INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO DE JANEIRO

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências
Campus Nilópolis

WELLINGTON DUTRA DOS REIS

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*) ALIADO A SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FONTES DE ENERGIA: produção, distribuição e consumo

Nilópolis - RJ

2018

WELLINGTON DUTRA DOS REIS

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*) ALIADO A SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FONTES DE ENERGIA: produção, distribuição e consumo

Dissertação apresentada como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto Federal do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira

Nilópolis - RJ

2018

Wellington Dutra dos Reis

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*) ALIADO A SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FONTES DE ENERGIA: produção, distribuição e consumo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, modalidade profissional, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Data da aprovação: 27 de abril de 2018.

_____

Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

_____

Prof. Dr. Marcus Vinicius da Silva Pereira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

_____

Prof. Dr. Augusto César de Castro Barbosa
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Nilópolis – RJ

2018

DEDICATÓRIA

Para a minha esposa, Ester Carvalho Araujo Dutra, pelo amor, carinho e dedicação integral.

May the Love be with us.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo aos meus pais, José Clóvis dos Reis e Maria Isabel Dutra dos Reis, por terem dado o ponta pé inicial e a dedicação para minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira, pela atenção e pelo apoio que me proporcionou.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelas conversas e discussões que me proporcionaram grande amadurecimento.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos pelo apoio intelectual e moral durante essa árdua caminhada

EPÍGRAFE

Não deve haver limites para o esforço humano. Somos todos diferentes. Por pior do que a vida possa parecer, sempre há algo que podemos fazer em que podemos obter sucesso. Enquanto houver vida, haverá esperança.

Stephen Hawking

REIS, W.D. dos.; **Utilização do método Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) aliado a simulações computacionais para o ensino de fontes de energia: produção, distribuição e consumo**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal do Rio de Janeiro, modalidade profissional, campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2018.

RESUMO

No Brasil o ensino de física passou por diversas mudanças ao longo das décadas e esses diferentes enfoques originaram um conhecimento fragmentado em conteúdos hierarquizados, enfatizando um grupo de tópicos específicos de física e um currículo esquematizado com conteúdos extensos e regidos pelos editais dos vestibulares ou exames como o Exame Nacional do Ensino Médio. Nesse modelo atual de ensino, os conteúdos devem ser transmitidos aos educandos sem a preocupação com a contextualização e sem levar em consideração seus interesses pessoais e seus conhecimentos prévios. No trabalho a ser apresentado, é proposto que a maneira de ensinar carece de uma reformulação, bem como a postura do aluno perante a aula e seus estudos, sendo necessário que estude antes da aula. São discutidos os resultados da aplicação do método *Peer Instruction* aliado ao uso de simulações computacionais para o ensino das fontes energéticas, sua produção, distribuição e consumo, aplicado em três turmas de uma escola pública do Rio de Janeiro. Os dados foram obtidos, em dois testes iguais, antes e depois da aplicação do método, foram analisados a partir do ganho normalizado de Hake, e comparados aos valores da literatura. Os resultados revelam que as turmas apresentam ganhos inferiores se comparados à literatura internacional e se tornam compatíveis com aqueles esperados a turmas submetidas a estratégias de aprendizagem ativa, de acordo com resultados aplicados no Brasil. Pode também ser verificado que a associação deste método com o Ensino sob Medida pode ser uma estratégia potencialmente significativa para o ensino. Nossos resultados corroboram a ideia de que as metodologias ativas podem ser utilizadas como mediadora da relação ensino-aprendizagem em as escolas.

Palavras-chave: *Peer Instruction*, fontes de energia, *Plickers*, ganho de Hake, aprendizagem ativa.

REIS, W.D. dos.; **Use of the Peer Instruction method combined with computational simulations for the teaching of energy sources: production, distribution and consumption**. Master's degree dissertation. Stricto Sensu Postgraduate Program in Science Teaching at the Federal Institute of Rio de Janeiro, professional mode, campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, Brazil, 2017.

ABSTRACT

In Brazil the teaching of physics underwent several changes throughout the decades and these different approaches originated a fragmented knowledge in hierarchical contents, emphasizing a group of specific topics of physics and a schematic curriculum with extensive contents and governed by the vestibular edicts or exams like the National High School Exam. In this current model of teaching, content should be transmitted to learners without concern for contextualization and without considering their personal interests and their prior knowledge. In the paper to be presented, it is proposed that the way of teaching needs a reformulation, as well as the posture of the student before the class and his studies, being necessary that he studies before the lesson. The results of the application of the Peer Instruction method together with the use of computer simulations for the teaching of energy sources, their production, distribution and consumption, are applied in three classes of a public school in Rio de Janeiro. The data were obtained, in two equal tests, before and after the application of the method, were analyzed from the normalized gain of Hake, and compared to the values of the literature. The results show that the classes present lower gains when compared to the international literature and become compatible with those expected to the classes submitted to active learning strategies, according to results applied in Brazil. It can also be verified that the association of this method with Tailored Education can be a potentially significant strategy for teaching. Our results corroborate the idea that active methodologies can be used as mediator of the teaching-learning relationship in schools.

Keywords: Peer Instruction, Power Supplies, Plickers, Hake Gain, Active Learning.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações
BNCC Base Nacional Comum Curricular
ENEM Exame Nacional do Ensino Médio
ERIC Education Resources Information Center
EsM Ensino sob Medida
FCI Force Concept Inventory
FNDE Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IFRJ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
IpC Instrução pelos Colegas
JiTT Just-in-Time Teaching
LDB Lei de Diretrizes e Bases da educação nacional
LLECE Laboratório Latino-americano de Avaliação da Qualidade da Educação para a América Latina
MEC Ministério da Educação
NTE Núcleo de Tecnologia Estadual
NTM Núcleo de Tecnologia Municipal
OCDE Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBLE Programa Banda Larga nas Escolas
PCN Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PGMU Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado Prestado no Regime Público
PhET Physics Education Technology
PISA Programa Internacional de Avaliação de Alunos
PNLD Programa Nacional do Livro Didático
PROUCA Projeto Um Computador por Aluno
SEEDUC Secretaria de Estado de Educação
SSCI Sciences Citation Index
TDIC Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UCA Um Computador por Aluno
UFJF Universidade Federal de Juiz de Fora
UFV Universidade Federal de Viçosa
Unesco Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
ZDP Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 O MÉTODO E SUAS APLICAÇÕES 16
2.1 O MÉTODO INSTRUÇÃO POR COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*) 16
2.2 TECNOLOGIA NA LEGISLAÇÃO EDUCACIONAL 26
3. A BASE METODOLÓGICA E VYGOTSKY 29
3.1 BASE METODOLÓGICA EDUCACIONAL DO TRABALHO 29
3.2 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO E APREDIZAGEM DE VYGOTSKY E A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL 30
4. METODOLOGIA DA PESQUISA 34
4.1 O COLÉGIO EM CONTEXTO 34
4.2 CONTEÚDOS ABORDADOS 35
4.3 USO DAS SIMULAÇÕES E VÍDEOS 38
4.4 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS 44
4.5 OS TESTES CONCEITUAIS 48
4.6 QUESTIONÁRIOS PRÉ-AULA 55
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA PELO GANHO DE HAKE NORMALIZADO 59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 67
REFERÊNCIAS 70
APÊNDICE A – PRÉ E PÓS TESTE APLICADO 75
APÊNDICE B – TESTES CONCEITUAIS 80
APÊNDICE C – MATERIAL DE APOIO E TAREFA DE LEITURA 89

1. INTRODUÇÃO

O ensino de física brasileiro mudou seu foco diversas vezes ao longo das décadas, ora preparando o aluno para o ensino superior (ensino propedêutico) – cujos métodos de ensino encontravam-se apoiados em um ensino por transmissão, generalista e extremamente expositivo; ora preparando para o mercado de trabalho (ensino profissionalizante) com finalidade de formação técnica para o trabalho. Esses diferentes enfoques originaram um conhecimento fragmentado em conteúdos hierarquizados, enfatizando um grupo de tópicos específicos de física e um currículo esquematizado com conteúdos extensos e regidos pelos editais dos vestibulares ou exames como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Nesse modelo atual de ensino, os conteúdos devem ser transmitidos aos educandos sem a preocupação com a contextualização e sem levar em consideração seus interesses pessoais e seus conhecimentos prévios (ROSA, ROSA, 2012).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000, p. 4), o que se espera do Ensino Médio é que se prepare o jovem para ser um cidadão crítico. Nesse sentido, o estudante deve ter acesso a uma aprendizagem não somente eficaz no ambiente escolar ou profissional, mas na sua vida.

> Referenda-se uma visão do Ensino Médio de caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante.

Com relação às dificuldades de ensinar física, segundo Mayer (2013, p. 231),

> A aplicação das matérias, como a de ciências naturais em muitos lugares ainda é transmitida de forma diminuída, o modelo de interação aluno/conteúdo, não é totalmente aceito por alguns professores devido a fatores, como: maior ocupação do seu tempo e maior dedicação do mesmo com novos métodos didáticos.

Com a aprovação das Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no ano de 2017, para o ensino fundamental e a eminente aprovação para o ensino médio, seus textos também devem ser referência para uma base metodológica atualizada.

A BNCC, em 2017, alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) por força da Lei nº 13.415/2017. Dessa forma, a legislação brasileira passa a utilizar, concomitantemente, duas nomenclaturas para se referir às finalidades da educação:

> Art. 35-A. A Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, nas seguintes áreas do conhecimento [...]
> Art. 36. § 1º A organização das áreas de que trata o caput e das respectivas competências e habilidades será feita de acordo com critérios estabelecidos em cada sistema de ensino (BRASIL, 2017).

Além disso, desde as décadas finais do século XX e ao longo deste início deste século, o eixo que tem orientado a maioria dos Estados e Municípios brasileiros e diferentes países na construção de seus currículos está baseado nas competências. Eixo esse que também é adotado nas avaliações internacionais da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) – que coordena o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) – e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), que instituiu o Laboratório Latino-americano de Avaliação da Qualidade da Educação para a América Latina (LLECE). (BRASIL, 2017)

No ponto de vista da BNCC, as habilidades não devem ser desenvolvidas de forma genérica e descontextualizada, e sim por meio da leitura de textos pertencentes a gêneros que circulam nos diversos campos de atividade humana, de forma contextualizada pelas práticas, gêneros e diferentes objetos do conhecimento em questão. Esta complexidade se expressa pela articulação de vários pontos específicos, dentre eles a consideração da cultura digital e das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (BRASIL, 2017). Desse modo, uma das dificuldades encontradas pelos professores é ensinar física relacionando a disciplina ao cotidiano do aluno, de forma que esse estudante se torne capaz de aprender e aplicar diretamente esse conhecimento ao mundo ao seu redor.

> Assim é importante que o professor de ciências naturais traga métodos alternativos para que haja maior interação do aluno com as aulas. Que o professor seja capaz de suprir algum tipo de dificuldade que o aluno possa vir a ter em relação aos conteúdos. Esperando que tenham um melhor desempenho, podendo observar no seu dia a dia a importância da ciência. (MAYER, 2013, p. 232).

Mudar essa realidade não é uma tarefa fácil, pois não se trata apenas de uma mudança no modelo das aulas, mas também na postura do aluno, uma vez que ele deverá participar mais ativamente. Entretanto, a saída do professor da “zona de conforto” que a sala de aula atual proporciona não é uma solução simples. O professor, tendo que cumprir um conteúdo programático extenso, geralmente copia os trechos do livro base da escola; já o aluno, sem ânimo algum, toma nota da matéria exposta pelo professor. Isso contribui para tornar a aula entediante, tanto para o professor quanto para o aluno. Nesse sentido, o processo de melhoria

do ensino passa indubitavelmente pela formação dos professores, sendo necessário, portanto, investimento na formação desses profissionais, nas condições de trabalho oferecidas e na informatização das escolas (MACÊDO, DICKMAN, ANDRADE, 2012; FREIRE, RICARDO, 2007).

De fato, o professor possui uma grande responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem do aluno, mas não pode ser o único responsável pelo empenho do aluno. O trecho abaixo evidencia tal responsabilidade por parte do professor:

> Tal responsabilidade não é um fardo leve. Em meio a condições não raro adversas de infraestrutura e apoio institucional, o professor tem como tarefa propiciar aos alunos condições para que possam se engajar no processo de aprendizagem e orientá-los de modo a alcançar uma aprendizagem significativa da matéria em estudo. “Tornar o aluno um agente ativo, (co)responsável pelo processo de ensino e aprendizagem” é algo mais fácil de defender do que colocar em prática, principalmente quando o professor está à frente de uma classe numerosa, com alunos pouco interessados, sempre assombrado pelo fantasma da evasão. (ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 364).

No trabalho a ser apresentado na dissertação, é proposto que a maneira de ensinar carece de uma reformulação, bem como a postura do aluno perante a aula e seus estudos, sendo necessário que estude antes da aula. Neste mundo tecnológico que vivemos, é importante que os professores se utilizem das novas ferramentas de ensino, sobretudo para os alunos da educação básica (BETZ e TEIXERA, 2012, p. 789).

Dentre os diversos usos do computador como recurso didático, as modelagens conseguem proporcionar uma maior interatividade dos alunos com um determinado modelo de fenômeno físico. Além disso, no ensino de física, essas modelagens podem ter como objetivo, ao mesmo tempo: a) ilustrar para que os alunos visualizem graficamente sutilezas do modelo teórico; b) questionar os estudantes quanto aos conceitos e modelos, como descreve Figueira (2005, p. 615):

> Algumas das vantagens que as atividades de modelagem realizadas em um computador podem oferecer no processo de ensino e aprendizagem são as seguintes:
> - Permite a visualização gráfica de elementos sutis do modelo teórico.
> - Possibilita a participação ativa dos alunos: sistemas interativos exigem respostas e tomadas de decisões, fazendo com que o aluno construa seu próprio conhecimento.
> - Interpretação de modelos físicos: ao utilizar laboratórios virtuais e testar hipóteses, obtendo previsões sobre esses sistemas, o aluno é capaz de refletir sobre diferentes modelos teóricos.

Ensinar física vai além de apresentar equações e deduções dos conceitos. Ao atuar como professor regente de turmas de ensino médio, é possível notar que, quando um aluno consegue observar um fenômeno físico, é capaz também de compreender tal fenômeno devido

ao nível das perguntas que surgem durante a exposição. Porém grande parte das escolas públicas e privadas não possuem um laboratório e neste ponto as simulações possibilitam essa demonstração com um investimento pequeno da escola ou do professor.

Na década de 1990, o professor Eric Mazur, da Universidade de Havard (EUA), desenvolveu um método de ensino colaborativo: o Método *Peer Instruction*, conhecido no Brasil como Instrução pelos Colegas[1] (IpC) ou Instrução pelos Pares, que faz uso de sistemas de resposta tornando as aulas uma mistura de movimentos expositivos e interativos. Esse método vai no sentido oposto ao procedimento de memorização de equações e exercícios, pois necessita que o aluno busque as informações sobre o conteúdo disciplinar. Ou seja, o aluno é levado a estudar previamente o assunto indicado pelo professor para a aula. Acredita-se que um aluno ativo e participativo na sala de aula, por meio da troca de ideias com seus colegas de classe, aprende com mais facilidade. Essa é a principal característica do método: a interação entre os colegas.

Esse método pressupõe que o professor limite a exposição inicial de um conceito em um curto intervalo de tempo, quando então apresenta um Teste Conceitual[2] de escolha múltipla, a ser respondido individualmente pelos alunos (em aproximadamente três minutos) (MAZUR, 2015). Dependendo do índice de acertos da turma, o professor pode refazer a exposição; formar pequenos grupos de alunos que são estimulados a debaterem entre si; ou seguir em frente para o próximo teste conceitual. O debate entre os alunos deve ser mediado pelo professor, induzindo sempre os alunos a interrogarem uns aos outros, com o objetivo de promover o aprendizado. As respostas dos alunos podem ser informadas ao professor de diversas maneiras; entre elas encontram-se sistemas eletrônicos de respostas (*clickers*[3]), cartelas coloridas (*flashcards*), computadores e outros dispositivos eletrônicos conectados à Internet. Neste trabalho, todas as respostas foram apuradas utilizando o aplicativo *Plickers*[4], instalado no celular do professor.

