conhecemos aqui transformam algum tipo de energia em elétrica?**

→ **O que é esse tal de gerador, presente em quase todas usinas, que transforma movimento em energia elétrica?**

Vamos dar um raso mergulho no mundo do eletromagnetismo para entender essas e outras questões.

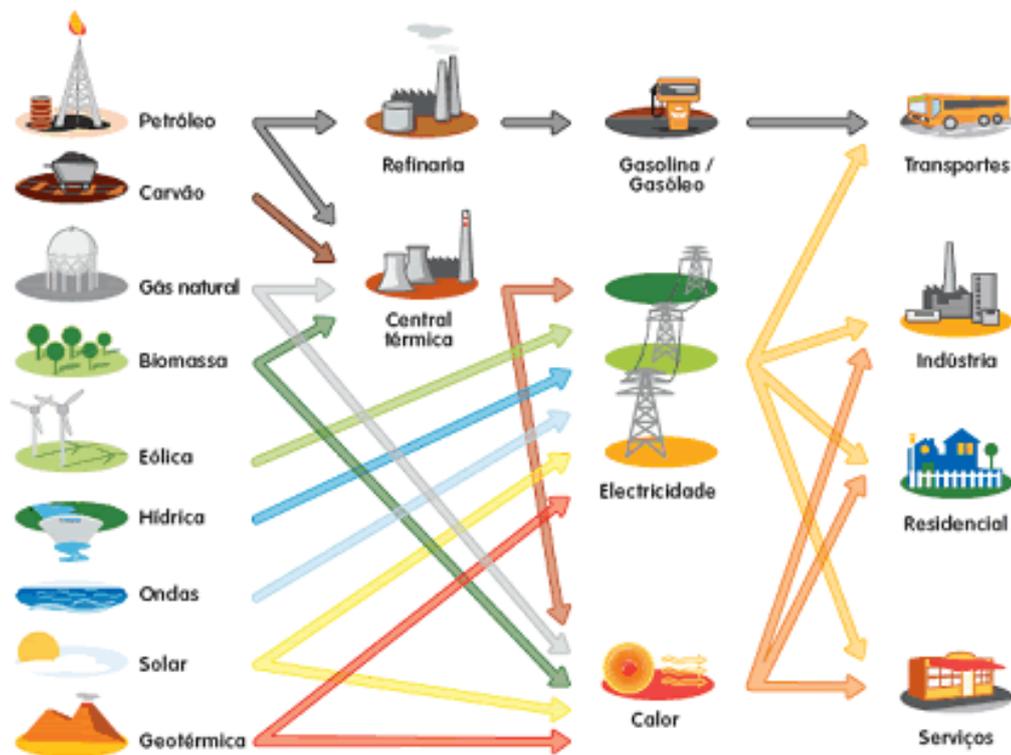


Figura 35. Todas as fontes de energia que analisamos podem ser transformadas em energia elétrica. Não só podem, mas, de fato, são.

A resposta á primeira pergunta é fácil de responder: a energia elétrica é extremamente versátil. Como você já viu, é fácil transformar algum tipo de energia em energia elétrica, pois basta ter movimento e um gerador, e pronto! Além disso, a energia elétrica é facilmente transportada e o mais importante: devido aos fenômenos eletromagnéticos (que vamos ver a frente), é muito mais fácil usar energia elétrica para transformar em outros tipos de energia, como para fazer funcionar motores, por exemplo. Para ter uma noção, imagine se todos aparelhos que você tem em casa fossem movidos a carvão ou gasolina... imagine você tendo que colocar gasolina para dar partida num liquidificador... ou então, passando no posto de combustível para carregar seu celular.... ou tendo que queimar carvão nos fundos de casa para aquecer água do chuveiro. Se não fosse o conhecimento e domínio que temos da produção, armazenamento e distribuição de energia da forma elétrica, na verdade, muitas das tecnologias atuais não seriam sequer possíveis. E é justamente por esta versatilidade da energia elétrica que quase tudo que temos em casa funciona com energia elétrica. E é esse o motivo, também, de as pessoas normalmente associarem energia a simplesmente energia elétrica. Já na indústria e no transporte, tanto de cargas quando de pessoas, o panorama já é bem diferente. Vamos analisar o uso de energia de maneira geral na próxima aula.

Agora, para responder a segunda pergunta (do gerador), vamos aprender sobre seu princípio de funcionamento.

Princípio de indução de Faraday - Será que campo magnético pode gerar corrente elétrica?

Faraday percebeu que, ao aproximar um ímã a um fio condutor, simplesmente 'surge' uma corrente elétrica! Isso, caro leitor, pode não parecer tão grandioso assim. Mas, pare para pensar: é como se estivéssemos 'criando' energia elétrica, simplesmente aproximando um ímã de um fio enrolado, ou seja, uma **bobina**.

Ao afastar o ímã, a corrente elétrica também pode ser medida. Porém, se o ímã ficar parado, mesmo bem próximo, ou até em contato com a bobina, nada acontece! Zero corrente.

Você está diante de um dos fenômenos mais fantásticos e mais utilizados para o conforto humano: trata-se da **princípio de indução de Faraday**. A corrente gerada na bobina, chamamos de **corrente induzida**. Esse nome 'indução' é empregado pelo fato de o ímã induzir a corrente na bobina.

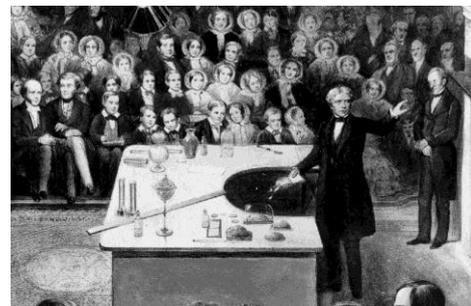
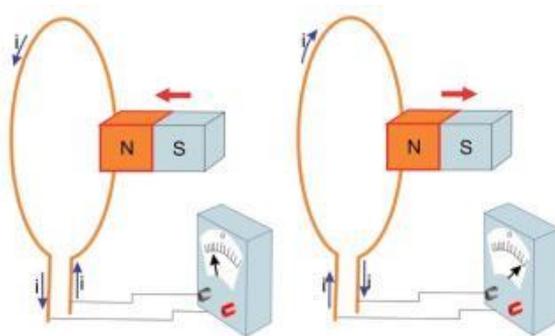


Figura 36. Ao aproximar ou afastar o ímã da bobina, uma corrente elétrica é induzida. Eis aí a energia elétrica sendo 'gerada', num dos experimentos mais fantásticos e úteis no mundo moderno, a indução de Faraday; Michael Faraday em uma de suas palestras super concorridas, para demonstrações de fenômenos físicos.



Vamos reproduzir a experiência de Faraday e descobrir como é fácil induzir corrente numa bobina usando um ímã.

Vamos usar: duas bobinas diferentes (fio enrolado num núcleo de ferro), dois ímãs naturais (um de neodímio, outro de alto falante), alguns LEDs, um amperímetro e fios para ligação elétrica.



Figura 37. Itens a serem usados no experimento de Faraday.

Serão usadas duas bobinas, para mostrar a diferença que há entre o número de espiras e a corrente induzida. O mesmo é válido para os dois ímãs, que têm intensidade diferentes.

A sequência é muito simples:

Pegue o ímã e coloque próximo à bobina. Você verá que nada acontece, ou seja, o LED não acende, logo, não há passagem de corrente elétrica.

Em seguida, movimente o ímã em relação à bobina. Você verá que agora o LED acende, ou seja, há passagem de corrente elétrica.

Perceba que, quanto maior a velocidade entre o ímã e a bobina, maior a intensidade luminosa do LED, ou seja, maior a corrente induzida na bobina.

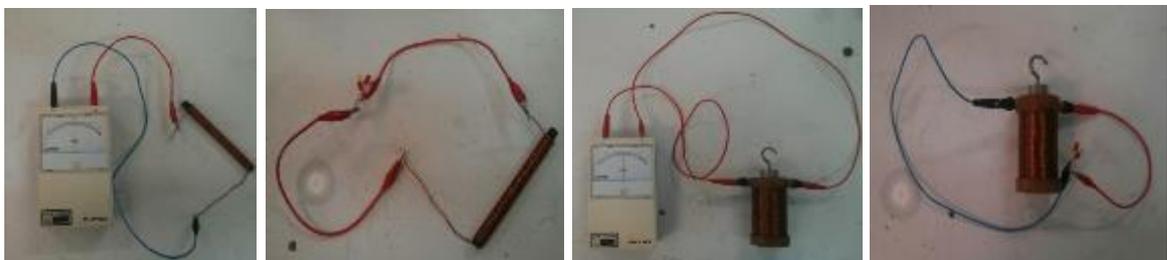


Figura 38. Para cada bobina, será feita a experiência usando o amperímetro e os LEDs.

Você pode estar se perguntando: nas aulas passadas nós aprendemos que energia não se cria, e aí? Nessa experiência, não se está criando energia, mas sim, transformando energia cinética do movimento do ímã em energia elétrica. Em outras palavras, podemos dizer que há uma força atuando no ímã, fazendo seu deslocamento, ou seja, há realização de trabalho.

Gerador elétrico

Seguindo o conceito de corrente induzida, assim como o experimento de Faraday, ao fazer um ímã entrar em movimento em relação a uma bobina, é induzida uma corrente na mesma. Esse é o princípio de funcionamento do tal gerador elétrico que tanto falamos.

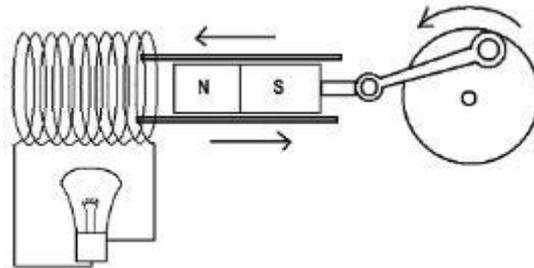


Figura 39. No gerador elétrico, é necessário **movimento relativo** entre bobina e ímã, ou seja, um dos dois, ou os dois, precisa estar em movimento, um em relação ao outro. Neste esquema, ao girar o eixo acoplado ao ímã, a lâmpada acende!

Importante saber que, o movimento poderia ser o contrário, com ímã parado e bobina em movimento> O mais comum é bobina parada e ímã em movimento, pois na bobina é onde terá contatos elétricos, onde é mais complicado manter contato elétrico e girar a bobina ao mesmo tempo.

Quanto maior é esse movimento relativo, maior a corrente induzida. Em outras palavras, quanto mais rápido girar o ímã, por exemplo, maior a corrente e assim, a potência elétrica gerada.

O que está sendo feito então, é transformação de energia cinética (do movimento relativo entre bobina e ímã) em energia elétrica. E, como você já sabe, há realização de trabalho para movimentar o ímã, pois é necessário aplicar uma força para deslocá-lo.

Apesar do nome ‘gerador’, ele não está de fato gerando energia, mas transformando um tipo de energia em outro, não violando assim o Princípio de conservação de energia.

Como você pôde ver, caro aluno, transformar energia cinética, ou seja, movimento, em energia elétrica é muito fácil! Difícil é manter o ímã girando! Você tem alguma sugestão para manter esse ímã girando?

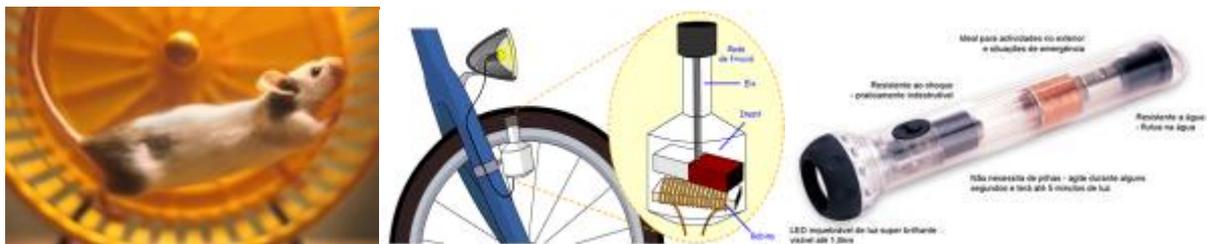


Figura 40. Eis algumas sugestões: posso colocar um rato para girar uma gaiola e acoplar esta gaiola ao ímã; ou então, posso transferir o movimento de giro da roda da bicicleta para girar esta ímã; ou ainda, posso criar uma lanterna com uma bobina fixa e um ímã móvel, assim, quando eu agitá-la, vai haver movimento relativo, gerando energia elétrica também!

Sim, de fato, todos esses experimentos dariam certo. É assim que funciona o tal gerador de energia elétrica. Todos iriam conseguir transformar energia cinética, do movimento de seja lá o que for, em energia elétrica. Que tal, então, colocar a queda d'água de uma represa enorme para girar este ímã? Sim, é isso mesmo que você está pensando...



Figura 41. Vamos colocar potência pra girar este tal de ímã perto desta bobina!

Entendeu agora porque que usamos tanto a energia elétrica?! Simplesmente porque é relativamente fácil de transformar energia cinética em elétrica, usando o princípio de indução de Faraday. Assim, o gerador é usado em todas usinas que estudamos, exceto a que usa células fotovoltaicas. Pois, basta ter qualquer coisa que possa comunicar movimento ao eixo do gerador elétrico: pode ser vapor d'água, vento, ou qualquer coisa em movimento.

Energia para milhões

Nas análises que fizemos sobre energia, estávamos, até então, preocupados apenas com os conceitos e vantagens e desvantagens de cada fonte ou tipo de usina. Por exemplo, quando falamos de gerar energia elétrica usando um gerador, citamos que se pode colocar um pequeno animal para girar uma roda acoplada ao eixo do gerador. Isso, de fato, transforma energia cinética em elétrica. Mas, isso seria capaz de alimentar o que? Uma pequena lanterna, ou um celular, ou um LED, talvez.... Esses aparelhos têm potência elétrica baixa, algo que não ultrapassa a casa dos 10W. Agora, imagine um gerador para alimentar um chuveiro elétrico, que, sozinho tem algo em torno de 5.000W! E mais, um gerador para alimentar uma casa, com dois chuveiros elétricos, máquina de lavar roupas, TVs, ventiladores, aparelhos de ar condicionado, geladeira, várias lâmpadas... Na média, casas não muito grandes, em torno de 70 m², precisam de potência elétrica em torno de 10 a 15 kW. Isso se a pessoa não ligar tudo de uma vez, pois isso provavelmente causará sobreaquecimento nos fios, fazendo desarmar os disjuntores de proteção, devido a alta corrente elétrica. Enfim, pense agora em alimentar um prédio cheio de casas desse tipo. Um bairro. Uma cidade, com milhões de casas dessa! Seriam milhões de kW, ou seja, **bilhões de Watts** de potência!



Figura 42. Se alimentar uma casa com todos seus aparelhos é difícil, imagine iluminar o mundo inteiro com energia elétrica. Na figura da direita, uma imagem real, tirada em horários diferentes, que mostram o quanto a Terra consome energia elétrica, apenas para iluminação.