Quando o índice de acertos for superior a 70%, o professor explica brevemente a resposta e passa para o próximo tópico, sem aprofundar no conteúdo. Se o índice de acertos for inferior a 30%, o professor volta a explicar o assunto abordado e posteriormente

---

[1] Usaremos, ao longo do presente trabalho a tradução Instrução pelos Colegas para a expressão *Peer Instruction*.
[2] MAZUR (2015) cunhou o termo *ConcepTest* para caracterizar os tipos particulares de testes conceituais usados no IpC.
[3] São sistemas de resposta pessoal sem fio que podem ser usados em uma sala de aula para coletar anonimamente e rapidamente uma resposta a uma pergunta.
[4] Plickers é um aplicativo para celular que permite aos professores coletar dados em tempo real sem a necessidade de dispositivos para estudantes.

apresentar novamente um teste sobre o assunto (podendo ser o mesmo teste), reiniciando o ciclo. No entanto, se o índice de acertos ficar entre 30% e 70%, o professor orienta os alunos a formarem pequenos grupos, podendo então estimular a discussão entre os membros do grupo. Logo após o debate, cada aluno apresenta a sua resposta de forma individual. Neste formato, o aluno que marcou a resposta correta durante a primeira submissão de resposta, via de regra consegue convencer aquele que marcou a resposta errada antes das discussões (MAZUR, 2015). O intervalo de acertos entre 30% e 70% não é universal, cabendo ao professor reajustar segundo suas necessidades. No próximo capítulo, a estrutura proposta para a etapa dos Testes Conceituais será apresentada em maiores detalhes.

Nesse método, o aluno, como já mencionado, é convocado a estudar antecipadamente. Acredita-se que a solução possível seja o *Just-in-Time Teaching* (NOVAK, 1999) – resumidamente, o *JiTT*, no Brasil, é também conhecido como Ensino sob Medida (EsM) – que consiste em um curto questionário, com duas a três perguntas, a ser respondido *on line* e entregue até um dia antes da aula, cuja finalidade é ajudar os alunos a assumirem responsabilidade pela sua aprendizagem. Além disso, o questionário contribui também para que o professor possa investigar as dificuldades prévias do aluno em relação ao material a ser abordado em aula, de modo a permitir que o professor prepare aulas sob medida para aqueles alunos.

A metodologia descrita nesta dissertação busca fazer com que o estudante deixe de ser apenas um espectador, tendo um papel mais ativo em sala de aula. Para isso, ele necessita estudar antecipadamente para as aulas, bem como buscar informações nos materiais indicados pelo professor (MAZUR, 2015).

O trabalho se fundamenta na ideia de que a inserção de tecnologias, como as simulações por meio do IpC, contribui para o aprendizado do aluno ao unificar as inúmeras conexões entre os conhecimentos científicos básicos, os fenômenos naturais e a aprendizagem ativa. Assim sendo, acaba por evidenciar o valor das TDIC – como um componente potencializador do processo de ensino e aprendizagem – que devem ser usadas conscientemente e estruturalmente como ferramenta de ensino, fazendo parte das atividades dos alunos de forma constante, mas não exclusiva.

> O grande objetivo da utilização de tecnologia no processo de aprendizagem é fazer dela ferramenta de ensino e, considerando computadores e *internet*, o ensino de física por meio desses equipamentos pode superar, ou no mínimo amenizar, a problemática gerada pelo ensino atual. Dessa forma, busca-se levar ao estudante a formação física adequada, deixando que a matemática faça sua parte de forma menos constante. Isso significa produzir aulas interessantes, que priorizem a metodologia e não somente o conteúdo, o raciocínio científico, o aluno pesquisador e o desenvolvimento da estrutura cognitiva. (CARDOSO e DICKMAN, 2012, p. 895)

O propósito geral da pesquisa foi de avaliar o uso do método IpC como estratégia didática para o ensino de fontes de energia em turmas do 2° ano do ensino médio do estado do Rio de Janeiro, utilizando como suporte as TDIC.

Para a implementação de nossa proposta, o trabalho contou com os seguintes passos, a saber:

i) elaborou-se um produto educacional baseado no método IpC, composto por textos de apoio, vídeos, simulações computacionais, questões conceituais e o pré e pós-teste, para formular o material;

ii) o produto educacional foi implementado em três turmas do Ensino Médio;

iii) foi avaliado se os ganhos de aprendizagem são compatíveis com aqueles encontrados em estudos nacionais e internacionais.

Todo esse material, organizado aula por aula, está disponível em DVD e em um ambiente virtual[5].

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre o IpC, EsM e do uso das TDIC no ensino; tal revisão serviu de embasamento teórico para a realização deste trabalho. No capítulo 3, é apresentada a teoria de aprendizagem que orienta o desenvolvimento deste trabalho. O capítulo 4 foi destinado a apresentar a metodologia para a elaboração do produto educacional, relatando a escolha dos conteúdos, das simulações e a proposta de avaliação do método. Nas considerações finais, são relatadas quais as dificuldades que estão presentes na implementação do método, na estrutura escolar e no público alvo do trabalho e as conclusões acerca da aplicação, apresentando resultados equivalentes a aplicações feitas em outras escolas nacionais de excelência.

---

[5] Todo o material instrucional desenvolvido está disponível em: https://drive.google.com/open?id=0B_dga1Rw86zsOHlQekRhR0ZYRTA

2. O MÉTODO E SUAS APLICAÇÕES

Este capítulo tem como objetivo descrever o método Instrução por Colegas (IpC) e apresentar, de maneira objetiva e concisa, as referências encontradas na literatura nacional e internacional que, juntamente com os principais estudos sobre tal método, foram usados como base no desenvolvimento da presente investigação.

2.1 O MÉTODO INSTRUÇÃO POR COLEGAS (*PEER INSTRUCTION*)

O IpC é um método de ensino que tem como principal objetivo tornar a aula mais interativa, distanciando-se assim do ensino tradicional, no qual os alunos, em geral, assumem uma postura passiva em sala de aula. Atualmente é um método de ensino consolidado e utilizado em diversas disciplinas, especialmente no ensino superior (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; CROUCH, MAZUR, 2001; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008; KARWOSKI, 2012).

Uma das principais ideias do método é fazer com que os alunos interajam entre si ao longo das aulas, procurando explicar, uns aos outros, os conceitos que estão sendo abordados, por meio de questionamentos estruturados, que serão apresentados pelo professor (essas questões conceituais foram definidas pelo autor como testes conceituais). Este método auxilia para que os alunos se envolvam com o conteúdo de ensino, promovendo o aprendizado colaborativo (MAZUR, 2015).

A implementação deste método permite que possa ser utilizado em conjunto com outros métodos – como, por exemplo, o EsM (NOVAK et al., 1999) – podendo ser uma estratégia potencialmente significativa para o ensino, colaborando para a compreensão correta dos conceitos físicos, desenvolvendo habilidades de comunicação e facilitando a identificação das dificuldades assinaladas pelos alunos e pelo professor (CROUCH, MAZUR, 2001).

Como citado na introdução, a aula IpC é baseada em testes conceituais e, de acordo com a porcentagem de acertos em cada questão, o professor decide sobre a sequência da aula. Na figura 2.1, é apresentado o fluxograma da aula IpC:

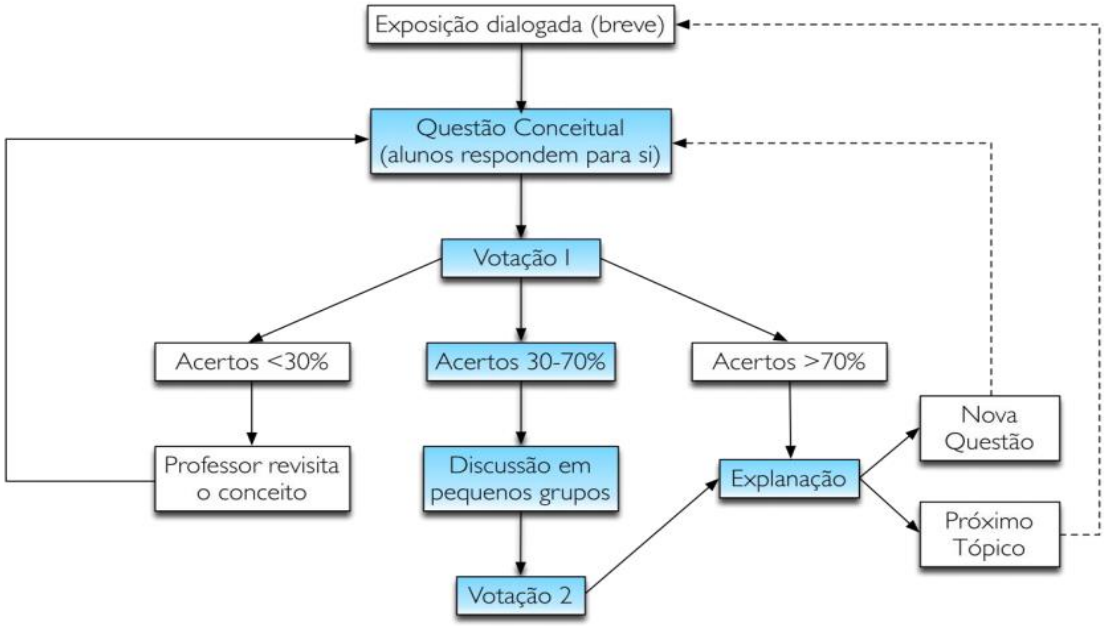


Fig. 2.1 - Diagrama do processo de implementação do método IpC (ARAUJO e MAZUR, 2013)

Utilizando como base as respostas contidas no estudo prévio que os alunos fizeram pelo EsM, o professor realiza uma exposição breve, que contenha os tópicos nos quais os alunos tiveram maiores dificuldades. Dessa forma, é possível observar a importância de o professor receber esse questionário com um tempo hábil para formular a sua aula. Se não for possível aplicar o questionário anteriormente, a sugestão do autor (MAZUR, 2015) é que o professor se utilize de sua experiência pedagógica para determinar quais tópicos deverão ser abordados em sala. Essa breve exposição deve durar cerca de 10 a 15 minutos sobre o assunto, enfatizando os conceitos e as ideias que fundamentam o princípio, sempre evitando equações e deduções matemáticas.

Logo após essa breve exposição, o professor apresenta um teste conceitual, anteriormente selecionado, projetando no quadro ou até mesmo por uma folha impressa, como foi o caso do trabalho de Araujo *et al*. (2017), para que o aluno individualmente responda ao professor.

O levantamento das respostas pode ocorrer de várias formas distintas, por exemplo:

1. Levantar a mão: como opção mais simples dentre todas as outras, o professor pode pedir para cada estudante levantar a mão para escolher sua resposta. Essa forma de levantamento deve ser utilizada em último caso, pois sua principal desvantagem é a perda de precisão devido à tendência dos alunos a seguir a resposta do colega

que ele acredita deter um maior conteúdo da matéria e também porque alguns estudantes podem hesitar em erguer a mão.

2. *Flashcards:* cada estudante recebe um conjunto de cartões (contendo as alternativas A,B,C,D,E) para sinalizar a resposta a uma questão. É importante que o professor realize uma dinâmica – em que as respostas sejam respondidas ao mesmo tempo – para evitar que o aluno não seja influenciado em sua resposta, pois assim o docente terá uma visão geral da turma e poderá calcular o índice de acertos. A principal limitação desse método é o atraso na leitura e no feedback devido a possível demora no recolhimento e cálculo do índice após cada resposta.
3. *Clickers*: dispositivo remoto de resposta, semelhante a um controle remoto (via receptor de radiofrequência), que o aluno utiliza para marcar suas alternativas. Essas respostas são enviadas para um computador por meio de um software. Após repassarem as respostas, o professor, utilizando o software, pode obter a resposta imediatamente. Outra vantagem é que dificilmente um aluno será influenciado pela resposta de outro colega, pois o sistema de respostas é bem sigiloso, exigindo do aluno apenas o toque de um botão. Um ponto negativo é que o custo deste produto requer da instituição um investimento financeiro que pode dificultar a escolha pela sua utilização.
4. *Plickers®*: Este é um software que pode ser baixado gratuitamente pelas lojas oficiais do *Android (Playstore)* e *Apple (apple store)*. Reproduz o funcionamento dos Clickers, sendo necessário apenas criar uma conta no site[6] e cadastrar os dados da classe e questões a serem aplicadas na biblioteca do aplicativo.

Para se utilizar do *Plickers*, o professor antes do início da aula necessita cadastrar na biblioteca do aplicativo todas as questões que vão ser trabalhadas com os alunos da turma, podendo nomear também a turma, auxiliando no registro dos dados gerados na pesquisa.

No início da aula, os alunos recebem um cartão-resposta que apresenta quatro opções de resposta. Pode ser obtido no site do aplicativo ou comprados pelo site oficial. A posição em que ele levanta o cartão-resposta corresponde a uma alternativa.

[6] https://plickers.com/

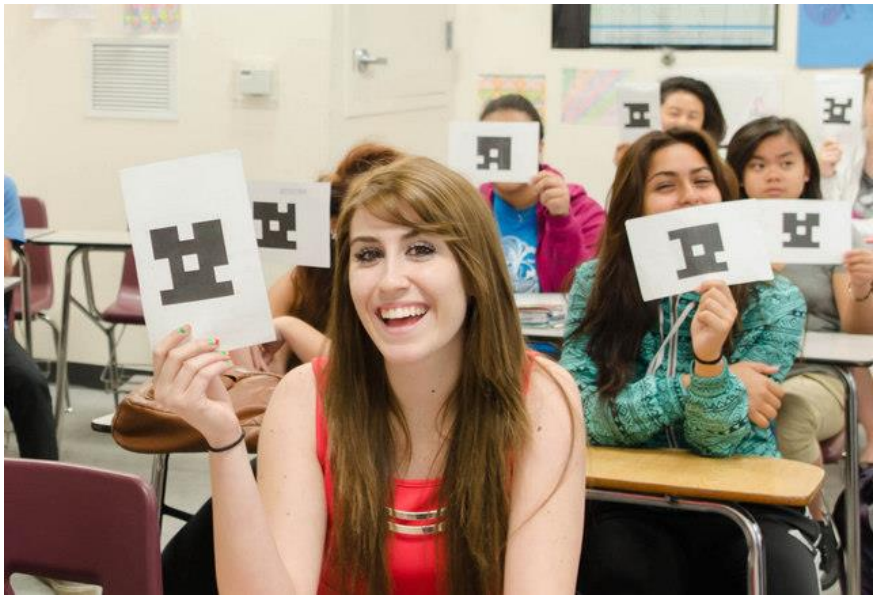


Fig. 2.2 - Imagem apresentada no site oficial do aplicativo, que apresenta os cartões utilizados para responder os testes conceituais. Fonte: https://plickers.com

O professor, com um celular que contenha o aplicativo Plickers®, consegue escanear as respostas e, após o registro, o aplicativo fornece uma parcial daquela questão com relação àquela turma. Devido à facilidade de obtenção do aplicativo e cartões-resposta, esse será o método utilizado nesta pesquisa.

(a)

(b)

Fig. 2.3 – (a) professor escaneando as respostas dos alunos, (b) Celular apresentando o quadro de respostas dos alunos. Fonte: https://plickers.com

Aconselha-se que o tempo necessário para que cada aluno responda ao teste conceitual seja entre 2 a 4 minutos. Caso o índice seja inferior a 30%, provavelmente a maioria dos alunos não compreendeu sua abordagem, sendo necessária uma nova explicação com uma outra abordagem. Caso o índice de acertos seja superior a 70%, há um indício de que a maioria entendeu os conceitos, então o professor pode realizar uma breve explanação do teste conceitual, corrigindo o teste, e segue para o próximo conteúdo.

Porém, quando o índice de acertos fica entre 30% e 70%, é que a metodologia alcança sua eficiência máxima (MAZUR, 2015), uma vez que, nesse caso, uma discussão entre pequenos grupos de alunos anteriormente selecionados deve ser feita, para que juntos façam um pequeno debate para que cada um defenda a sua opção escolhida no teste. Essas discussões, em regra, ajudam a desenvolver habilidades de comunicação, além de facilitar a identificação das dúvidas assinaladas pelos alunos (CROUCH, MAZUR, 2001).

> Questões, cuidadosamente escolhidas, fornecem aos alunos a oportunidade para descobrirem e retificarem seus erros e, no decorrer do processo, proporcionam a aprendizagem de conceitos relevantes por meio das discussões entre colegas. Na medida do possível, os grupos devem ser organizados de modo que reúnam alunos que optaram por diferentes alternativas na questão conceitual. Nesse momento, há um processo de interação e convencimento entre os alunos; os que apresentam argumentos mais plausíveis encorajam os demais a substituir suas respostas (MÜLLER, 2013, p.19)

A figura 2.4 representa a síntese dos principais passos quando unimos o IpC com o EsM.

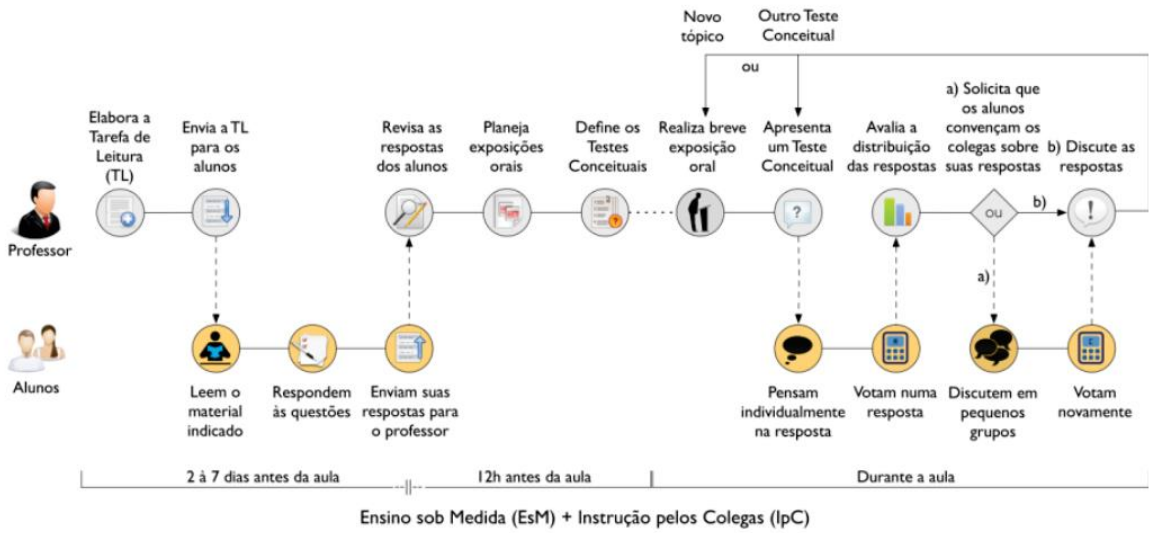


Fig. 2.4 - Diagrama do processo de implementação do método IpC e EsM, para uma determinada aula. (ARAUJO e MAZUR, 2013)

Pesquisas nacionais recentes (ARAUJO et al., 2017; DINIZ, 2015; MÜLLER, 2013; ARAUJO, MAZUR, 2013; OLIVEIRA, 2012) e internacionais (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; CROUCH, MAZUR, 2001; TURPEN, C.; FINKELSTEIN, 2010; CROUCH et al., 2007; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008; JAMES, 2006) apontam que, após a discussão, os argumentos corretos normalmente convencem os mais equivocados e as respostas dadas após as discussões entre os pares convergem para a resposta correta. Pesquisas semelhantes também apontam que o uso do EsM, em conjunto com o IpC, pode tornar a aprendizagem mais expressiva e eficaz, destacando-se as nacionais (ARAÚJO, MAZUR, 2013) e internacionais (DESLAURIERS, SCHELEW, WIEMAN, 2011).

Nesse sentido, merece destaque o trabalho internacional feito por Crouch e Mazur (2001), que buscou apresentar uma pesquisa sobre os 10 anos de utilização do IpC em cursos de introdução de física. Os resultados mostram um aumento no domínio dos conteúdos de física e também discutem as mudanças em sua implementação desde a sua introdução em 1991. Durante esses anos, um teste que utiliza resolução de problemas numéricos foi aplicado no início e no fim de cada ano (pré e pós-teste). No ano de 1990, sob métodos tradicionais de ensino, o ganho absoluto no pós-teste foi de 8%, enquanto no ano de 1991, utilizando o IpC como método de ensino-aprendizagem, o ganho absoluto no pós-teste foi de 14%. Com o uso contínuo do novo método, que foi passando por melhorias ao longo dos anos, esses resultados continuaram subindo até que chegou a 33% de ganho absoluto em 1998 e 2000.

Table I. Force Concept Inventory (FCI) and Mechanics Baseline Test (MBT) results.[a]

Year	Method	FCI pre	FCI post	Absolute gain (post−pre)	Normalized gain $\langle g \rangle$	MBT	MBT quant. questions	N
Calculus-based								
1990	Traditional	(70%)	78%	8%	0.25	66%	62%	121
1991	PI	71%	85%	14%	0.49	72%	66%	177
1993	PI	70%	86%	16%	0.55	71%	68%	158
1994	PI	70%	88%	18%	0.59	76%	73%	216
1995	PI	67%	88%	21%	0.64	76%	71%	181
1996	PI	67%	89%	22%	0.68	74%	66%	153
1997	PI	67%	92%	25%	0.74	79%	73%	117
Algebra-based								
1998	PI	50%	83%	33%	0.65	68%	59%	246
1999	Traditional	(48%)	69%	21%	0.40	···	···	129
2000	PI	47%	80%	33%	0.63	66%	69%	126

Figura 2.5 - Tabela retirada do trabalho de CROUCH, C. H.; MAZUR, E., Peer Instruction: Ten years of experience and results, Am. J. Phys. 69 (9), September (2001).

Em um trabalho publicado pela Universidade de Harvard, Crouch, Fagen e Mazur (2002) apresentaram um levantamento feito com um total de 384 professores que utilizaram o

IpC em suas aulas. O resultado foi plenamente satisfatório, pois uma vez que 303 professores utilizariam o método novamente, 27 professores provavelmente usariam e apenas sete não voltariam a utilizar o método. Dentre os vários questionamentos, destacou-se que 30% dos educadores disseram que o método requer muito tempo para o preparo das aulas, testes conceituais e questionários; 9% mencionaram que a quantidade de conteúdos é um fator que dificulta o uso de muitos testes conceituais e 10% tiveram que reduzir o conteúdo para a implementar o método em sua disciplina.

A respeito dos alunos desses professores, apenas 7% mostraram uma resistência em relação à participação nas discussões em aula. Um dado interessante é que quase metade dos alunos relataram que, quando o professor fica circulando pela sala, orientando sobre os testes conceituais, as discussões se tornam mais proveitosas, uma vez que são incentivados a trocar ideias. Afirmam também que, ao atribuir uma nota de participação aos estudantes, o professor incentiva um engajamento maior dos alunos nas discussões.

Ainda com relação a esse estudo, sobre o contexto do uso, 67% dos respondentes empregam o método em Universidades; 19% em faculdades de quatro anos; 3% em faculdades de dois anos; 3 % em faculdades comunitárias, 5% em instituições de educação básica e 3% em outros tipos de instituições. Resumindo, os resultados do trabalho indicam que, na maioria dos cursos avaliados, houve um ganho de aprendizagem superior à metodologia tradicional de ensino e que mais de 90% daqueles que usaram o método pretendem continuar ou expandir seu uso.

Em artigo recente publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, Müller *et al.* (2017) fazem uma revisão de literatura acerca da metodologia IpC. O levantamento dos artigos abarcados por esta revisão inclui pesquisas publicadas em revistas nacionais e internacionais, entre os anos de 1991 e 2015, e foi realizado recorrendo a duas bases de dados internacionais*: Social Sciences Citation Index* (SSCI) (por meio da plataforma *Web of Science*) e *Education Resources Information Center* (ERIC). A localização dos artigos foi feita por meio da busca de periódicos específicos, classificados nos estratos A1, A2 e B1 na área de Ensino, da plataforma Sucupira (Qualis 2014). A quantidade de artigos selecionadas em relação ao nível de estudo foram 57 de Universidade, 7 de instituições superiores de ensino tipo "*College*"[7], 1 de Ensino Médio e Universidade e 5 de Ensino Médio. Portanto, isso pode significar que pesquisas que se utilizem do IpC no Ensino Médio ainda são pouco

[7] São instituições com faculdades reunidas de diversas áreas do saber, que podem ou não fazer parte de uma universidade, e que oferecem cursos de graduação. Uma Universidade pode englobar vários *colleges*.

desenvolvidas no meio acadêmico (aproximadamente 9%) e que, mesmo passados 15 anos do levantamento feito por Crouch, Fagen e Mazur (2002), a predominância continua sendo relacionada ao Ensino Superior e o menor grupo estudado com esta metodologia permanece nas salas de educação básica.

Os autores indicam que a grande predominância de publicações no Ensino Superior pode ser interpretada de duas formas: a primeira aponta que muitas pesquisas são realizadas onde os grupos de pesquisa estão situados, colocando a instituição de nível superior no foco da pesquisa; a segunda possibilidade mostra que as universidades enfrentam muitos problemas em relação ao baixo nível de compreensão dos alunos e ao alto índice de reprovação nas disciplinas introdutórias, fazendo com que a inserção de novas metodologias seja necessária para suprir essas deficiências.

Para que haja uma equivalência entre as rendas, no âmbito nacional, é sabido que um professor do ensino médio necessita lecionar mais horas que um professor de ensino superior. Dessa forma, o tempo para o planejamento de suas aulas, ou mesmo para se dedicar aos estudos de um novo método de ensino, é algo que se torna impraticável. Todas as pesquisas realizadas no ensino médio têm como local de pesquisa escolas públicas, porém, essas são regidas por universidades ou institutos federais. Nesses locais, o professor geralmente está alocado em regime de dedicação exclusiva e seu salário pode ser equiparado aos dos professores de ensino superior, o que torna mais viável a dedicação do professor à aplicação de novas metodologias.

Em relação à aplicação do método no ensino básico:

> Adotar, portanto, novas metodologias de ensino, bem como compreender suas respectivas eficiências, é de extrema importância. Incontestavelmente, a Educação Básica também é afetada por problemas similares aos do Ensino Superior, especialmente no que se refere a motivação dos estudantes em aprenderem os conteúdos abordados em sala de aula. Frente o reduzido número de publicações, pesquisar os impactos do Peer Instruction em ambientes formais de ensino básico é, portanto, uma linha de pesquisa promissora e necessária. (MÜLLER et. al, 2017, p.5)

Algumas dissertações de mestrado brasileiras apontam estratégias para adoção do IpC, associadas com outras metodologias ativas e adaptadas para a nossa realidade. Oliveira (2012) elaborou uma unidade didática, em nível de Ensino Médio, sobre conceitos fundamentais de Eletromagnetismo, adequada para utilização com os métodos de ensino-aprendizagem EsM e IpC. Foi desenvolvida em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, composta por 30 alunos, na cidade de

Pelotas-RS. O material desenvolvido e a escolha da metodologia de ensino foram subsidiados pelos aportes teóricos fornecidos pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e pela teoria Sociointeracionista de Vygotsky. As aulas foram estruturadas em 12 encontros de uma hora e trinta minutos cada. Os resultados apresentados por esse trabalho foram analisados pelo teste t de Student e mostraram que o ensino IpC aliado ao EsM foi potencialmente significativo, explicitando também um ganho de aprendizagem dos conceitos básicos de Eletromagnetismo. A combinação dos métodos conduziu a um ganho de *Hake* igual a 0,65. Além disso, foram analisadas as opiniões dos alunos que, em sua maioria, aprovaram o método de ensino. Segundo o autor,

> Observamos que com a implementação dos métodos parece ser possível afirmar que desenvolveu-se nos alunos uma motivação relacionada à aprendizagem colaborativa, além de incentivar o envolvimento ativo no processo de ensino-aprendizagem, antes, durante e depois da aula. Em geral, os alunos estudaram os textos de apoio propostos, responderam às Tarefas de Leitura dentro dos prazos estipulados e participaram quanto das aulas com empolgantes debates sobre os conceitos físicos discutidos nas miniexposições e nos Testes Conceituais. (OLIVEIRA, 2012, p. 89).

Já o trabalho de Diniz (2015) foi realizado em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio do colégio de aplicação da UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), compreendendo os seguintes temas de Mecânica: leis de Newton, energia e quantidade de movimento. Foram aplicados questionários contendo três perguntas, utilizadas para evidenciar a efetividade do método, comparando o resultado da turma na qual foi aplicado o método IpC com duas turmas-controle, nas quais o método não foi aplicado. Os resultados foram analisados pelo ganho de *Hake* e pelo teste *t* de *Student* nas notas do FCI (*Force Concept Inventory*). A turma em que se aplicou o método IpC obteve a menor média de acertos antes da instrução (24,5%) e a maior média de acertos após a aplicação do método (32,3%) em comparação com as turmas-controle (28,5% e 25,0% de acerto no início do curso, e 30,0% e 27,3% de acertos no final, respectivamente). O ganho de *Hake* da turma IpC foi de 0,10 e das turmas-controle foi de 0,02 e 0,03. A análise das médias de acerto pelo teste *t* de *Student*, por outro lado, mostrou que as médias de acerto de todas as turmas não são estatisticamente distintas. Atribuiu-se esse resultado ao baixo número amostral de alunos nas turmas. Além disso, constatamos que a análise das respostas dos alunos às questões em sala de aula após as discussões entre os colegas pode servir de ferramenta para a identificação das principais dificuldades de compreensão dos conceitos cobrados da matéria.

Artigos nacionais sobre o tema, em contextos de ensino médio, ainda são escassos e surgem, principalmente, como desdobramentos de pesquisas de mestrado, como é o caso de Oliveira (2012) e Müller (2013) que publicaram seus trabalhos relacionados com suas dissertações, ambos no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (suas pesquisas já foram resumidas anteriormente). Além desses dois artigos, temos um trabalho mais recente feito por Araujo *et al.* (2017), que analisou os resultados de uma sequência didática baseada no método IpC para o ensino de circuitos elétricos. Os dados obtidos, em dois testes iguais, antes e depois da aplicação do método, foram analisados a partir do ganho normalizado ou ganho de *Hake* e comparados a trabalhos na literatura nacional e internacional. Os resultados revelaram que seis delas apresentaram ganhos compatíveis com aqueles esperados para turmas submetidas a estratégias de aprendizagem ativa de acordo com a literatura nacional (0,22; 0,22; 0,26; 0,33; 0,35 e 0,37). Por outro lado, somente 3 das 7 turmas investigadas obtiveram ganhos compatíveis com aqueles adotados pela literatura internacional (0,33; 0,35 e 0,37) para turmas submetidas a métodos de aprendizagem ativa. Considerando os parâmetros nacionais, no que se refere ao ganho de *Hake*, os desempenhos de 6 das 7 turmas são compatíveis com aqueles previstos para turmas submetidas a essa metodologia. Segundo o autor, devemos tomar cuidado com os valores apresentados pela literatura internacional, pois metodologias em contextos ligeiramente diferentes podem deslocar os valores de ganho normalizado (ARAUJO et al., 2017).

Conforme levantamento feito em trabalhos nacionais e internacionais, turmas submetidas a metodologia IpC obtiveram resultados do ganho de aprendizagem superiores quando comparadas a turmas submetidas aos métodos tradicionais de ensino. Porém, os resultados esperados em turmas brasileiras, quando comparado a estudos internacionais, são inferiores ao intervalo proposto por Crouch e Mazur (2001). Estes resultados não revogam a aplicabilidade e o valor deste método, mas torna necessário que o pesquisador, ao analisar os resultados, considere a realidade educacional local e da instituição em que pretende aplicar este método.

Como esse trabalho foi aplicado em uma escola pública do estado do Rio de Janeiro em uma época de crise nacional – levando em conta a ausência de resultados do valor médio do ganho normalizado em escolas públicas submetidas a um ensino tradicional – foi necessário que toda a escola estivesse envolvida no projeto. Tudo isso para que, além da obtenção do resultado das turmas desenvolvidas através do método IpC, também fosse possível atribuir um valor aproximado do ganho normalizado em turmas tradicionais da região em que a escola se localiza.

2.2 TECNOLOGIA NA LEGISLAÇÃO EDUCACIONAL

As tecnologias no ensino e nos documentos oficiais da Proposta Curricular apontam para uma concepção de tecnologia voltada ao campo do Ensino das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, buscando a formação de um indivíduo para a sociedade do conhecimento. O objetivo é contribuir para que o educando use as tecnologias para facilitar e aplicar os conhecimentos científico-tecnológicos para seu desenvolvimento e entrada no mercado de trabalho (BRASIL, 1999). A LDB (LDB nº 9.394/96) trabalha com a ideia de áreas. Conhecimentos de informática são agrupados juntamente com os de Língua Portuguesa, Língua Estrangeira Moderna, Educação Física e Arte, na área de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (BRASIL, 1996).