Essa mesma análise que foi feita para a energia elétrica pode ser estendida a outros tipos e uso de energia, como combustível para os meios de transporte, por exemplo. A quantidade de petróleo, ou seja o que for, é sempre multiplicada por milhões, pois as cidades e países têm muitos carros, ônibus, caminhões, trens, aviões, navios, etc, que precisam de combustíveis, e esses são, na maioria das vezes, infelizmente, ainda alimentados por derivados do petróleo, e usado em motores a combustão, que fazem explosões para extrair de maneira muito ineficaz a energia química desses compostos, gerando gases poluentes.



Figura 43. A potência média de um carro popular é cerca de 80 cv (~60kW). Há mais de 45 milhões de carros só no Brasil, e mais de 800 milhões no mundo. E esse número não para de crescer, como pode ser visto na figura da esquerda, um porto com centenas de novos carros.

Fazendo uma conta simples e rápida, se todos carros tivessem um motor com essa potência, seriam 800 milhões vezes 60 mil W, o que daria cerca de 4×10^{13} W (40 trilhões de Watts!). Isso é só de carros!



Figura 44. Um grande avião de passageiros (como um Boeing, por exemplo) pode ter um motor de mais de 110 mil cv (110kcv ou cerca de 82 milhões de W, 82 MW). Imagine a potência consumida por um porta aviões, como na figura do centro. Na figura da direita, uma ilustração dos vôos internacionais em tempo real.

Um Boeing pode consumir mais de 2.000 litros de querosene (seu combustível) por hora durante um vôo. Imagine agora a quantidade de combustível gasto por dia no mundo todo só para aviões de transporte de passageiros. Mas, além de transporte de passageiros, temos de cargas e ainda, os aviões militares.



Figura 45. Caminhões que transportam containers (como o da figura das esquerda) têm cerca de 500 cv de potência (mais de 370 kW). Imagine a quantidade de energia gasta para levar caminhões como este atravessando o Brasil.



Figura 46. Um grande navio de transportar container (como o da figura da esquerda), tem motores que ultrapassam facilmente os 50MW. Só nesta figura da direita teríamos dezenas de milhões de W. Agora, e no mundo inteiro, com milhares desses.

E o que dizer das indústrias? Uma indústria sozinha pode consumir a quantidade de energia equivalente a milhares de residências. Estas, além de consumirem muita energia, nem sempre elétrica, pois muitas são ainda alimentadas por carvão mineral, petróleo, gás natural, etc, ainda geram muitos resíduos sólidos. Esses resíduos são comumente descartados em rios, oceano, ou no solo, causando contaminação dos lençóis freáticos.



Figura 47. A poluição do ar causada pela grande liberação de gases gerados na queima de combustíveis que alimentam as indústrias.

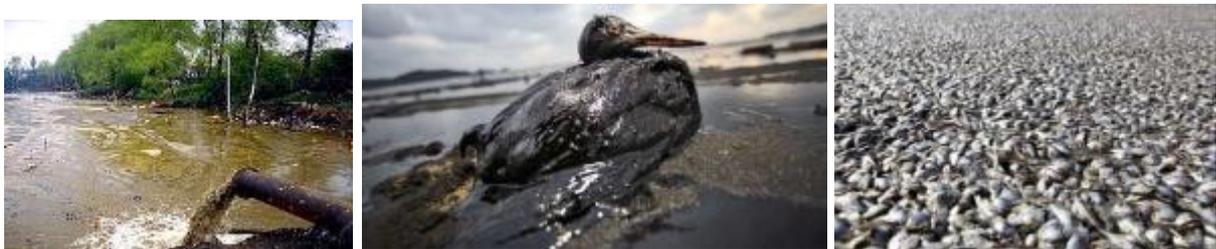


Figura 48. Poluição no mar causada pelo incorreto descarte ou vazamentos de resíduos da água.

É importante ressaltar que, muito se fala sobre gases que interferem no efeito estufa quando se fala de poluição. Mas há outros fatores que contribuem de igual maneira para a grande poluição e degradação da Natureza: desmatamentos para construção de cidades e indústrias e uso da área para uso de pasto; extração exagerada de matéria prima; descarte irregular de resíduos, tanto na água quanto no mar; etc...

O objetivo de trazer alguns desses dados acima, mesmo que sem precisão nas contas, é para se ter uma noção de que, quando se fala de energia, tanto gerada por usinas ou usada por combustíveis nos transportes ou indústrias, deve-se pensar sempre em números astronômicos. É sempre milhões, bilhões, trilhões, ou até mais, seja de litros de combustível, Watts, quilos de lixo, etc...

Na sequência, vamos trazer alguns dados e fatos extraídos de dois relatórios sobre energia:

→ **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN)**, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, que traz dados sobre produção e uso de energia no Brasil e no mundo. No caso, vamos olhar para os dados do relatório de 2014, que analisa os dados referentes a 2013; Os gráficos desta fonte serão identificados pelo nome 'BEN 2014'

→ **ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GEE* NO BRASIL (1970-2013) E SUAS IMPLICAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS**, um relatório desenvolvido pelo Observatório do Clima, em parceria com algumas instituições, como o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) e o Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFL), que analisa as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em diversas atividades no Brasil. Este relatório foi desenvolvido em 2015. Os gráficos desta fonte serão identificados pelo nome 'GEE 2015'.

* GEE = Gases de Efeito Estufa

Fontes energéticas no Mundo

Vamos começar mostrando um gráfico que pode trazer a você uma informação um pouco intrigante, principalmente para nós, brasileiros, que sempre ouvimos falar que a maior parte da energia vem de usinas hidroelétricas.

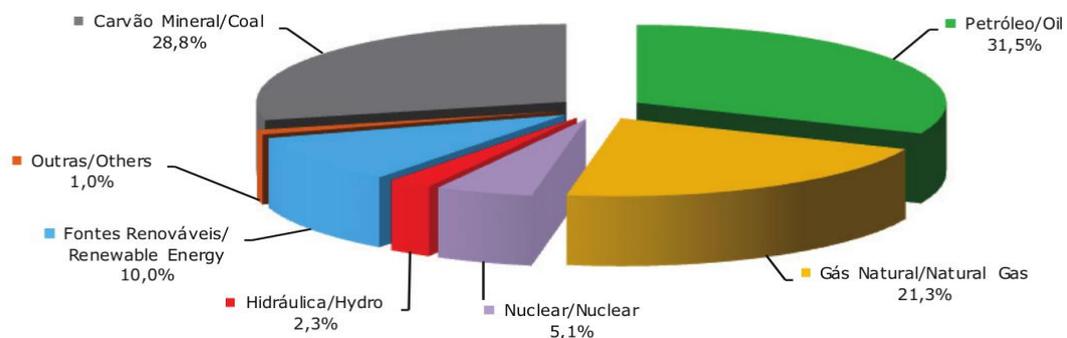


Figura 49. Oferta de energia *mundial* por fonte em 2011. Fonte: BEN 2014

Repare que o consumo de fontes não-renováveis ainda é muito forte no contexto mundial. Há muitos países onde a principal fonte de energia é o carvão mineral ou o petróleo.