O que consta na Lei, ao fazer referência às tecnologias que dizem respeito ao Ensino Médio:

> Art. 36 O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:
> I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;" (BRASIL,1996).

Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) se referem à introdução dos computadores na escola como um elemento essencial para que se repense o papel da educação na sociedade moderna:

> É indiscutível a necessidade crescente do uso de computadores pelos alunos como instrumento de aprendizagem escolar, para que possam estar atualizados em relação às novas tecnologias da informação e se instrumentalizarem para as demandas sociais presentes e futuras (BRASIL, 1999).

Em 2003, o Governo Federal iniciou a proposta de criação do Projeto Cidadão Conectado[8] - Computador para Todos, tendo como principal objetivo possibilitar a aquisição de um equipamento de qualidade para a população que não tinha acesso a um computador que atenda às necessidades dos usuários, além de permitir o acesso à internet (BRASIL, 2005). O projeto UCA – Um Computador por Aluno – tem a finalidade de promover a inclusão digital por meio da distribuição de um computador portátil para cada estudante e professor de

[8] Foi instituído pelo Decreto n° 5.542 de 20.09.2005.

educação básica de escolas públicas. A proposta governamental, de acordo com o Ministério da Educação (MEC), tem como propósito promover o uso livre de computadores aos estudantes da rede pública (BRASIL, 2005).

A configuração mínima apresentada nos equipamentos refere-se a 512 MB de memória RAM; tela LCD a partir de sete polegadas; duas portas USB; memória flash com pelo menos 1 GB; teclados com proteção contra derramamento de líquidos; tecnologia de acesso sem fio à Internet e certificação da Anatel de acordo com o MEC (FREIRE, 2009).

O projeto UCA (PROUCA) foi Instituído pela Lei nº 12.249 de 14 de junho de 2010. Basicamente, foi um registro de preços (RPN) do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), para que os estados e municípios pudessem comprar com recursos próprios ou com financiamento do BNDES. O projeto pretendia promover, mediante a utilização de computadores portáteis, denominados laptops educacionais, a inclusão digital pedagógica e o desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem de alunos e professores das escolas públicas brasileiras. O equipamento adquirido continha sistema operacional específico e características físicas que facilitavam o uso pelos alunos e garantiam a segurança dos estudantes, tendo sido desenvolvido especialmente para uso no ambiente escolar (BRASIL, 2010).

O programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) foi lançado no dia 04 de abril de 2008 pelo governo federal, por meio do Decreto 6.424 que altera o Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado Prestado no Regime Público (PGMU). Trata-se de uma parceria entre o FNDE, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e as Secretarias de Educação Estaduais e Municipais. A meta do programa é permitir o acesso à rede mundial de computadores a 2,4 milhões de alunos da rede pública (BRASIL, 2008).

O programa prevê o atendimento a todas as escolas públicas urbanas de nível fundamental e médio participantes dos programas E-Tec Brasil, bem como às instituições públicas de apoio à formação de professores: Polos Universidade Aberta do Brasil, Núcleo de Tecnologia Estadual (NTE) e Núcleo de Tecnologia Municipal (NTM). O PBLE atua com base nas informações do censo da educação básica, em que anualmente a lista de obrigações é atualizada com as novas escolas elegíveis para atendimento. Fazem parte do programa as operadoras Telefônica, CTBC, Sercomtel e Oi/Brt (BRASIL, 2008).

De acordo com a BNCC, a cultura digital perpassa todos os campos, contribuindo para o surgimento ou modificação de gêneros e práticas. Por essa razão, optou-se por um tratamento transversal da cultura digital, bem como das TDIC (BRASIL, 2017). A inserção

das TDIC nos processos de ensino e aprendizagem aumenta de maneira gradativa a cada década, pois as ferramentas computacionais vêm causando um grande impacto no âmbito da educação. Impacto esse responsável por converter a inserção das TDIC nos planejamentos em um importante campo de interesse para a investigação do ensino de ciências (LOPEZ, VEIT e ARAUJO, 2015).

A revisão de literatura corrobora a indicação de que as aprendizagens ativas vêm explicitando grandes avanços na melhora das práticas educacionais. Por meio dos resultados das pesquisas realizadas no Brasil e no exterior, é possível entender como aplicar essa pesquisa nas salas de aula de todo o Brasil.

De fato, as pesquisas realizadas no âmbito nacional não apresentam os mesmos resultados das pesquisas internacionais, mas, ao compararmos com os resultados de turmas submetidas a métodos tradicionais de ensino, percebe-se a relevância de se aplicar novos métodos. Se compreendermos que a pesquisa está também atrelada ao local em que é aplicada, entende-se todo o seu mérito.

O método IpC pode também ser associado à inserção de outras propostas educacionais visando enriquecer seus resultados. A partir deste pensamento, utilizamos as TDIC como um potencializador do processo de ensino e aprendizagem, pois elas costumam apresentar resultados, que podem ser comprovados pelo incentivo dos parâmetros educacionais (como o PCN e atualmente a BNCC que vêm incentivando o seu uso). A proposta desse trabalho é de analisar o ganho de aprendizagem por meio da aplicação do método IpC – integrado à utilização das TDIC e do EsM – ao ensino de temas sobre a produção, distribuição e consumo de energia elétrica em três turmas de uma escola pública do estado do Rio de janeiro.

3. A BASE METODOLÓGICA E VYGOTSKY

Neste capítulo serão explicitados os referenciais que embasaram a nossa investigação: apresenta-se a base educacional segundo os parâmetros curriculares nacionais, a proposta curricular do estado do Rio de Janeiro e a teoria Sociointeracionista de Vygotsky. A intenção deste capítulo não é de se aprofundar em tais teorias, mas unicamente apresentar os principais elementos e suas conexões com este trabalho.

3.1 BASE METODOLÓGICA EDUCACIONAL DO TRABALHO

A base educacional deste trabalho buscou estar de acordo com os PCNEM. O trecho abaixo faz referência ao modo proposto de se ensinar física no Ensino Médio, com ênfase em um ensino voltado para práticas que contribuem para a formação de significados e conceitos presentes no cotidiano do aluno – em detrimento do processo de memorização de fórmulas ou repetição de conceitos ou procedimentos:

> O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 2002, p. 60)

A Proposta Curricular do Estado do Rio de Janeiro também vai ao encontro da proposta dos PCNEM a respeito do ensino da física no nível médio:

> Os PCN indicam que o ensino de Física nesse nível deve formar cidadãos para o mundo contemporâneo. Não podemos correr o risco de transformar essas palavras em um discurso vazio e continuar a ministrar um ensino de Física com pouco, ou mesmo nenhum, vínculo com a realidade. Então, preparar os estudantes de Ensino Médio para compreender o seu cotidiano e a sociedade em que estão inseridos significa propor um ensino de Física que lhes permita entender como esta ajudou a construir o mundo em que vivemos. (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3)

Na BNCC, em relação à física, bem como aos demais componentes da área de Ciências da Natureza, os conteúdos estão organizados a partir dos eixos formativos: Conhecimento conceitual; Contextualização social, cultural e histórica dos conhecimentos das Ciências da Natureza; Processos e práticas de investigação em Ciências da Natureza e Linguagens usadas nas Ciências da Natureza (BRASIL, 2017).

Os conhecimentos produzidos requerem métodos e técnicas de investigação, de natureza teórica ou experimental, que envolvam observações, coletas, interpretações, análises para a formulação de hipóteses. Portanto, aprender ciência envolve prática, pois o processo de investigação dessa prática é um dos eixos de formação para a aprendizagem de física, uma vez que aloca a perspectiva investigativa para a vivência escolar, o que suscita os estudantes a formularem hipóteses e enfrentarem problemas em lugar de memorizarem fórmulas e aplicá-las a exercícios padronizados. Esta concepção investigativa – que envolve estimular a curiosidade, principalmente a partir de desafios e problemas contextualizados – contribui para modificar a visão de que a física se restringe a um conjunto de fórmulas e exercícios de aplicação. Não devemos tratar estudantes da Educação Básica como pequenos cientistas, e sim estimular uma prática investigativa que envolva observações, formulação de hipóteses, argumentação e realização de experimentos. Essas práticas colaboram para o desenvolvimento de um olhar científico para o mundo na medida em que permitem uma apropriação do estilo de pensar e fazer da ciência (BRASIL, 2017).

Portanto, este trabalho busca explanar um método de ensino centrado na aprendizagem ativa, para que o aluno não necessite de nenhuma fórmula ou sentença para compreender os conceitos físicos estudados, seus significados e aplicações nas diversas áreas naturais e sociais, objetivando uma formação crítica do aluno em física.

3.2 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO E APREDIZAGEM DE VYGOTSKY E A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL

O desenvolvimento humano, o aprendizado e as suas relações são os temas centrais nos trabalhos de Vygotsky. Ele buscou compreender a origem e o desenvolvimento dos processos psicológicos ao longo da história da espécie humana e da história individual. Esse tipo de abordagem, enfatizando o processo de desenvolvimento humano, é chamado de abordagem genética[9] e é comum a outras teorias psicológicas. De acordo com o autor teórico, é o aprendizado que possibilita o despertar de processos internos do indivíduo, pois relaciona o desenvolvimento da pessoa à relação com o seu meio sociocultural. Esse crescimento só será plenamente eficaz com o suporte de outros indivíduos de sua espécie.

[9] A expressão “genética”, neste caso, não se refere a genes. Refere-se à gênese – origem e processo de formação a partir dessa origem, constituição, geração de um ser ou de um fenômeno. Uma abordagem genética em psicologia não é uma abordagem centrada na transmissão hereditária de características psicológicas, mas no processo de construção dos fenômenos psicológicos ao longo do desenvolvimento humano.

Essa importância que Vygotsky dá ao papel do outro social no desenvolvimento dos indivíduos se solidifica na formulação de um conceito específico dentro de sua teoria, essencial para a compreensão de suas ideias sobre as relações entre desenvolvimento e aprendizado, o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)[10] (KOLL, 2010). A ZDP é constituída por dois níveis de desenvolvimento. O primeiro é o nível que ele denomina como “desenvolvimento real” e se refere às conquistas já alcançadas pelo sujeito, bem como às funções psicológicas – aquelas já bem estabelecidas naquele momento – que fazem parte do nível de desenvolvimento real do indivíduo em determinado momento de sua vida são. São resultados de processos de desenvolvimento já completados e consolidados.

Já o segundo é chamado de “desenvolvimento proximal ou potencial” e está relacionado com as capacidades em vias de serem construídas. Em síntese, um nível é determinado pela capacidade atual do ser de resolver problemas individualmente; o outro tem relação com o desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob a orientação de adultos, ou em colaboração com os pares mais capazes por meio dos processos de interação social.

> A Zona de Desenvolvimento Proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento (VYGOTSKY,1991, p. 58)

Essa possibilidade de alteração no desenvolvimento de uma pessoa devido à interferência de outra é fundamental na teoria de Vygotsky. Principalmente porque representa, de fato, um momento de desenvolvimento que vai ocorrer em um certo nível, mas não antes. A ideia de nível de desenvolvimento potencial atinge, assim, um momento dele que qualifica não as etapas já alcançadas e consolidadas, mas as posteriores, no qual a interferência de outros indivíduos afeta significativamente o resultado individual.

Essa ideia é fundamental na teoria de Vygotsky, porque concede uma extrema importância à interação social no processo de construção das funções psicológicas humanas. De acordo com esta teoria, a aprendizagem ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 1991).

---

[10] A expressão “zona de desenvolvimento proximal” aparece as vezes nas traduções para o português, como “zona de desenvolvimento potencial”.

> A interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal, mas, ao mesmo tempo, tem um papel importante na determinação dos limites dessa zona. O limite inferior é, por definição, fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, ou no trabalho. Independentemente do contexto, o importante é a interação social (DRISCOLL, 1995, p. 233 apud MOREIRA, 2016, p. 22).

Descrevendo o conceito de ZDP, Vygotsky deixa evidente que o processo de aprendizagem pode ser operacionalizado de duas maneiras. Ambas se referem aos movimentos (ações de natureza pedagógicas) que os sujeitos (alunos e professores) realizam no contexto em que as práticas educacionais ocorrem. A primeira está basicamente associada à prática institucional do professor, descrevendo a maneira que as tarefas se organizam e de que modo os alunos devem executá-las. Essa orientação propõe uma prática sistematizada das opiniões e conceitos que ordenam o sistema de ensino. É evidente que o sistema de ensino não pode funcionar sem regras inicialmente definidas, mas é preciso reconhecer que o processo educacional está sujeito a situações que não são previstas pelo professor e que, certamente, requerem dele uma reorganização do sistema.

A segunda possibilidade, que mais interessa a este trabalho, é referente ao processo de colaboração exercida entre os pares envolvidos no processo de aprendizagem. Para Vygotsky (1991), a colaboração pode ajudar a desenvolver estratégias e habilidades gerais para a solução de problemas e segundo Silva (2015, p.763):

> A colaboração deve ser entendida como uma propriedade das práticas educacionais, pois ela pode emergir espontaneamente ou ser provocada pelos agentes de um sistema de práticas educacionais. É uma questão que pode parecer paradoxal, pois, se por um lado este sistema pressupõe uma sistematização – padrão de organização - por outro, a colaboração, a exemplo de outros fatores imprevisíveis, pode interromper a ordem requerida pela orientação, já que ela pode desestabilizar aquilo que foi previamente estabelecido, ou seja, estruturado em uma ordem.

Vygotsky defende que a ZDP é uma verdadeira janela de oportunidade para a aprendizagem, sendo necessário que o professor a prepare, conceba e ponha em prática tarefas de ensino e aprendizagem que potencializem os efeitos dessa janela. Nesse sentido, os instrumentos principais que o professor pode usar para isso são a linguagem e o contexto cultural, os quais são considerados por Vygotsky como as mais importantes ferramentas ao serviço da aprendizagem e do desenvolvimento.

A ZDP permite que um aluno, que inicialmente não conseguia realizar uma determinada atividade sozinho, realize-a com a ajuda de outro aluno com uma melhor compreensão sobre o assunto. O objetivo final é que esse aluno, mais adiante, consiga realizar

a tarefa sozinho (VYGOTSKY, 1991). Esta colaboração oferece mais condições para que os pares compartilhem suas opiniões, dúvidas, problemas e juntos negociem a melhor forma de interpretação, a resolução do dado problema e, principalmente, formulem conceitos científicos.

Neste contexto, o método IpC abrange as características da teoria de Vygotsky, pois a discussão em pequenos grupos permite, na maioria das vezes, que o aluno que não tinha entendido o conteúdo apresentado pelo professor entenda após um debate entre os colegas. Isto é, a aprendizagem ocorre devido a interação com o meio social em que o sujeito está inserido. Levando em consideração que o aluno já tenha um conceito prévio dos conteúdos ministrados, as discussões também contribuem positivamente para o aprimoramento das reformulações desses conceitos. Entende-se então que o método IpC está relacionado com a teoria de Vygotsky no conceito de ZDP, formando então a base teórica da metodologia de ensino utilizada neste trabalho.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo apresentar ao leitor um relato detalhado sobre os procedimentos utilizados para a aplicação do presente método desta dissertação. As etapas a seguir ilustram como se desenvolveu essa metodologia:

- Foram selecionados os principais tópicos contidos no Currículo Básico[11] destinados aos alunos do segundo ano do ensino médio;
- pesquisou-se sobre as simulações disponíveis na *internet* e, posteriormente, analisou-as por meio de critérios como facilidade de uso, grau de interatividade, confiabilidade da origem e disponibilidade temporal;
- foram selecionados e elaborados os Testes conceituais e Tarefas de Leitura;
- após a aplicação criou-se um material didático instrucional baseado no método IpC, que busca desenvolver as competências cognitivas, práticas e sociais utilizando as simulações, vídeos e discussões em sala sob a forma de uma sequência didática.

4.1 O COLÉGIO EM CONTEXTO

A presente pesquisa foi realizada nas turmas de segundo ano de um colégio do estado do Rio de Janeiro que oferece ensino gratuito para turmas de Ensino Médio. Ao todo, o colégio, no ano de 2017, contava com aproximadamente 790 alunos. Divididos entre os turnos manhã, tarde e noite, formam turmas de ensino médio regular. A inserção do aluno no colégio é feita por meio de inscrição presencial ou por meio de endereço eletrônico. O segundo ano do ensino médio é composto por três turmas no turno da manhã, duas no turno da tarde e uma no turno da noite. A escola está situada nas proximidades do Complexo do Chapadão na Zona Norte (considerado por autoridades de Segurança Pública o “quartel-general” do Comando Vermelho) e apresenta grandes dificuldades estruturais e atualmente o auditório da escola, que fica situado no terceiro andar do prédio, encontra-se interditado pela defesa civil.

Atualmente, todos os professores atuantes na escola são concursados, pois se trata de escola pública, ou seja, passaram por um crivo para poder atuar nesta instituição. Porém, ainda existem profissionais atuantes com formações em áreas afins, devido à permissão concedida pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de janeiro (SEEDUC) para essa

[11] Essa nomenclatura foi apresentada no ano de 2017, substituindo o termo currículo mínimo. Apesar da mudança de nome, não houve nenhuma reestruturação dos conteúdos presentes no documento oficial.

possibilidade, que tem como justificativa a capacidade de sanar a dificuldade de encontrar profissionais formados em algumas áreas.

As três turmas do turno da manhã são regidas pelo autor do trabalho e as outras três são regidas por outros professores da escola. Por causa disso, as turmas da manhã foram selecionadas para utilizar o método IpC e as outras três participaram da pesquisa somente para coleta de dados de referência local de turmas regidas pelos métodos tradicionais.

4.2 CONTEÚDOS ABORDADOS

Para a elaboração do produto educacional, optou-se por escolher um conteúdo que se baseia no desenvolvimento de competências e habilidades descritas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) na Proposta do Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012) e na BNCC (BRASIL, 2017).

A escolha do tema é que, além de ser um produto específico para a disciplina de física, deve possibilitar uma abordagem multidisciplinar para que seja elaborada uma abordagem temática que o articule com outros temas transversais. Uma possibilidade de tema propício para discussões interdisciplinares seria a explicitação, por exemplo, do impacto ambiental provocado pela construção de uma represa para funcionamento de uma usina hidrelétrica; da emissão de resíduos provenientes de uma usina termoelétrica que empregue combustível fóssil; da análise do balanço risco/benefício de uma termoelétrica que se utilize de combustível nuclear; da importância da geração de energia elétrica para uma economia como a brasileira; entre outras. Tratam-se de exemplos de possibilidades que permitem o estabelecimento de relações entre os temas transversais e as várias disciplinas do currículo escolar (DELIZOICOV, AGOTTI, 2011).

Os conteúdos selecionados fazem parte dos conteúdos propostos pelo currículo básico do estado do Rio de Janeiro e são propostos para os 3° e 4° bimestres das turmas de segundo ano do ensino médio das escolas estaduais. A habilidades e competências propostas são pensadas de forma propícia para uma abordagem multidisciplinar e voltadas para que o aluno tenha a possibilidade de se posicionar criticamente sobre os temas abordados em cada atividade. Todo o material foi analisado utilizando esse recorte, em que temas geradores que foram abordados nas atividades de leitura devem aperfeiçoar a desenvoltura do aluno em relação às interpretações que vão além da compreensão de fórmulas e deduções matemáticas.

Abaixo temos o recorte do currículo básico, que apresenta as competências e habilidades que foram selecionadas para cada bimestre.

3° Bimestre

Campo	Usinas termelétricas e hidrelétricas – Energia térmica e mecânica – Conservação e transformação de energia
Habilidades e Competências	- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Compreender o funcionamento de usinas termelétricas e hidrelétricas, destacando suas capacidades de geração de energia, os processos de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais. - Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou de matérias-primas, considerando os processos físicos envolvidos neles. - Compreender as diferentes manifestações da energia mecânica na natureza. - Identificar transformações de energia e a conservação que dá sentido a essas transformações, quantificando-as quando necessário. Identificar também formas de dissipação de energia e as limitações quanto aos tipos de transformações possíveis, impostas pela existência, na natureza, de processos irreversíveis. - Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade. - Avaliar as vantagens e desvantagens dos usos das energias hidrelétricas e termelétricas, dimensionando a eficiência dos processos e custos de operação envolvidos. - Compreender que a construção de uma usina envolve conhecimentos sobre recursos naturais, opções de geração e transformação de energia, além dos impactos sociais causados pela sua instalação em uma região.

Figura 4.1 - Recorte do Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro, apresentando quais competências e habilidades devem ser adquiridas ao final do 3° bimestre do 2° ano do ensino médio. Disponível em: <http://conexaoescola.rj.gov.br/site/arq/fisica-regular-curriculo-basico-2s-0b.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

4° Bimestre

Campo	Energia nuclear – Usinas nucleares – Reações nucleares
Habilidades e Competências	- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. - Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear. - Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. - Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos. - Identificar que a energia solar é de origem nuclear. - Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade. - Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. - Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

Figura 4.2 - Recorte do Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro, apresentando quais competências e habilidades devem ser adquiridas ao final do 4° bimestre do 2° ano do ensino médio. Disponível em: <http://conexaoescola.rj.gov.br/site/arq/fisica-regular-curriculo-basico-2s-0b.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

Atualmente a proposta da BNCC para o ensino médio organiza os currículos de física através de seis Unidades Curriculares, que reúnem diversas temáticas ou campos de conhecimento tratados na física. Entre elas, temos duas que também foram utilizadas como base da formulação deste trabalho:

- Unidade Curricular 2 – Energias e suas transformações. Trata-se das manifestações da energia, mostrando sua conservação. A história da termodinâmica e sua importância na construção de máquinas térmicas, na conceituação do calor e no trabalho em trocas de energia, na análise dos processos naturais e tecnológicos. Questionam-se desequilíbrios ambientais causados pela crescente exploração de recursos naturais, que possuem relação direta com a construção das usinas e produção da energia elétrica (BRASIL, 2017).
- Unidade Curricular 5 – Matéria e Radiações – Constituição e interações. Está envolvida no estudo da constituição submicroscópica da matéria, na sistematização das radiações eletromagnéticas (alfa, beta e gama), cuja análise revela a estrutura do núcleo atômico, com atenção também para a sucessão histórica de modelos da composição infinitesimal das substâncias. O emprego das radiações em aplicações diagnósticas e terapêuticas, na produção de energia ou em artefatos bélicos dá contexto para se compreender fissão e fusão nuclear, que serão fundamentais para o entendimento do funcionamento de uma usina nuclear e de uma placa fotovoltaica (BRASIL, 2017).

É possível observar, por meio dos recortes dos documentos oficiais, apresentados anteriormente, que esse tema ultrapassa as barreiras das ciências ditas como duras e aborda tópicos que são de extrema importância para a formação crítica de nossos alunos. Alunos que necessitam, cada vez mais, de temas oriundos de uma pedagogia crítico-educativa. “Pedagogia que faça da opressão e de suas causas objeto de reflexão dos oprimidos, de que resultará o seu engajamento necessário na luta por sua libertação, em que está pedagogia se fará e refará” (FREIRE,1987, p.32).

Devido à ausência de um material que aborde o tema como sugerido no currículo básico, apresenta-se como parte deste trabalho uma série de textos e recortes previamente selecionados de diversos livros didáticos, aceitos no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD, 2015) bem como trechos de sites que, por meio de uma pesquisa, foram marcados como confiáveis em termos de conteúdo apresentado. Este material, nos moldes que foi feito a aplicação do trabalho, pode ser conferido no apêndice C. Também pode ser encontrado corrigido e modificado – para tentar reduzir as dificuldades apresentadas na primeira aplicação – no link que se encontra ao final da introdução deste trabalho, como parte do produto educacional disponível no site apresentado.

4.3 USO DOS VÍDEOS E SIMULAÇÕES

Os recursos audiovisuais têm sido utilizados com frequência pelos educadores no cotidiano escolar desde o seu surgimento, devido ao fato de os meios de comunicação desempenharem um papel educacional muito importante, mesmo quando não há essa intenção na veiculação desses meios. Um vídeo pode ser usado para simular experiências, que seriam perigosas em laboratório, ou que exigiriam muito tempo e recursos e, até mesmo, processos industriais a que não se tem acesso (ARROIO e GIORDAN, 2006). Afirmação também apresentada por Lavandier (2008) no momento em que apresenta a utilização dos vídeos como uma alternativa para despertar o interesse e a atenção dos alunos, quando não houver a possibilidade de realização de uma aula prática.

Alves e Messeder (2009) também afirmam que os vídeos podem ser utilizados com o papel de apresentar e discutir conceitos, modelos de comportamento, multimídias. Sua atratividade está vinculada ao fato de que eles são capazes de estimular diversos sentidos de forma simultânea. Dessa forma, a interação dos alunos com eles se torna uma experiência sensorial em vez de mera transmissão de conteúdo.

De fato, os vídeos apresentam formas mais aprimoradas de comunicação, partindo de objetos concretos para veicular ideias, usando elementos racionais e afetivos. A capacidade que a linguagem audiovisual tem de atuar em vários sentidos de forma simultânea faz com que ela atinja mais vias do que as que controlamos de forma consciente. Por isso, os recursos educacionais criados com essa linguagem podem ser muito eficientes e de uso simples. Do ponto de vista operacional, a utilização de vídeos também costuma não criar muitas dificuldades, uma vez que não requer muitos aparatos técnicos (ROSA, 2000).

É importante que o professor, antes de exibir o vídeo, aproprie-se do material, assista antes para entendê-lo, verifique o arquivo, o som. Ou seja, que ele deixe sempre em perfeito estado de exibição para que, no momento de exibir, não ocorram imprevistos que possam interferir no planejamento da aula. Em alguns momentos, pode ser mais adequado exibir todo o material a fim de evitar uma má interpretação do objetivo real do vídeo pelos alunos. No entanto, em outros casos, é mais pertinente transmitir para a turma apenas os trechos que sejam mais relevantes para o desenvolvimento da atividade planejada. O recorte do vídeo pode ser feito simplesmente pela minutagem, ou seja, por meio do conhecimento dos tempos

de trechos selecionados, ou da modificação de todo arquivo através de uma edição simples[12]. As duas maneiras viabilizam que o professor crie um novo material, que esteja mais adequado à sua realidade e de acordo com as atividades planejadas.

O uso de vídeos e jogos educativos está cada vez mais frequente entre os estudantes, independente do seu nível social. Por causa do barateamento dos *tablets* e *smartphones*, esses recursos estão acessíveis aos estudantes e o seu uso pode ter grandes vantagens, principalmente, por conta da motivação gerada pela quebra da rotina da sala de aula. Outro ponto relevante é a pertinência desses recursos pela possibilidade de mostrar imagens, gráficos ou sons que não poderiam ser visualizados em situações tradicionais de ensino (FREITAS e OLIVEIRA, 2015).

Em vista disso, usando como referência os critérios definidos, os vídeos selecionados foram:

- Fontes de energia;[13]

Material que trata das diferenças entre as fontes de energia renovável e não renovável e apresenta um resumo de cada tipo de fonte apresentada, utilizando recortes de outros vídeos. Este vídeo foi apresentado como material de suporte nas oficinas pedagógicas da disciplina Oficinas Pedagógicas no Ensino de Geografia - UESB - 2014.

- Como funciona uma usina hidrelétrica[14]

Este é o primeiro vídeo da série "Furnas Explica", que mostra ao público todas as etapas dos processos que envolvem a produção, transmissão e comercialização de energia. A partir do dia-a-dia de unidades da empresa espalhadas por todo o Brasil é possível entender como é realizado esse complexo trabalho, em equilíbrio com o meio ambiente. Neste episódio, apresenta as atividades desenvolvidas na Usina de Furnas - a primeira construída pela empresa-, em Minas Gerais: como a energia é produzida a partir da força das águas e escoada para os grandes centros consumidores. Belas imagens, acompanhadas da explicação de quem melhor entende do assunto, os técnicos da empresa.

- Meio Ambiente por Inteiro - O poder das hidrelétricas[15]

Apresenta funcionamento das usinas, que transformam a força da água em energia elétrica, levada para milhões de residências e empresas no país, e mostra o que diz a

---

[12] Atualmente existem vários *softwares* gratuitos que possibilitam a edição de um vídeo de maneira muito simples, uma lista de softwares está disponível em: https://www.tecmundo.com.br/edicao-de-video/101938-7-melhores-editores-video-gratuitos-windows.htm

[13] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Z1fZy2DQ0n0&t=5s

[14] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=I9rdAw6g7wI

[15] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rpqWTUvcd7U

legislação sobre o assunto e os impactos dessas obras no meio ambiente e quem fala sobre o impacto que as construções de usinas causam ao meio ambiente é o professor Oscar Cordeiro.

- Documentário Termelétrica;[16]

Clipe com trechos do documentário Termoelétrica, produzido pela Líder Produções em 2005, apresentado os principais pontos da produção de energia elétrica desenvolvido por esse tipo de usina.

- Meio Ambiente por Inteiro - Usinas termoelétricas;[17]

Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) mostram que no Brasil existem mais de 2.600 usinas termoelétricas em operação, que geram cerca de um quarto da energia elétrica produzida em todo o país. Este vídeo apresenta como elas funcionam e que tipo de impacto podem causar ao meio ambiente. Apresenta um debate sobre este tipo de usina com a participação do advogado Juliano Coelho que é mestre em direito de energia e tecnologia limpa e o engenheiro eletricista Luciano Duque.

- Armas Nucleares | Nerdologia 172;[18]

Apresenta um pouco da história das armas nucleares em um estilo de bem dinâmico e simplificado.

- A irradiação na prevenção de pragas;[19]

Vídeo informativo sobre o uso da irradiação como medida para prevenir a propagação de doenças e pragas, em frutas, verduras e grãos. A nova tecnologia substitui o agrotóxico.

- Tipos de radiação partícula alfa, beta e radiação gama;[20]

Vídeo didático sobre os tipos de radiação, suas diferenciações e apresenta experimentos sobre cada tipo de radiação.

- Energia nuclear em 2 minutos;[21]

Vídeo produzido pela Eletrobrás Eletronuclear apresentando em 2 minutos como funciona uma usina nuclear.

- Fantástico - Saiba como funciona uma usina nuclear por dentro;[22]

---

[16] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_i1eA3SAerc
[17] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=1gO-SpKiPZo
[18] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mgaX6gd1F0E&t=15s
[19] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=auqtGgkSnBs
[20] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=N1TMhRKiOBk
[21] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OzxiQdmTD58
[22] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=65Nr8A_xt98&t=283s

Reportagem do programa fantástico na usina Angra 1, no litoral do Rio de Janeiro, apresentando o interior da usina.

- Chernobil: as terríveis consequências | Nerdologia 206;[23]

Vídeo que apresenta os desastres nucleares e as consequências para a humanidade, e qual o papel desempenhado pelos governos após estes acontecimentos.

- Meio Ambiente por Inteiro - Energia nuclear;[24]

Vídeo apresentado pela TV justiça que trata da energia nuclear que é considerada limpa, pois não polui o meio ambiente. Porém, o lixo radioativo deve ser armazenado em locais adequados, seguindo diversas normas rígidas de segurança. Já nas usinas nucleares, o cuidado deve ser redobrado, pois em caso de acidente, as consequências para o homem e o meio ambiente podem ser trágicas.

- Reportagem do Fantástico sobre a Energia Solar Fotovoltaica no Brasil;[25]

Reportagem exibida no programa Fantástico da Rede Globo no dia 17/05/2015 mostrando como as mudanças climáticas afetam a nossa vida cotidiana. E a energia solar fotovoltaica é apresentada como uma solução sustentável para a geração própria de energia.

- Por que a energia solar não está em todos os telhados? #Boravê;[26]

Vídeo organizado pelo canal Manual do Mundo que tem um estilo de reportagem e apresenta como funciona a energia solar na prática a partir do relato de uma comunidade do Rio de Janeiro que recebeu um projeto que instalou painéis de graça em locais de uso coletivo desta comunidade.

- Meio Ambiente por Inteiro - Energia Solar (17/09/16);[27]

Neste vídeo o programa ouviu pessoas que apostaram nesse tipo de geração de energia. A equipe do Meio Ambiente por Inteiro conversou com empreendedores que se preparam para instalar a aparelhagem e professores que estudam Energia Solar. Segundo os especialistas, faltam incentivos para fazer o preço baixar mais ainda, além de incremento no ensino e disseminação da energia limpa.