Faremos um Concept test sobre o gráfico acima (Teste 4, Apêndice I)

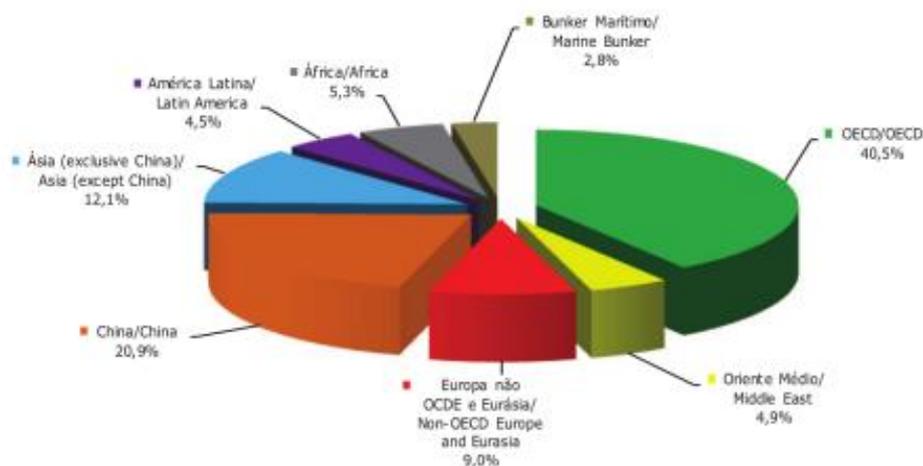


Figura 50. Oferta de energia por região mundial por fonte em 2011. Fonte: BEN 2014

Neste gráfico que podemos ver o consumo mundial por regiões no mundo, repare no expressivo consumo da **China: 20,9%, sozinha!** Isso se dá ao fato da grande quantidade de indústrias no país, uma vez que, quase tudo o que temos hoje é produzido na China. Aqui, OECD é uma Organização de Cooperação para Economia e Desenvolvimento (a sigla está em inglês), que compreende a maior parte dos países da Europa, os EUA, México, Chile, Austrália, Nova Zelândia, Japão, Coréia do Sul e Israel.

Repare que as regiões onde há pouca industrialização, como na África e América Latina, o uso de energia é muito menor, quando comparada com regiões com alta atividade industrial e econômica.

Fontes energéticas no Brasil

Você pode estar pensando: bom, no Brasil a situação é muito melhor, pois aqui usamos muito energia de hidrelétrica, e não usinas que usam carvão ou petróleo...



Figura 51. Oferta de energia no Brasil por fonte em 2013. ¹ Inclui biodiesel. ² Apenas gasolina automotiva. ³ Inclui gás de refinaria, carvão vegetal e outros. Fonte: BEN 2014

Quando olhamos o gráfico do Brasil, vemos que a situação não fica tão diferente do mundial.

Por que, se aqui usamos tanta energia de hidroelétrica? Acontece que, quando se fala desse tipo de usina, está se falando, na verdade, do uso de energia apenas do tipo elétrica. Mas, como já sabemos, a energia não se resume apenas a isso.

Repare que, assim como no contexto mundial, os derivados do petróleo e outros combustíveis fósseis (não-renováveis) representam uma grande parcela no uso de energia no país.

Onde é usada a energia no Brasil

Agora, vamos mostrar outro fato que pode mudar bastante a noção que você tem sobre o uso de energia. O que ajudará também a explicar o por que da pequena parcela do uso geral de energia ser do tipo elétrica.



Figura 52. Uso de energia por setor no Brasil em 2013. Fonte: BEN 2014

Como mostra a figura acima, aproximadamente 66% do uso de energia no Brasil é destinado a **indústrias e transportes**, que usam, em grande parte, derivados de petróleo.

Vamos analisar agora as fontes usadas nas categorias indústrias, transportes e residências, citadas acima.

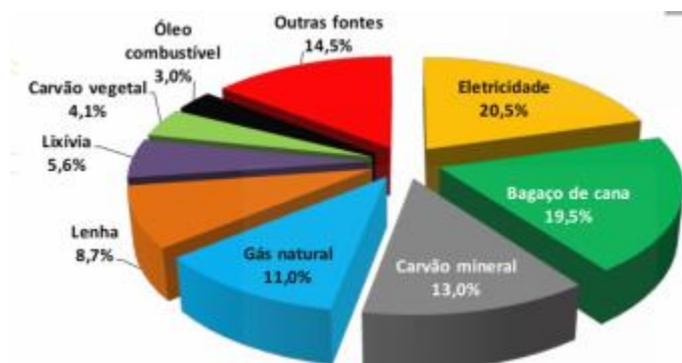


Figura 53. Uso de energia nas indústrias, por fonte, no Brasil em 2013. Fonte: BEN 2014

Muitas indústrias ainda são alimentadas energeticamente por carvão mineral e gás natural, ambos geram gases de efeito estufa durante o processo de queima para extração de sua

energia química.

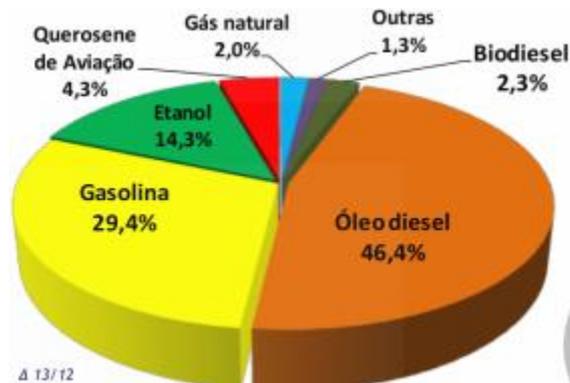


Figura 54. Uso de energia nos **transportes**, por fonte, no Brasil em 2013. Fonte: BEN 2014

Entre os **transportes**, que somam **32%** de toda energia consumida no país, a maior parte é derivada de petróleo. Pensando nisso, o Governo cria leis que determinam uma quantidade mínima de uso de álcool misturado á gasolina, diminuindo assim o uso do derivado de petróleo, misturando álcool vindo de fontes orgânicas, como da cana-de-açúcar, por exemplo. Esse valor hoje encontra-se em pouco mais que 25%. Tendo em vista o que estudamos no início dessa aula, podemos esperar que essa medida, na verdade, gere milhões de litros de gasolina a menos. Aliás, qualquer modificação que o governo faça que modifique o uso de energia, por menor que seja a mudança, significa uma grande mudança no setor econômico, por exemplo.

Um dos índices que medem a atividade econômica do país é a geração de energia. Se a indústria produz muito, consome muita energia, e precisa gastar muita energia para transportar os bens produzidos.

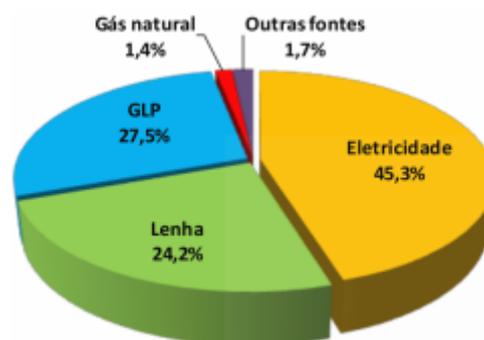


Figura 55. Uso de energia nas **residências**, por fonte, no Brasil em 2013. Fonte: BEN 2014

Ainda hoje, muitas residências fazem uso de lenha como fonte de energia em casa. Neste gráfico, vimos o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), o famoso gás de cozinha.

Fontes para geração de energia ELÉTRICA no Brasil

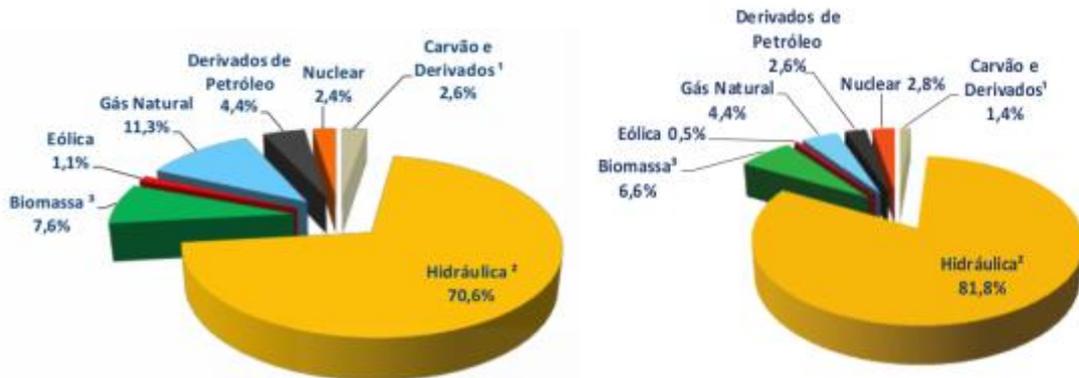


Figura 56. Fontes usadas em usinas elétricas no Brasil em 2013 (esquerda) e 2012 (direita). Fonte: BEN 2014

Este gráfico, sim, mostra o que nós acostumamos a ver muito em jornais, quando dizem que a maior parte de energia do Brasil vem de usinas hidroelétricas. Agora, quando ouvir isso novamente, já sabe: é a maior parte da produção de energia do tipo elétrica, apenas, que representa 17% da energia total usada no país (como mostra a Figura 65). Repare que o uso de hidroelétricas baixou bastante entre 2011 e 2013, justamente por conta das crises hídricas que enfrentamos desde então.