---

[23] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=h8Dzyn7hMKU
[24] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cpyB8YWqW50&t=204s
[25] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2jkyJoi-DZU
[26] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vFuI858vRSg&t=2s
[27] Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8KEzokWZe9A&t=127s

Devemos tomar alguns cuidados ao utilizarmos uma simulação computacional, pois, conforme alegam Araujo e Veit (2004), usar tecnologias computacionais no ensino de física sem um referencial teórico sobre aprendizagem e, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende pode ser um erro igual ao já cometido com os equipamentos, livros, vídeos e outros recursos instrucionais. Outro exemplo alarmante do uso inadequado de simulação computacional são professores que as utilizam como manual de montagem, ou seja, os alunos seguem as etapas, geralmente indicados rigorosamente em um roteiro de utilização, sem refletir sobre o conteúdo abordado, apenas reproduzindo comandos (BORGES, 2002).

Mesmo com essas dificuldades, trabalhos realizados com o intuito de avaliar o potencial das simulações computacionais no ensino de física têm demonstrado vantagens em seu uso, devido à possibilidade de substituir experimentos perigosos, ou que não são possíveis de serem reproduzidos em um laboratório escolar (MEDEIROS E MEDEIROS, 2002). As simulações também possibilitam a exploração de múltiplas representações de um mesmo fenômeno físico (VEIT; TEODORO, 2002), facilitando a aprendizagem dos tópicos relacionados nas simulações.

Cabe, então, ao professor, a responsabilidade de planejar e selecionar as simulações que vai trabalhar com bom senso, pois:

> Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. Tais danos tornar-se-ão ainda maiores se o modelo contiver erros grosseiros (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 81).

Modelagem e Simulação computacional são dois termos que muitas vezes são confundidos e utilizados de maneira errônea. Para esclarecer como serão compreendidas as diferenças entre eles, foram selecionadas as definições de Araujo, Veit e Moreira (2004). A simulação computacional, de acordo com as referências, representa um modelo físico em que o aluno pode inserir valores iniciais para as variáveis, alterar parâmetros. A simulação também é capaz, de forma limitada, de modificar as relações das variáveis. No entanto, não há autonomia para modificar a estrutura das simulações. Ou seja, a interação do estudante com as simulações tem um caráter puramente exploratório, diferente do que ocorre em relação às modelagens computacionais, em que o usuário possui acesso à estrutura básica que constitui a modelagem, podendo modificá-la, construindo ou desconstruindo conforme sua vontade.

As simulações que fazem parte deste trabalho foram utilizadas para facilitar as demonstrações de alguns tópicos e fenômenos que dificilmente um professor poderia reproduzir em um laboratório. Podem ser exploradas também para visualização de alguns casos específicos, como o funcionamento de uma usina nuclear, pois, mesmo que o estado do Rio de Janeiro possua as usinas nucleares em Angra dos Reis, levar os alunos para conhecê-las teria um custo de transporte inviável para a realidade da escola pública estadual.

Todas as simulações foram retiradas do portal Physics Education Technology (*PhET)* da Universidade do Colorado, que contém um conjunto de simulações que atualmente são escritas em *Java*, *Flash* ou HTML5 e podem ser executadas on-line ou copiadas para o computador. Para a uma seleção segura das simulações, que contenham poucos erros conceituais e proporcionem uma boa representação do fenômeno real, foram consideradas como referências as seleções feitas por diversos trabalhos publicados na literatura, em que foram priorizados critérios como a facilidade de utilização, grau de interatividade e confiabilidade de origem e disponibilidade temporal elaborados por Xavier, Xavier e Montse (2003).

A partir da adoção desses critérios, temos as dissertações de Macêdo (2009) sobre o uso de simulações computacionais e recentemente Souza Junior (2017) a respeito do ensino do efeito fotoelétrico utilizando simulação computacional. Ambas selecionam simulações do portal do *PhET*, sendo perceptível a confiabilidade dessas simulações. Além de produzi-las, a equipe do *PhET* realiza uma avaliação da eficiência de seu uso em salas de aula (ADAMS et. al, 2008).

Em vista disso, usando como referência os critérios definidos, as simulações selecionadas foram (para a realização da atividade é necessário *plugins* Java[28]):

- Formas de Energia e Transformações[29]

Simulação que busca explorar como a energia é transferida entre os objetos. Permite construir o seu próprio sistema, com fontes de energia, trocadores e usuários, permitindo acompanhar e visualizar como a energia flui e muda através do sistema. Apresenta um estudo sobre conservação de energia, sistemas de energia, formas de energia, mudança de energia e energia térmica.

---

[28] O *software* Java pode ser obtido gratuitamente no *site* do fabricante, http://www.java.com/pt_BR/download .

[29] A versão em português da simulação também poderá ser encontrada para *download* em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes

- Efeito Fotoelétrico[30]

A simulação permite visualizar e descrever a experiência do efeito fotoelétrico, buscando predizer corretamente os resultados de experimentos sobre o efeito fotoelétrico, tais como: como mudar a intensidade da luz afetará a corrente e a energia dos elétrons, como a alteração do comprimento de onda da luz irá afetar a corrente e a energia dos elétrons, como mudar a voltagem da luz irá afetar a corrente e a energia dos elétrons, como a alterar o material do alvo afetará a corrente e a energia dos elétrons. Permite também descrever como esses resultados nos levam ao modelo de fóton de luz (por exemplo: argumentar que apenas um modelo de fóton de luz pode explicar por que, quando a luz está brilhando sobre o metal, mas não há corrente, aumentando a frequência levará a uma corrente, mas aumentando a intensidade da luz ou a tensão entre as placas não.

- Fissão Nuclear[31]

Esta simulação descreve como um nêutron pode dar energia a um núcleo e provocar sua fissão e explica os subprodutos de um evento de fissão. Busca também apresentar como funciona uma reação em cadeia, e descrever os requisitos para sustentar uma reação em cadeia grande o suficiente para fazer uma bomba. Em uma segunda aba explana como funciona um reator nuclear e como barras de controle podem ser usadas para retardar a reação.

4.4 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Os procedimentos apresentados a seguir foram realizados durante as aulas ministradas pelo autor desse trabalho, docente e servidor público do Estado do Rio de Janeiro, que leciona em uma escola pública situada na periferia do estado. A carga horária da disciplina de física nesse estado é de dois tempos semanais, com 50 minutos de duração cada.

Para uma melhor compreensão, será adotado o termo aula, a partir de agora, como um conjunto de dois tempos de 50 minutos cada. O trabalho foi realizado ao longo de 9 aulas, totalizando 15 horas em cada turma. Em cada aula, foram realizadas atividades envolvendo aspectos teóricos juntamente com o uso das simulações. Também foram utilizados trechos de vídeos que continham pontos específicos sobre a produção de energia elétrica. A Tabela 4.1 apresenta um cronograma com a descrição das atividades desenvolvidas em cada aula.

---

[30] A versão em português da simulação também poderá ser encontrada para *download* em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric

[31] A versão em português da simulação também poderá ser encontrada para *download* em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/nuclear-fission

Tabela 4.1 – Cronograma do desenvolvimento das atividades em sala de aula.

Data	Turmas	Conteúdo ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 0	1, 2 e 3	Apresentação dos cartões e do método	Responder perguntas de conhecimentos gerais.
Aula 1 09/08/2017	1,2 e 3	Apresentação do pré-teste	Aplicação do pré-teste (3° bimestre) Envio do capítulo I do material de leitura (apêndice C) para os alunos, a ser entregue no dia 14/08.
10/08/2017	6	Apresentação da pesquisa	Aplicação do pré-teste (3° bimestre).
Aula 2 14/08/2017	1, 2 e 3	-	Entrega da tarefa de leitura 1.1 do capítulo I.
15/08/2017	4 e 5	Apresentação da pesquisa	Aplicação do pré-teste.
Aula 2	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre os conteúdos de Fontes de energia. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo I.	Resolução dos testes conceituais (TC1, TC2, TC3, TC4 e TC5) do apêndice B. Envio do capítulo II do material de leitura para os alunos.
Aula 3 21/08/2017	1, 2 e 3	-	Entrega das tarefas de leitura 2.1 e 2.2 do capítulo II
Aula 3 23/08/2017	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre o funcionamento de uma Usina Hidroelétrica, suas vantagens e desvantagens. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo II. Apresentação da Simulação do *Phet* “Formas de energia e Transformações”	Resolução dos testes conceituais (TC6, TC7, TC8, TC9 e TC10) do apêndice B. Envio do capítulo III do material de leitura para os alunos, a ser entregue no dia 11/09.
Aula 4 11/09/2017	1, 2 e 3	-	Entrega das tarefas de leitura 3.1 e 3.2 do capítulo II
Aula 4 13/09/2017	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre o funcionamento de uma Usina Termoelétrica, suas vantagens e desvantagens. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo III. Apresentação da Simulação do *Phet* “Formas de energia e Transformações”	Resolução dos testes conceituais (TC11, TC12, TC13, TC14 e TC15) do apêndice B.
Aula 5	1, 2, 3, 4 e 5	-	Aplicação do pós-teste (3º bimestre)
05/10/2017	6	-	Aplicação do pré-teste (4° bimestre).
10/10/2017	4 e 5	-	Aplicação do pré-teste (4° bimestre).
Aula 6 11/10/2017	1, 2 e 3	-	Aplicação do pré-teste (4° bimestre) Envio do capítulo IV do material de leitura para os alunos, a ser entregue no dia 16/10.
Aula 6 16/10/2017	1, 2 e 3	-	Entrega das tarefas de leitura 4.1 do capítulo IV.
Aula 6	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre os	Resolução dos testes conceituais (TC16,

18/10/2017		conteúdos de radioatividade, fissão e fusão nuclear. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo IV.	TC17, TC18, TC19 e TC20) do apêndice B. Envio do capítulo V do material de leitura para os alunos, a ser entregue no dia 23/10.
Aula 7 23/10/2017	1, 2 e 3	-	Entrega da tarefa de leitura 5.1 do capítulo V.
Aula 7 25/10/2017	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre o funcionamento de uma Usina Nuclear, suas vantagens e desvantagens. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo V. Apresentação da Simulação do *Phet* "Fissão Nuclear"	Resolução dos testes conceituais (TC21, TC22, TC23 e TC24) do apêndice B. Envio do capítulo VI do material de leitura para os alunos, a ser entregue no dia 06/11.
Aula 8 06/11/2017	1,2 e 3	-	Entrega da tarefa de leitura 6.1 do capítulo VI.
Aula 8 08/11/2017	1, 2 e 3	Exposição teórica sobre o funcionamento de uma Usina Solar, suas vantagens e desvantagens. Exposição de trechos dos vídeos disponíveis no Apêndice C, capítulo VI. Apresentação da Simulação do *Phet* "Efeito Fotoelétrico"	Resolução dos testes conceituais (TC25, TC26, TC27, TC28, TC29 e TC30) do apêndice B.
Aula 9 22/11/2017	1, 2, 3, 4 e 5	-	Aplicação do pós-teste (4º bimestre)

Fonte: Autoria própria

A aula zero foi feita com o intuito de familiarizar os alunos com o uso do cartão resposta, nesta aula as perguntas envolvidas eram de conhecimento geral e não foi necessário que o aluno fizesse um estudo prévio. No início da aula todos os alunos receberam um cartão resposta e foram separados em grupos. A cada pergunta era debatido coletivamente pelos alunos qual seria a opção correta, e a resposta era exibida individualmente. O papel do professor foi o de identificar o uso correto do cartão e corrigir possíveis falhas.

Os trechos selecionados dos vídeos eram apresentados no início de cada conteúdo como um incentivador para o debate de cada teste conceitual.

Foi decidido, juntamente com o orientador deste trabalho, dividir os testes em duas etapas (3° bimestre e 4° bimestre), apresentando dois resultados que se complementam, para assim reduzir os riscos de que o trabalho seja prejudicado pela ausência ou não sequência dos conteúdos abordados. A preocupação com o suposto prejuízo em relação aos conteúdos se justifica tendo em vista a grave crise instaurada no estado no ano de 2017, que também torna o cenário mais propício ao início de uma greve de professores. Se realmente ocorresse, os

resultados do ganho de *Hake* seriam prejudicados pela ausência dos resultados dos outros professores, ou até mesmo pela redução de alunos presentes na escola durante esses dias. Antes de iniciar, também foi acertado com os outros dois professores de física da escola a possibilidade de aplicarem os testes em suas turmas e obtivemos o aceite de ambos os professores. Foi concedido um termo de anuência pela escola quanto à realização da pesquisa neste espaço. Além disso, foi criado um grupo na rede social *Facebook* e um grupo de *WhatsApp*, com o objetivo de publicar as atividades de leitura para os alunos. Aqueles que não possuíam acesso à internet em casa recebiam uma cópia da atividade impressa a cada semana.

As aulas 1, 5, 6 e 9 foram dedicadas às aplicações do pré-teste e pós-teste. Nas demais, foi realizada a sequência de procedimentos descritos a seguir:

1. Na chamada aula 0 foi apresentado para as três turmas os *flashcards* e o aplicativo *Plickers*. As perguntas feitas foram de conhecimento geral e com o intuito de familiarizar os alunos com os cartões. Além dessa apresentação, foi informado aos alunos o grupo criado para a divulgação das atividades de leitura.

2. Nos 20 minutos iniciais de cada aula, eram apresentados os principais pontos teóricos fundamentais para o entendimento do aluno sobre o conteúdo programado para aquele dia, através de imagens e vídeos que complementavam a atividade de leitura que foi previamente enviada para os alunos. Nesse momento, não foram apresentadas deduções ou exemplos que já estivessem na atividade de leitura (MAZUR, 2015).

3. Nas aulas 3, 4, 7 e 8, após essa explanação, eram expostas as simulações que foram utilizadas para a formulação de alguns dos testes conceituais constantes no apêndice B. Juntamente com os alunos, o professor apresentava a simulação em no máximo 15 minutos. O conteúdo da simulação havia sido previamente selecionado. Devido à ausência de computadores para os alunos, a simulação era projetada no quadro e a interação dos alunos era feita somente por meio do professor. Vale ressaltar que na aula 2 esse procedimento não foi realizado pelo fato de não envolver o uso de uma simulação.

4. Em seguida, os testes conceituais eram projetados no quadro, cujas respostas, discussões e análises de resultados seguiam o método IpC descrito anteriormente. Na aula 1, cada estudante recebeu um cartão impresso do *Plickers*, sendo que o cartão recebido na primeira aula que o aluno participou foi o mesmo utilizado para todas as aulas subsequentes. As respostas dadas estão armazenadas em um banco virtual do *software* para análises posteriores. Todas essas questões trabalhadas farão parte do produto educacional desta dissertação.

5. Durante as discussões, os alunos eram incentivados a debaterem suas respostas em grupos, que eram previamente organizados a cada início de uma aula.

6. Ao final da aula, era enviado para os grupos a atividade de leitura relativa ao assunto que seria abordado no próximo encontro. Essa atividade deveria ser realizada em casa, e entregue virtualmente ou em uma folha de caderno dois dias antes da realização da aula.

Ao longo de cada aula foram utilizados os seguintes materiais de apoio.

- Quadro branco e canetas;
- Um *smartphone* com o aplicativo *Plickers*;
- Cartões do aplicativo *Plickers*, para escolha das opções corretas, em cada questão conceitual;
- Projetor;
- Caixa de som;
- *Notebook.*
- *Pendrive*

Figura 4.3 - Aparato utilizado durantes as aulas.

4.5 OS TESTES CONCEITUAIS

Ao utilizar o IpC, o professor precisa se conscientizar de que o principal componente do método são as discussões que decorrem da instrução mútua entre os colegas de classe. O ponto de partida para que essas discussões sejam lucrativas devem ser testes conceituais atraentes, engajadores e, sobretudo, que remetam a temas importantes para a formação do

aluno. Em resumo, os testes conceituais se constituem como a principal ferramenta da metodologia IpC. Há recomendações na literatura para a elaboração de testes conceituais efetivos (CROUCH et al., 2007).

Essas recomendações indicam que um bom teste deve:

1. Focar um único conceito;
2. requerer pensamento e não mera aplicação de fórmulas;
3. ser claro e conciso;
4. ter um nível de dificuldade mediano;
5. endereçar dificuldades comuns dos estudantes e/ou habilidades que se deseja desenvolver;
6. ser concreto aos olhos do estudante, se possível ter relação com situações que ele já tenha vivenciado;

Os testes conceituais formulados a partir da simulação foram criados de modo que cada questão tratasse de um tema específico dentro da simulação utilizada, sendo assim, a mesma simulação pôde ser trabalhada em mais de um teste conceitual. Os testes utilizados na aplicação se encontram no apêndice B deste trabalho e, visando reduzir as dificuldades apresentadas nesta primeira aplicação, também podem ser encontrados corrigidos e modificados no produto educacional disponível no site apresentado no final da introdução deste trabalho.

Dos 74 testes conceituais aplicados nas três turmas desta escola, 34 (46%) tiveram resultados com números de acertos dentro da faixa de 30% a 70%. Nesta faixa, são formados pequenos grupos de alunos para discutirem as respostas e, após essa discussão, os alunos apresentam a sua nova resposta de forma individual. Dentre os 34 momentos de discussão, 26 resultados tiveram um aumento no número de acertos, apresentando um aumento de 26,5% na média de respostas corretas após o momento de discussão.

A seguir serão apresentados e discutidos alguns testes conceituais aplicados, suas propostas iniciais e algumas possíveis modificações feitas para que os resultados possam ser aprimorados. Segundo Mazur (2015), um bom teste conceitual é aquele em que o quantitativo de respostas corretas na primeira aplicação esteja no intervalo necessário para ocorrer a discussão entre os alunos.

- Teste conceitual TC3

Conteúdo: fontes de energia, termodinâmica.

TC 3) (PUCRS- modificada) Para resolver a questão, leia o texto a seguir, sobre fontes de energia, e selecione as palavras/expressões que preenchem correta e coerentemente as lacunas.

O _____ foi importante fonte de energia para a Primeira Revolução Industrial. É um dos principais responsáveis pela _____, pois sua queima libera grande quantidade de óxido de enxofre na atmosfera.

a) carvão mineral – chuva ácida

b) petróleo – poluição dos oceanos

c) petróleo – chuva ácida

d) carvão mineral – poluição dos oceanos

- Distribuição das respostas antes da discussão:

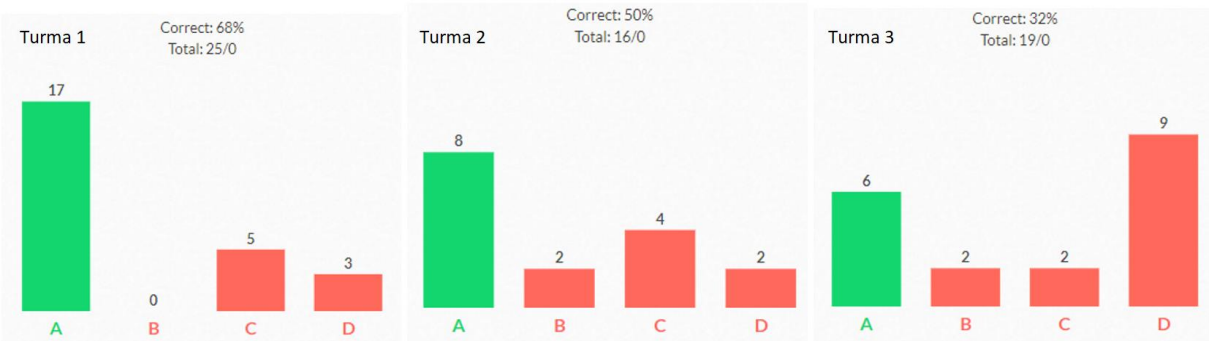


Gráfico 4.1: Respostas dos alunos antes da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

- Distribuição das respostas depois da discussão:

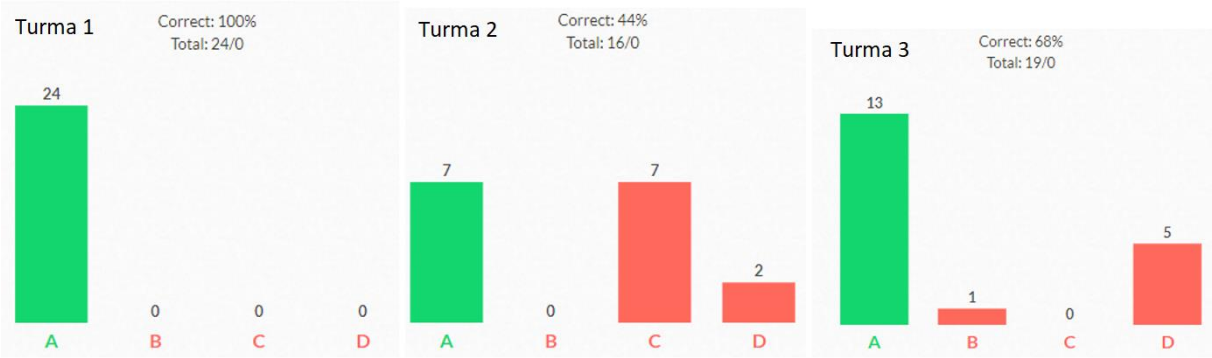


Gráfico 4.2: Respostas dos alunos depois da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Esse teste conceitual é parte de uma preparação para o estudo do impacto do uso das fontes energéticas muito poluidoras, mas também busca apresentar a histórica importância do uso das fontes de energia para o desenvolvimento de nossa sociedade. Antes dele, foi transmitido um vídeo de uma usina elétrica que tem o carvão como fonte de energia e que também mostra todos os danos que são causados pela sua contínua utilização. Ao analisar as respostas, pôde ser percebido que, mesmo após a apresentação do vídeo, os alunos continuavam designando que o principal combustível da primeira revolução industrial era o petróleo. A respeito da poluição causada pela emissão destes gases tóxicos, é sabido entre eles a resposta correta mesmo antes da discussão em grupo, mostrando que os alunos conseguiram identificar as etapas de descarte após a produção da energia elétrica.

Houve uma redução no número de respostas corretas após a discussão na turma 2; tal ocorrência pode se justificar como um desvio no método. Outro fato observado pelo autor foi que os quatro alunos que responderam corretamente estavam concentrados em um mesmo grupo, sendo que após a discussão decidiram modificar a sua resposta. Para reduzir este desvio, será ampliado na tarefa de leitura o ponto do texto que trata da revolução industrial e do funcionamento das maquinas térmicas.

- Teste conceitual TC6

Conteúdo abordado: funcionamento de uma usina hidrelétrica

TC6) A simulação “Formas de energia e Transformações” do PhET, apresenta várias configurações em que o mesmo aparato (figura 1) está presente. O que representa na realidade este aparato?

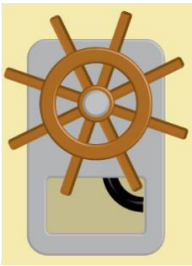


Figura 1- Aparato utilizado na simulação do *PhET*

a) casa de força, composta pela turbina e gerador;

b) vertedouro;

c) subestação elevadora;

d) sistema de captação de água.

- Distribuição das respostas antes da discussão:

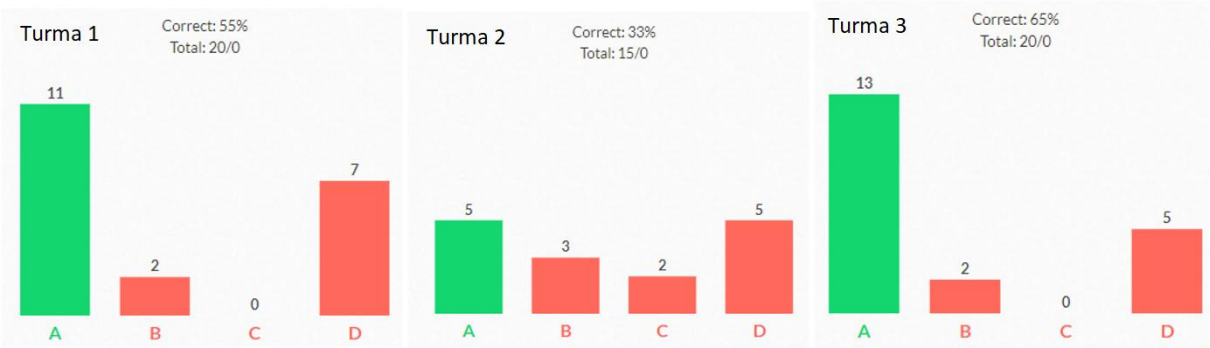


Gráfico 4.3: Respostas dos alunos antes da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

- Distribuição das respostas depois da discussão:

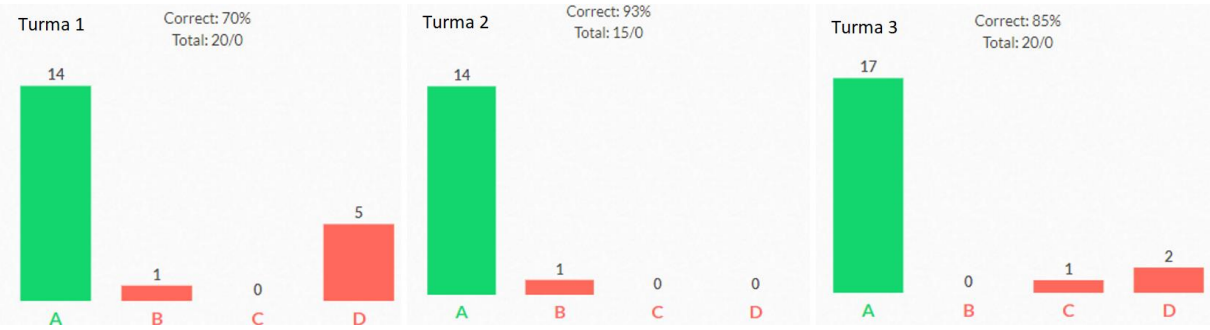


Gráfico 4.4: Respostas dos alunos depois da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Este teste conceitual é um dos que foram criados com base no funcionamento das simulações computacionais que foram selecionadas para este trabalho. Nesse teste, o professor inicialmente apresenta a simulação configurada como uma usina hidrelétrica. A partir disso, o docente consegue habilitar uma caixa chamada “símbolos de energia” que, ao longo do funcionamento da simulação, faz com que apareçam letras “E” com diferentes cores, responsáveis por representar as formas de energia que resultam de cada etapa. O professor, em conjunto com a turma, pode modificar o fluxo de água que passa pela turbina, contribuindo para que o aluno perceba que quanto maior o fluxo que passa por esse ponto, maior a quantidade de energia elétrica que é jogado no sistema, que tem como etapa final dois tipos de lâmpadas (incandescente e fluorescente), ou uma serpentina que está dentro de um bécher com água. Nesta etapa, o aluno já leu sobre o funcionamento das hidrelétricas e, nos testes iniciais, também assistiu a um vídeo sobre funcionamento deste tipo de usina.

A turbina e o gerador são equipamentos presentes em grande parte dos modelos de usinas, sendo assim de extrema importância o entendimento sobre o funcionamento deles. Os

resultados obtidos na aplicação deste teste nas três turmas evidenciam a ótima adequação ao método utilizado e o grande aumento de respostas corretas após o momento de discussão.

Além disso, observou-se que somente uma pequena parcela de alunos permaneceu com a resposta errada. Tal fato se justifica pela possível confusão com a água que passa pela turbina, levando o aluno a identificar tal aparato como um captador de água e não como uma casa de força.

- Teste conceitual TC8

Conteúdo abordado: conversão de energia, economia de energia.

TC8) Na simulação podemos substituir o aquecedor de água por dois tipos de lâmpadas, incandescente (figura 3) e fluorescente (figura 4). O que você percebe sobre a energia e a saída dessas lâmpadas?

Figura 3- Lâmpada incandescente

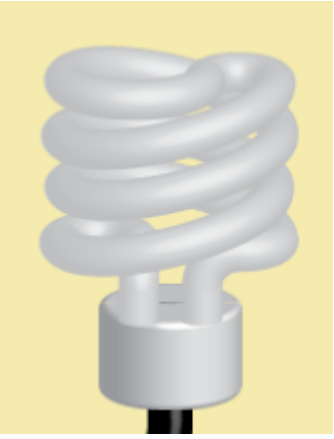


Figura 4- lâmpada fluorescente

a) a lâmpada incandescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma maior perda de energia térmica;

b) a lâmpada fluorescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma menor perda de energia térmica;

c) a lâmpada incandescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma menor perda de energia térmica

d) a lâmpada fluorescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma maior perda de energia térmica.

- Distribuição das respostas antes da discussão:

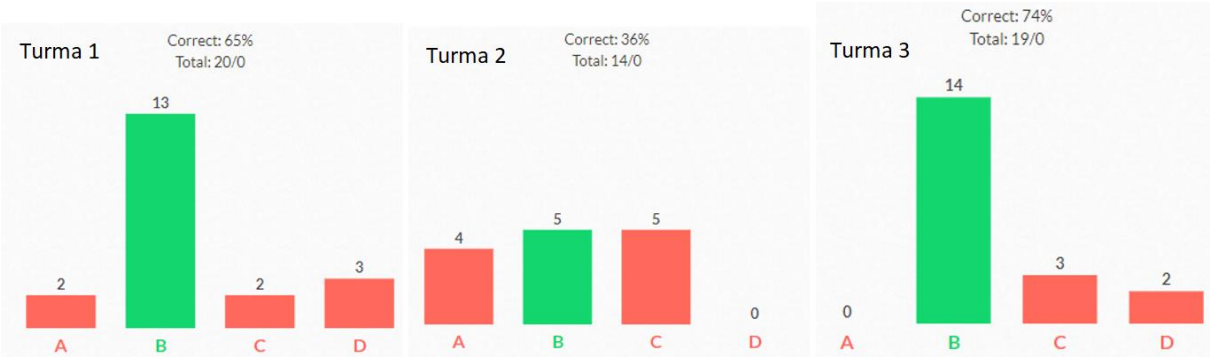


Gráfico 4.5: Respostas dos alunos antes da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

- Distribuição das respostas depois da discussão:

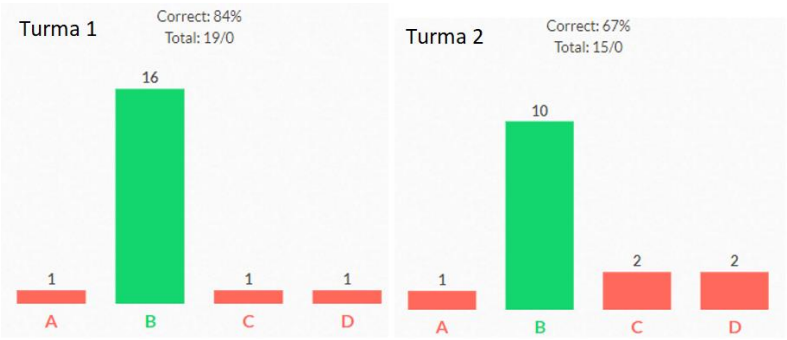


Gráfico 4.6: Respostas dos alunos depois da discussão. Os números acima das colunas representam o número de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Este teste conceitual também faz parte dos testes que foram baseados no funcionamento de uma simulação e aborda um tema que está mais presente no cotidiano dos alunos, que é o da economia de energia elétrica. Através das energias “E” (foi explicado anteriormente como se habilita essa ferramenta) emitidas pela lâmpada, o aluno pode observar que, quando selecionada a lâmpada incandescente na simulação, o resultado é que grande parte da energia liberada pela lâmpada é a térmica. Por outro lado, ao selecionar a lâmpada fluorescente, a quantidade de energia térmica se reduz drasticamente e em compensação o brilho da lâmpada aumenta. Além disso, pôde se observar um aumento na emissão de energia luminosa.

Essa simulação é apresentada anteriormente para o aluno, bem como outros fenômenos que podem ser observados nela. O objetivo deste teste é verificar se o aluno consegue identificar as diferenças entre as duas lâmpadas no entendimento desse fenômeno.

Almeja-se também identificar o motivo pelo qual o governo incentivou a mudança nos modelos de lâmpadas que são utilizadas em nossas residências. Sabe-se que atualmente existem as lâmpadas de LED que são ainda mais econômicas, mas que seu preço ainda se apresenta muito superior ao dos outros modelos de lâmpadas. O professor, durante a apresentação da simulação, pode adequá-la falando sobre a maior eficácia das lâmpadas de LED.

Este teste conceitual também apresentou um aumento expressivo na quantidade de respostas corretas após a discussão entre os alunos na turma 2. Devido ao número de acertos da turma 3 ser superior a 70%, o autor resolveu partir direto para a explicação da resposta correta, sem precisar iniciar a fase de discussão.