Fonte	Potência (MW)
Hidrelétrica	84.294
Térmica	32.778
Nuclear	2.007
Eólica + Solar	1.894
Capacidade Total	120.973

Tabela 4. Total das potências geradas por alguns tipos de usinas elétricas no Brasil em 2012.

Gases de Efeito Estufa

Vamos analisar agora alguns dados a respeito de produção de gases que interferem no efeito estufa, os chamados Gases de Efeito Estufa (GEE).

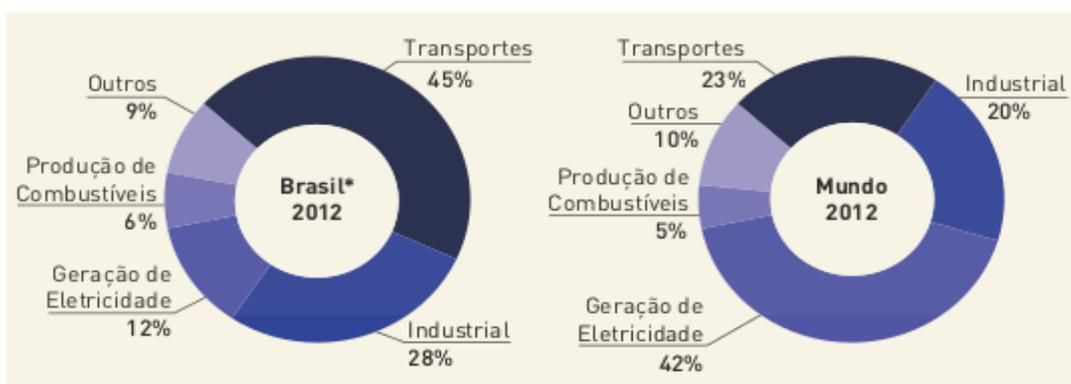


Figura 57. Emissões de GEE por setores ligados a **geração e consumo de energia**. Fonte: GEE 2015



Faremos um Concept test sobre o gráfico acima (Teste 5, Apêndice I)

Como você pode ver, no Brasil, a geração de GEE para a Geração de Eletricidade é baixa, justamente por usarmos muita fonte renovável, como no caso da usina hidroelétrica. Já a nível mundial, a parcela para a mesma categoria é grande, pois usa-se muito termoelétricas alimentadas por carvão mineral, por exemplo. É claro que isso não é uma simples escolha dos governantes de outros países. Acontece que aqui nós temos um potencial hídrico enorme. Aliás, aqui no Brasil, temos não só o potencial hídrico forte, mas também, solar e eólico, que ainda é pouco aproveitado.

Lembra-se, que no começo da aula vimos que navios e aviões consomem muito mais energia do que carros e caminhões? Mas, há muito mais carros e caminhões que os meios de transporte citados. Desta maneira, a geração de GEE nos transportes fica distribuído desta maneira:

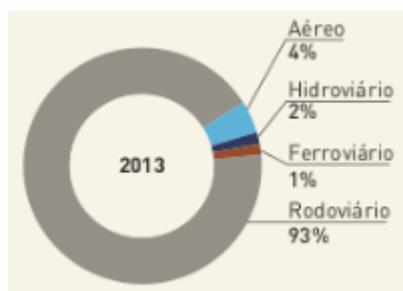


Figura 58. Emissões (GEE) no Brasil no setor de **transportes** no Brasil em 2013. Fonte: GEE 2015

Isso se dá pelo fato de no Brasil termos um sistema de transporte, tanto de cargas quanto de pessoas, muito atrasado, sendo feito em grande massa por rodovias. Ora, um trem, navio, ou avião, consome mais energia do que um caminhão, ônibus ou carro, mas pode levar, em uma viagem, muito mais carga ou pessoas. Isso, no final das contas, resulta em economia, não apenas financeiro, mas de energia também.

Mas se você está achando que a maior parte de produção de GEE no Brasil está ligado ao setor de produção e geração de energia, está muito enganado. Observe o gráfico a seguir.

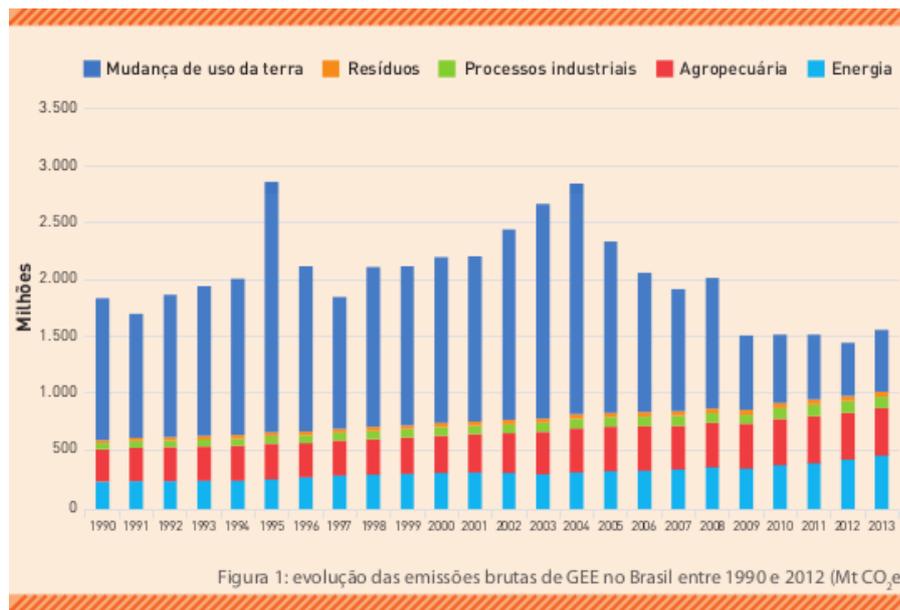


Figura 59. Emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil por atividades. Fonte: GEE 2015

No Brasil, durante anos, a maior parte de geração de GEE estava ligada a Mudança de uso da terra, ou seja, queimadas, desmatamento para uso de gado, entre outros. Hoje, a geração está praticamente equilibrada entre geração e consumo de energia, indústrias e a mudança de terra.

Por último, apenas para destacar mais uma vez como que pequenas mudança do governo na parte energética pode acarretar grandes mudanças no cenário econômico e ambiental, vamos observar o gráfico abaixo:

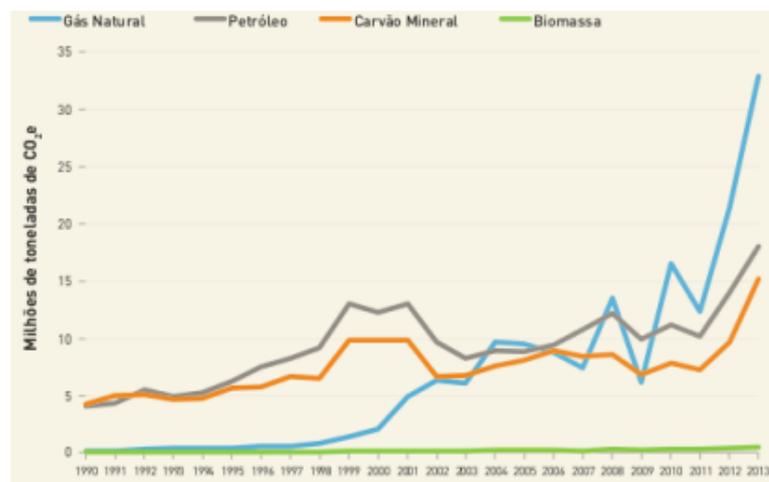


Figura 60. Emissões de GEE no Brasil na produção de energia elétrica (excluindo hidroelétricas). Fonte: GEE 2015

Note que o uso de gás natural, petróleo (e seus derivados) e carvão mineral tiveram um aumento considerável a partir de 2011. Isso é devido as crises hídricas que o país enfrentou na época, fazendo com que o governo aumentasse a produção de energia elétrica por meio de termoeletricas alimentadas por estas fontes. Isso causou, aumento das emissões de GEE e também aumento do preço da energia para o consumidor final, pois essas usinas, como você já sabe, têm auto custo de manutenção, quando comparado a hidroelétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após este breve curso sobre energia, esperamos que você, leitor, tenha ampliado e aprofundado seus conhecimentos sobre os conceitos de energia, sua produção e transformações. Entre as principais coisas que gostaríamos que ficasse mais evidentes em sua memória, ressaltamos os objetivos, como mostrados no início da apostila, e esperamos que se evidenciem os seguintes conhecimentos:

- A energia não pode ser criada, nem destruída, mas sempre se transforma;
- A energia pode se manifestar de diversos tipos;
- Todos processos, naturais ou artificiais, envolvem energia;
- Quase toda a energia que usamos na Terra é proveniente do Sol;
- Onde há movimento ou interação entre corpos, há energia;
- Não existe o melhor ou pior tipo de usina de energia, mas sim a que melhor se enquadra entre as condições econômicas e geográficas de determinada região;
- Ter apenas uma usina ou fonte energética não é bom, mas sim, diversificar, para eventuais problemas em uma determinada fonte.
- Economizar energia é poupar a Natureza, além de dinheiro;
- Energia elétrica é muito versátil, pois é fácil de transformá-la em diversas outras formas, mas não é o tipo de energia mais usada, como pode muitas vezes parecer.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, abr. 2013.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva.** Barcelona. 1 ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.
- AZEVEDO, T. R. **Documento síntese: Análise das emissões de GEE no Brasil (1970-2013) e suas implicações para políticas públicas.** São Paulo: Observatório do Clima, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e duas Tecnologias.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- BZUNEK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. D. **Motivação para Aprender: aplicações no contexto educativo.** 2 ed. Petrópolis/RJ: Editora Vozes, 2010.
- CASTRO, L. P.; MORTALE, T. A. B. **Energia: Levantamento das concepções alternativas.** Trabalho de conclusão de Curso. Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2012.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano base 2013.** Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf>. Acesso em 10. Jan 2016.
- GASPAR, A. **Física – Volume Único.** 1 ed. São Paulo: Editora Ática, 2001
- LIMA, A. C. et al. **Energia Solar no Espírito Santo – Tecnologias, aplicações e oportunidades.** Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE). Vitória, ES, 2013
- MAXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física – Volume Único.** 1 ed. São Paulo: Scipione, 1997.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.** Aprendizagem Significativa em Revista, v.1 (n.2), p 43-63. 2011.
- MOREIRA, M. A. **¿Al final qué es aprendizaje significativo?** *Revista Qurriculum*, La Laguna, 25: 29-56, 2012.
- OKUNO, E; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas.** São Paulo: Editora Harbra Ltda, 1986.

ANEXO I**Concepções alternativas sobre energia**

Como resultado das buscas por concepções alternativas, encontramos um trabalho de conclusão de curso onde foi levantado as concepções alternativas de energia publicadas na literatura acadêmica nos últimos 20 anos. Segundo os autores, foram encontrados 67 trabalhos tratando do assunto em revistas acadêmicas de ensino e educação, classificadas pela Capes nos estratos A e B. Foram selecionadas 10 delas, as que traziam as idéias de concepções alternativas explicitadas em seus resultados, discussões ou conclusões.

As concepções foram divididas em categorias, de acordo com suas idéias explicitadas. Os números em parênteses representam a quantidade de artigos que tal concepção alternativa aparece, obtendo o valor máximo de 10, que foi o número de trabalhos analisados. A lista dos artigos está ao final desta tabela.

Categoria: FUNCIONALIDADE. Energia vista como algo que possibilita o funcionamento de objetos.

- Energia elétrica também faz funcionar a TV e o rádio; (7)
- Quando rompe o fio do chuveiro e o desliga, a energia não passa e não liga o chuveiro; (7)
- Energia faz as coisas funcionarem; (7 e 8)
- A pilha transmite energia para a lâmpada acender; (8)
- Os aparelhos eletrônicos funcionam devido a uma energia; (8)
- Energia ajuda o foguete a funcionar; (8)
- O fogo, a chama não tem energia porque nada o faz funcionar; (8)
- Lâmpadas e fios precisam de energia; (10)
- Há energia quando o telefone toca; (10)
- A energia precisa fazer alguma coisa funcionar; (10)

Categoria: MATERIALISMO. Energia como algo material.

- O secador de cabelo tem energia; (1)
- Um adulto tem mais energia do que uma criança; (5)
- O calor é uma substância que fica presa dentro de um corpo; (2)
- Alimento é energia; (3)
- Combustível é energia; (3)
- A energia pode ser vista a olho nu; (5)
- A energia pode ser vista no microscópio; (5)
- A energia pode ser vista por um electro-microscópio; (5)
- A energia pode ser armazenada; (5)

- Energia é um tipo de usina que produz energia elétrica a partir da força da água; (6)
- Energia é alimento; (7)
- Energia está associada ao combustível; (7)
- Combustível é a alimentação, a luz, o ar que se respira, pois tem energia; (7)
- Energia se usa, se produz, se movimenta e se queima para utilização; (7)
- A energia elétrica pode ser armazenada; (8)
- A energia está no alimento que passa para o nosso corpo; (8)
- Potássio é energia; (8)
- Alimento fornece energia; (8)
- Energia é algo que tem existência material; (8)
- O corpo é um reservatório de energia; (8)
- O petróleo tem energia porque é usado em combustível; (8)
- Bateria produz energia; (8)
- Um trem tem energia; (9)
- Bateria tem energia; (10)
- Dois produtos químicos têm energia porque reagem; (10)
- Uma pessoa tem energia para movimentar algum objeto; (10)
- Uma pessoa tem que ter energia e armazená-la para usar depois; (10)

Categoria: MOVIMENTO: Concepções de energia em que há movimento, no sentido de que se houver atividade, haverá energia. Aqui estão expostas também as concepções relacionadas à força e ao trabalho.

- A energia cinética é identificada com a velocidade ou com a altura; (1)
- O carro quando está em movimento tem energia; (4)
- Sem energia, não há movimento; (4)
- Energia é uma força que faz com que nos movimentemos; (4)
- O que é estável não tem energia; (5)
- Capacidade de realizar trabalho; (6)
- Movimento e calor são energia; (7)
- Muita energia produz força para o corpo se mover; (7)
- Qualquer trabalho que se realiza necessita de energia; (7)
- Energia possibilita movimentos e a força possibilita levantar algo mas não são as mesmas coisas; (7)
- Energia é todo tipo de trabalho realizado; (7)
- Sem energia, não se realiza trabalho; (7)
- Energia, força estão relacionados com o realizar trabalho; (7)

- Para falar o que é energia vai depender do lugar em que você está colocando a força; (7)
- Energia é resultado do trabalho da força; (7)
- O corpo cria energia para andar de bicicleta; (8)
- O ciclista tem energia porque consegue movimentar a bicicleta; (8)
- Energia é movimento; (8)
- A Energia do corpo nos ajuda a praticar esportes; (8)
- Onde não há movimento, não há energia; (8)
- A energia está associada ao movimento; (9)
- Um copo, quando deixado cair de uma altura, tem energia; (9)
- Um cinzeiro ou uma mesa que está parada não têm energia; (9)
- Um objeto não tem energia, pois não se move sozinho; (10)
- Pessoas correndo tem energia; (10)
- Um carrinho quando se move rápido está criando energia;(10)
- Uma pessoa tem energia porque pode empurrar algum objeto; (10)

Categoria: FLUXO. Energia como algo que é transferido de um sistema a outro.

- Calor é processo de transferência de energia; (9)
- A energia passa por alguns terminais como nos fios (10);

ESOTERISMO: Esta categoria inclui as concepções de energia relacionada a aspectos religiosos ou místicos.

- Fé é uma energia; (8)
- Existe uma energia espacial (8);

Categoria: ENERGIA NOS SERES VIVOS: Energia como algo próprio dos seres vivos ou essencial para processos vitais de um modo geral.

- Energia é uma propriedade dos corpos que pode aparecer de diversas formas; (1)
- A planta precisa da energia do Sol para crescer; (3)
- Para a planta crescer a energia é vinda dos sais minerais; (5)
- O CO₂ é a energia para a planta crescer; (5)
- O CO₂ e a água são energias necessárias para a planta se desenvolver; (5)
- Um animal para sobreviver tira energia da fotossíntese; (5)
- Para sobreviver, um animal tira energia da transpiração; (5)
- Só o que está vivo tem energia; (5)
- A planta precisa de energia para crescer; (8)

- Moléculas produzem energia para os nossos sistemas funcionarem; (8)
- O Sol fornece energia para as plantas sobreviverem; (8)
- Energia é algo que fica no interior do organismo; (9)
- Energia é propriedade de todos os corpos; (9)
- A água é uma fonte de energia, pois precisamos dela para sobreviver; (10)
- A semente tem energia mas precisa do Sol para crescer; (10)
- A energia é algo que pode fazer algo para nós; (10)

Categoria: TRANSFORMAÇÃO: Energia se transforma de uma forma para a outra, é conservada ou degradada.

- Energia pode se transformar e se transferir; (1)
- O calor é uma energia em transferência; (1)
- Energia não renovável se renova quando é degradada; (1)
- No carro, a energia é a queima do combustível para girar o motor; (3)
- Se o fogo queima, também faz desaparecer a energia; (5)
- Antes do objeto queimar não há energia, mas quando queima converte a energia em calor; (5)
- A planta transforma energia química em energia potencial; (5)
- A energia da luz é convertida em energia potencial pela planta; (5)
- A energia térmica se transforma em energia potencial pela planta; (5)
- A energia pode ser destruída; (5)
- Quando uma energia é convertida pode ser destruída; (5)
- Quando praticamos esportes, perdemos energia; (8)
- O painel solar é capaz de transformar a energia do Sol em cinética; (9)
- A energia não é preservada porque é transformada; (9)
- A energia não fica no corpo, mas é gasta com o movimento; (9)
- Uma energia pode se transformar em outra e produzir calor; (10)
- O calor produz energia térmica; (10)

Categoria: REDUACIONISMO: Energia citada pelo aluno apenas como uma de suas formas.

- Petróleo é uma forma de energia; (1)
- A energia aparece de diversas formas; (1)
- Gasolina é uma forma de energia; (3);
- O calor é energia; (3)
- Energia é força; (3)
- Luz é energia; (3)
- O vento pode ser aproveitado como energia; (3)

- Energia mecânica é algo relacionado com força e movimento; (4)
- Energia é tudo o que produz força e trabalho; (4)
- Calor é uma forma de energia; (7)
- Existem vários tipos de energia como a energia elétrica; (7)
- Energia é a intensidade da força; (7)
- Força e energia são as mesmas coisas; (7)
- Energia elétrica é uma energia; (8)
- A energia é transmitida pelo som que ouvimos; (8)
- Energia nuclear ou radiação é energia; (8)
- Eletricidade, mecânica e calor são formas de energia; (9)
- Energia é só cinética e potencial; (9)
- A energia potencial se refere a um corpo no campo gravitacional; (9)
- A energia potencial pode ser vista na altura, na gravidade ou o peso do corpo; (9)
- Calor é uma energia calorífica; (9)
- A queima do fogo tem energia; (10)

Categoria: ORIGEM. Destacam a origem da energia.

- Eletricidade é fonte de energia; (1)
- A energia que é utilizada em nossa sociedade exige fontes de energia; (1)
- O Sol emite energia e não calor; (2)
- O Sol emite energia térmica; (2)
- Os raios solares entram pela atmosfera aquecendo a Terra; (2)
- Energia elétrica é quem fornece luz; (7)
- É possível obter energia do óleo, gasolina, do sol; (10)
- A água é necessária para fazer com que os geradores de energia funcionem; (10)

Categoria: OUTRAS. Esta categoria inclui as concepções que não se enquadram nas categorias apresentadas ou frases que não apresentam concepções.

- Energia tem diferentes forças; (1)
- O que faz o corpo se mover é a força e não a energia; (7)
- Energia é o centro da gravidade; (9)
- Fóton não tem energia (9)

APÊNDICE I

Concept Tests (Peer instruction)**CONCEPT TEST 1 - Trabalho**

Questão 1 - (O objetivo aqui é passar ao aluno a idéia que nosso corpo consome energia para se manter, seja para movimentar músculos, ou qualquer outro órgão. Ou seja, há realização de trabalho em cada processo desse. Isso será trabalhado mais a frente, no próprio texto)

Pergunta: **Ao empurrar uma parede, aplicamos força sobre ela, mas não a deslocamos. Neste caso, é correto afirmar sobre energia:**

- a) Não há uso de energia, pois a parede não é deslocada, e o que é estável não tem energia;
- b) Há uso de energia, pois mesmo não deslocando a parede, é realizado trabalho sobre a mesma;
- c) Há uso de energia na realização de trabalho no corpo da pessoa, para movimentar seus músculos, por exemplo;
- d) Não há uso de energia, por que o que faz o corpo se mover é a força e não a energia.

A resposta correta é a alternativa 'c'.

As alternativas 'a' e 'd' foram baseadas nas concepções alternativas retiradas do Anexo I.

Questão 2 - (Objetivo semelhante ao anterior: mostrar que o carro consome energia mesmo parado, quando ligado, para realizar trabalho nas correias, pistões, etc)

Pergunta: **O motor de um carro a combustão queima combustível para extrair sua energia e fazer as engrenagens se movimentarem. Quando o carro está ligado, porém parado, é correto afirmar que:**

- a) Não há consumo de combustível, mas há uso de energia;
- b) Não há consumo de combustível nem de energia, pois o carro não realiza trabalho;
- c) Há consumo de combustível, mas não uso de energia, pois não há movimento do carro;
- d) Há consumo de combustível e uso de energia, para movimentar as partes do motor, mesmo que o carro não ande.

A resposta correta é a alternativa 'd'.

CONCEPT TEST 2 - Conservação de energia

Questão 1 - (Objetivo de mostrar de a energia se conserva em qualquer tipo de transformação, Princípio de conservação de energia)

Pergunta: (ENEM 1999 Adaptada) **A lista a seguir apresenta alguns exemplos de processos, fenômenos ou objetos em que ocorrem transformações de energia.**

Motor a combustão → transforma energia térmica em mecânica;

Pilha → transforma energia química em elétrica

Gerador → transforma energia cinética em elétrica

Lâmpada → transforma energia elétrica em luminosa

Buzina de carro → transforma energia elétrica em sonora

Dentre os processos indicados na tabela, ocorre conservação de energia total

- a) em todos os processos.
- b) somente nos processos que envolvem transformação de energia sem dissipação de calor.
- c) somente nos processos que envolvem transformação de energia mecânica.
- d) somente nos processos que não envolvem transformação de energia química.

A resposta certa é a 'a'.

Questão 2 - (Objetivo de retomar a questão de energia e capacidade de realizar trabalho)

Pergunta: **Se eu quero para esmagar latas de alumínio (que requer energia), qual das seguintes fontes vai me dar mais capacidade para o trabalho? (despreze a resistência do ar)**

- a) uma bola de **2 kg de chumbo** jogada de cima de uma casa de 10 metros;
- b) uma barra de **1 kg de alumínio** jogada de cima de um prédio de 20 metros;
- c) um pacote de **2 kg de papel** jogada de cima de uma casa de 10 metros;
- d) uma esfera de **1 kg de vidro** jogada de cima de um prédio de 20 metros;
- e) todos terão a mesma capacidade.

A resposta certa é a 'e'.

Questão 3 - (Objetivo de identificar tipos de energia classificadas como energia potencial)

Pergunta: **Qual dos seguintes itens abaixo não apresenta energia potencial química armazenada.**

- a) Um caroço de feijão
- b) Gasolina
- c) Minério de ferro
- d) Baterias
- e) Lenha

A resposta certa é a 'c'.

Questão 4 - (Objetivo de verificar a importância do Sol como fonte de energia para a Terra)

Pergunta: Dentre os tipos de energia, fontes ou usinas abaixo, qual delas não necessita do Sol para existir (ou funcionar)?

- a) Petróleo
- b) Eólica
- c) Hidroelétrica
- d) Nuclear
- e) Biomassa

A resposta certa é a 'd'.

CONCEPT TEST 3 - Tipos de usinas

Questão 1 - (Objetivo de expor o aluno a uma situação hipotética onde deverá escolher a opção de usina mais adequada para determinada região com características geofísicas específicas. Nesta questão já iremos um pouco mais a fundo no nível de aprendizagem do aluno, que é a análise crítica de um caso)

Pergunta: (Enem 2010) **Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado. Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?**

- a) Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
- b) Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
- c) Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
- d) Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

Resposta correta, alternativa 'c'.

Questão 2 - (Aqui vamos associar uso de fonte energética á uma determinada usina)

Pergunta: (ENEM 1999) **No Brasil, a construção de usinas hidroelétricas deve ser incentivada porque elas**

- I. **utilizam fontes renováveis, o que não ocorre com as termoelétricas que utilizam fontes que necessitam de bilhões de anos para serem reabastecidas.**
- II. **apresentam impacto ambiental nulo, pelo represamento das águas no curso normal dos rios.**
- III. **Aumentam o índice pluviométrico da região de seca do Nordeste, pelo represamento de águas.**

Das três afirmações lidas, somente

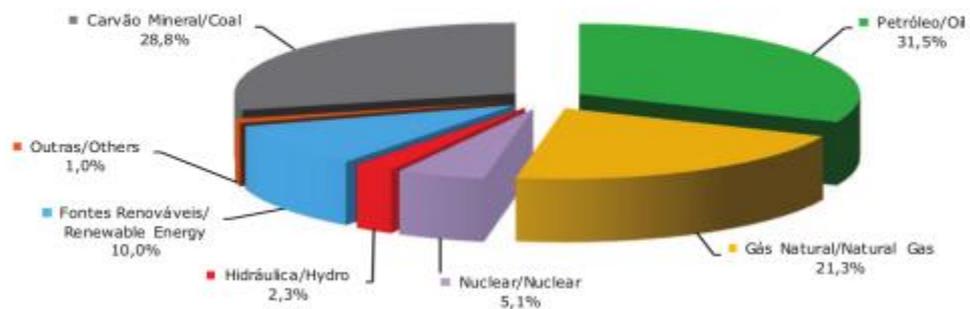
- a) I está correta.
- b) II está correta.
- c) III está correta.
- d) I e II estão corretas.

Resposta correta, alternativa 'a'.

CONCEPT TEST 4 - Uso das fontes energéticas no mundo

Questão 1 - (Aqui, o objetivo é compreender que a escolha de fontes está relacionada a vários fatores, como disponibilidade e aspectos geográficos de cada região)

Pergunta: **O gráfico abaixo representa as fontes energéticas usadas no mundo no ano de 2013.**



Considere as seguintes afirmações:

- I - As hidrelétricas são pouco utilizadas no mundo porque têm baixa eficiência energética
- II - As hidrelétricas são pouco utilizadas no mundo devido ao baixo potencial hídrico na maioria dos países
- III - O carvão mineral é muito utilizado no mundo pois é muito abundante na natureza
- IV - O carvão mineral é muito utilizado no mundo pois sua utilização gera pouca poluição

Estão corretas as afirmativas:

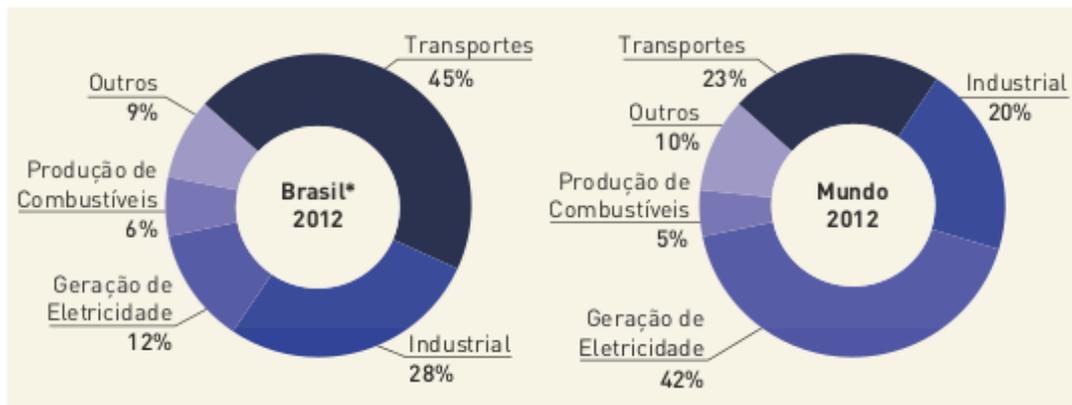
- a) I e V
- b) III, IV e V
- c) II e III
- d) II, III e V
- e) Todas estão corretas

Resposta correta, alternativa 'c'

CONCEPT TEST 5 - Poluição por setor energético

Questão 1 - (Objetivo de verificar a proporção de geração de gases poluentes por setores energéticos. Aqui será confirmada a questão da poluição por tipo de usina)

Pergunta: O gráfico abaixo mostra a proporção de geração de Gases de Efeito Estufa (GEE) por atividade ligada ao setor energético.



Podemos ver no gráfico que a parcela de geração de GEE para Geração de Eletricidade no Brasil é muito menor que a média mundial. A respeito desta análise, são feitas as seguintes afirmativas:

- I - O Brasil possui tecnologia mais avançada para Geração de energia, gerando menos poluentes
- II - A maioria dos países do mundo usam fontes não-renováveis, como combustíveis fósseis para Geração de Eletricidade
- III - O Brasil usa, em sua maioria, hidrelétricas para Geração de Eletricidade, que não gera GEE
- IV - O Brasil usa pouca energia elétrica

Estão corretas as afirmativas:

- a) I e II
- b) II e III
- c) III e IV
- d) II, III e IV
- e) Todas estão corretas

Alternativa correta, letra 'b'.