Todas as outras aplicações foram analisadas pelo autor com o objetivo de atualizar e melhorar o produto educacional, gerado a partir das discussões em sala de aula. Esse produto pode ser utilizado e adequado a outros professores segundo as respectivas necessidades e não precisa ser de caráter final. O objetivo desse material é de sempre ser atualizado pelo autor conforme for necessário, a cada ano em que se é aplicado. Dessa forma, haverá um número menor de erros no método de aplicação a cada aplicação.

4.6 QUESTIONÁRIOS PRÉ-AULA

Como explicado anteriormente, o método IpC pressupõe que os alunos se preparem para cada aula, estudando antecipadamente os tópicos que serão abordados. A utilização de questionários curtos (cerca de duas perguntas), com questões específicas e desafiadoras, é um instrumento poderoso para promover esse estudo pré-aula. Neste trabalho, o questionário vem acompanhado das atividades de leitura.

Além destas questões específicas, todo questionário contava com uma pergunta sobre quais as dificuldades encontradas pelo aluno na leitura dos textos propostos. Tal questionamento serviu também como norte para uma atualização na atividade. Infelizmente grande parte das atividades entregues não continham informações precisas sobre as dificuldades e a maior parte dos alunos respondia não ter dificuldades na leitura. Este fato pode ser entendido como uma falta de criticidade dos alunos quanto a textos apresentados pelo professor, ou até mesmo entendido como uma maneira que os alunos encontraram de facilitar a conclusão das atividades, pois se respondessem que possuíam dificuldades, era necessário que explicassem suas dúvidas.

Outra dificuldade detectada ao aplicar as atividades de leitura é que parte significativa desses alunos não estão acostumados a fazer suas atividades em casa, o que é muito prejudicial, uma vez que estas atividades requerem que o aluno devote tempo para se preparar para as aulas. Será explicitado, na próxima seção, o quantitativo das atividades entregues por cada turma nos dois bimestres.

A seguir são apresentados e discutidos alguns questionários efetivos.

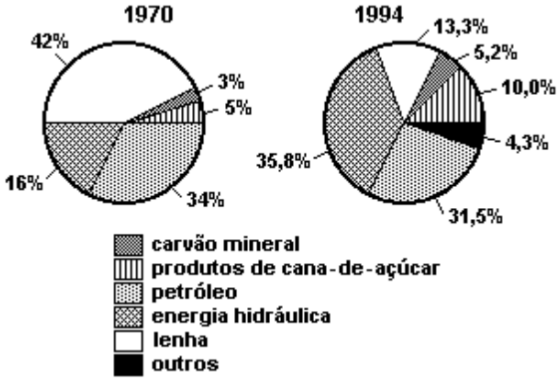
- Tarefa de leitura 1.1 – Questão 2

Conteúdo: Fonte de energia

(Unicamp 2000) Brasil: consumo de energia primária - 1970 e 1994

Considerando os dados anteriores:

a) Cite as duas principais alterações ocorridas no consumo de energia primária no Brasil entre 1970 e 1994.



Essa pergunta faz parte do primeiro questionário enviado para os alunos. A proposta inicial era que identificassem o crescente aumento da utilização das energias renováveis, principalmente da energia hidráulica, bem como a grande redução da utilização da lenha. Esperava-se que, ao longo da resposta, apresentassem alguns motivos para essa modificação, utilizando como base os textos. No entanto, da maneira como foi explanado pelos alunos, não havia necessidade de nenhuma leitura anterior para poder responder o questionamento, pois a maior parcela das respostas era curta e direta.

Quadro 4.1: Respostas curtas da tarefa de leitura 1.1 – questão 2

Resposta
O consumo de energia hidráulica aumentou e o de lenha diminuiu. (A115)
A energia hidráulica duplicou (16% para 35,8%) e o uso de lenha ficou 3 vezes menor em 1994. (A322)

Mas, em algumas repostas, já era possível verificar um aprofundamento na ideia central da atividade de leitura.

Quadro 4.2: Resposta longa da tarefa de leitura 1.1 – questão 2

Resposta
O aumento de consumo de energia renovável e a diminuição do consumo não-renovável, com destaque no grande aumento de energia hidráulica, ajudando na menor taxa de poluição por diminuir a queima de lenha. (A232)

Nesta resposta, é percebido um aprofundamento maior no nível de interação com o texto base, apresentando como fator de mudança de fonte energética uma preocupação ambiental da nação. A ausência de apontamentos por parte dos alunos em relação à quantidade de rios que o Brasil possui e ao baixo custo de manutenção e produção de energia elétrica pode ser justificado pela ausência de aprofundamento no estudo das usinas hidrelétricas que, neste caso, constituem a segunda atividade de leitura. Nesse sentido, pretende-se, em aplicações futuras, inserir um adendo na pergunta, solicitando aos alunos que citem alguns dos fatores responsáveis por essa alteração, ponto que já se encontra na pergunta que foi utilizada originalmente.

- Tarefa de leitura 4.1 – Questão 2

Conteúdo: energia solar, fissão nuclear

De onde provém a energia que vem do Sol? Justifique sua resposta.

Essa pergunta faz parte da quarta atividade de leitura, que trata sobre os processos de fissão e fusão nuclear. Neste capítulo, existe uma breve explicação sobre a fusão dos átomos de hidrogênio em hélio, inserida na atividade de leitura para incentivar os alunos a buscarem conteúdos que estejam além do texto. Infelizmente, grande parte dos alunos para que leciono está acostumada a responder perguntas através de um recorte do texto, na forma exata como se encontra. Quando a pergunta não possibilita essa transcrição, é comum que o aluno busque na internet reescrevendo a pergunta para copiar a resposta de alguém. Como existem várias respostas para essa mesma pergunta, julgamos que a resposta escolhida é a que mais se assemelha ao conhecimento atual do aluno sobre o assunto. Estão transcritas abaixo algumas respostas dos alunos:

Quadro 4.3: Respostas da tarefa de leitura 4.1 – questão 2

Resposta
Toda a energia do Sol, do qual dependemos diretamente, vem da transformação de hidrogênio em hélio, em um processo de fusão nuclear conhecida como reação termonuclear. Este processo, só ocorre quando a temperatura atinge alguns milhões de graus Celsius. (A227)
A energia do sol vem de seu núcleo, composto pelos gases hidrogênio e hélio, com o gás em uma certa temperatura ocorre as reações nucleares quem mantém o sol aquecido. (A318)

A primeira resposta apresentada mostra o ponto chave da pergunta, pois além de destacar a fusão como o processo de geração de energia térmica, salienta a dependência do ser humano em relação à energia solar.

A segunda resposta cita os gases presentes nas reações mais importantes, ou seja, aquelas que produzem energia térmica por meio da transformação de quatro núcleos de hidrogênio (quatro prótons) em um núcleo de hélio (partícula alfa). Ainda assim, trata-se de uma resposta vaga. Esse modelo de resposta foi o mais presente nas atividades de leitura e serviu de norte para que os tópicos de fissão e fusão fossem abordados em sala com um maior tempo. Isso porque também foi possível verificar que grande parte das atividades de leitura evidenciaram dificuldades no entendimento desses conteúdos, que podem ser justificadas por exigir uma abstração maior dos alunos.

- Tarefa de leitura 5.1 – Questão 2

Conteúdo: energia nuclear

O Brasil pretende desenvolver e explorar a tecnologia que lhe possibilite dominar todo o ciclo de produção do combustível nuclear utilizado nas usinas para produzir eletricidade. Isso lhe permitiria também desenvolver submarinos nucleares, que podem fazer longas viagens com economia de combustível. Organismos internacionais e países que se opõem a isso afirmam que o domínio dessas técnicas proporciona a produção de bombas atômicas. Em sua opinião, o Brasil deve investir no desenvolvimento dessas técnicas? Justifique sua escolha.

Essa pergunta faz parte da quinta atividade de leitura, que diz respeito à produção de energia através da fissão nuclear. Busca identificar nos alunos um posicionamento acerca dessa produção, tão questionada após os acidentes das usinas de Chernobyl e Fukushima. As opiniões sobre os investimentos são divergentes até mesmo entre os especialistas; portanto, é

evidente que entre os alunos não seria diferente. Por isso, o objetivo central era o de analisar quais os argumentos apresentados pelos alunos e se eram suficientes para a escolha do posicionamento de cada um. Diversos posicionamentos foram detectados entre eles, e podemos destacar:

Quadro 4.4: Respostas da tarefa de leitura 5.1 – questão 2

Resposta
Não, pois com essa tecnologia nova iria também proporcionar a produção de bombas atômicas, no qual se explodisse mataria muitas pessoas. (A314)
Sim, porque o Brasil alcançaria a autonomia fabricando seu próprio combustível nuclear. (A113)
Não, porque pode causar contaminações nos seres humanos e nos animais, e um acidente nuclear pode ter consequências catastróficas. (A105)
Não, por mais que evoluir seja uma coisa boa, o desenvolvimento dessas técnicas poderia causar acidentes iguais ou maiores que os acidentes de Chernobyl e o do Césio 137. (A115)

É muito importante identificar o posicionamento dos alunos diante de uma realidade que faz parte do seu cotidiano, ou uma que foi introduzida através dos textos apresentados. Evidenciou-se que, a cada atividade, as respostas dos alunos se tornavam cada vez mais elaboradas e que, mesmo em um sistema de ensino que não valoriza e prioriza o seu local de fala, possuem essa capacidade velada pela instituição de ensino.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA PELO GANHO DE HAKE NORMALIZADO

O ganho de *Hake* normalizado é calculado pela razão descrita na equação abaixo e corresponde à melhora do escore do aluno em um teste padrão, que leva em consideração os resultados obtidos no pré e pós-teste. O numerador está relacionado com o ganho efetivo obtido pelo aluno nos resultados do pré e pós-teste, enquanto no denominador estará o desempenho máximo que poderá ser alcançado. Os valores estão entre 0 e 1 (0% e 100%), sendo que quanto maiores os valores, mais acentuado foi a melhora do desempenho do aluno.

$$g = \frac{\%pós - \%pré}{100\% - \%pre}$$

Segundo Hake (1998), podemos definir o ganho normalizado em três classes. As turmas de ganho baixo que apresentam valores de $g < 0{,}30$ (menor que 30%); as turmas de ganho médio, que apresentam valores que estão no intervalo $0{,}30 < g < 0{,}70$ (entre 30% e 70%); e as

turmas de ganho, alcançando valores maiores que 0,70 (maior que 70%). Valores negativos correspondem a perdas e não a ganhos.

De acordo com Mazur (2015), turmas *Peer Instruction* devem apresentar g > 0,36, sendo que o valor médio do ganho está entre 0,10 < *g* < 0,20 para classes submetidas a métodos tradicionais. No entanto, pesquisas recentes realizadas em turmas de ensino básico do Brasil têm encontrado valores bem distintos, como é o caso de Diniz (2015) que teve sua pesquisa realizada no Colégio de Aplicação João XXIII da UFJF. A metodologia IpC foi aplicada em uma turma de primeira série do ensino médio, obtendo g_3 = 0,10, valor que, segundo a literatura, estaria no mínimo de um ganho de uma turma submetida a métodos tradicionais. Nesta mesma pesquisa, verificou-se também o ganho em outras duas turmas submetidas a métodos tradicionais de ensino, foram eles g_1 = 0,02 e g_2 = 0,03, evidenciando que não houve diferença estatística entre as médias do pré e pós-teste nas turmas 1 e 2 e que, estatisticamente, o método tradicional não proporcionou ganho de aprendizagem.

Outro estudo com valores que destoam da literatura é de Araújo *et al.* (2017), que realizou sua pesquisa em sete turmas de ensino médio integrado a cursos técnicos de agropecuária, meio ambiente e informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Pinheiral. Foram 7 turmas analisadas, das quais 6 tiveram um ganho maior que o estabelecido a classes submetidas a métodos tradicionais e apenas uma apresenta um ganho g > 0,36.

Com relação ao tema, não foram encontrados testes padronizados para esse conteúdo, portanto, a avaliação da aprendizagem dos estudantes foi feita a partir da aplicação de um teste construído especialmente para esta pesquisa. Para a seleção das questões do pré e pós-teste, foram selecionadas questões aplicadas em algum vestibular ou publicadas em um site educacional de grande relevância no âmbito educacional, isto é, questões que já foram testadas por um outro público (teste que pode ser encontrado no apêndice A). Nas tabelas de 4.2 a 4.13, estão apresentados os cálculos desse ganho, para cada turma.

Tabela 4.2 - *Ganho de Hake* para a turma 1 para o 3° bimestre

Turma 1 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	18	22
Total de questões respondidas	10x18 = 180	10x22 = 220
Total de acertos	71	99
Porcentagem de acertos	$\frac{71}{180} = 0{,}394 = 39{,}4\%$	$\frac{99}{220} = 0{,}45 = 45{,}0\%$

Ganho de Hake	$g = \frac{45{,}0\% - 39{,}4\%}{100\% - 39{,}4\%} = \frac{5{,}6\%}{60{,}6\%} = 0{,}09$

Tabela 4.3 - *Ganho de Hake* para a turma 2 para o 3° bimestre

Turma 2 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	15	16
Total de questões respondidas	10x15 = 150	10x16 = 160
Total de acertos	56	69
Porcentagem de acertos	$\frac{56}{150} = 0{,}373 = 37{,}3\%$	$\frac{69}{160} = 0{,}431 = 43{,}1\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{43{,}1\% - 37{,}3\%}{100\% - 37{,}3\%} = \frac{5{,}8\%}{62{,}7\%} = 0{,}09$	

Tabela 4.4 - *Ganho de Hake* para a turma 3 para o 3° bimestre

Turma 3 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	24	24
Total de questões respondidas	10x240 = 240	10X24 = 240
Total de acertos	78	110
Porcentagem de acertos	$\frac{78}{240} = 0{,}325 = 32{,}5\%$	$\frac{110}{240} = 0{,}458 = 45{,}8\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{45{,}8\% - 32{,}5\%}{100\% - 32{,}5\%} = \frac{13{,}3\%}{67{,}5\%} = 0{,}20$	

Tabela 4.5 - *Ganho de Hake* para a turma 4 para o 3° bimestre

Turma 4 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	12	12
Total de questões respondidas	10x12 = 120	10x12 = 120
Total de acertos	33	37
Porcentagem de acertos	$\frac{33}{120} = 0{,}275 = 27{,}5\%$	$\frac{37}{120} = 0{,}308 = 30{,}8\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{30{,}8\% - 27{,}5\%}{100\% - 27{,}5\%} = \frac{3{,}3\%}{72{,}5\%} = 0{,}05$	

Tabela 4.6 - *Ganho de Hake* para a turma 5 para o 3° bimestre

Turma 5 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	16	17
Total de questões respondidas	10x16 = 160	10x17 = 170

Total de acertos	51	49
Porcentagem de acertos	$\frac{51}{160} = 0{,}319 = 31{,}9\%$	$\frac{49}{170} = 0{,}288 = 28{,}8\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{28{,}8\% - 31{,}9\%}{100\% - 31{,}9\%} = \frac{-3{,}1\%}{68{,}1\%} = -0{,}05$	

Tabela 4.7 - *Ganho de Hake* para a turma 6 para o 3° bimestre

Turma 6 (3°bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	15	20
Total de questões respondidas	10x15 = 150	10x20 = 200
Total de acertos	60	79
Porcentagem de acertos	$\frac{60}{150} = 0{,}400 = 40{,}0\%$	$\frac{79}{200} = 0{,}395 = 39{,}5\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{39{,}5\% - 40{,}0\%}{100\% - 40{,}0\%} = \frac{-0{,}5\%}{60{,}0\%} = -0{,}01$	

Tabela 4.8 - *Ganho de Hake* para a turma 1 para o 4° bimestre

Turma 1 (4° bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	21	24
Total de questões respondidas	10x21 = 210	10x24 = 240
Total de acertos	71	91
Porcentagem de acertos	$\frac{71}{210} = 0{,}338 = 33{,}8\%$	$\frac{91}{240} = 0{,}379 = 37{,}9\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{37{,}9\% - 33{,}8\%}{100\% - 33{,}8\%} = \frac{4{,}1\%}{66{,}2\%} = 0{,}06$	

Tabela 4.9 - *Ganho de Hake* para a turma 2 para o 4° bimestre

Turma 2 (4° bimestre)	**PRÉ-TESTE**	**PÓS-TESTE**
Alunos presentes	12	15
Total de questões respondidas	10x12 = 120	10x15 = 150
Total de acertos	37	58
Porcentagem de acertos	$\frac{37}{120} = 0{,}308 = 30{,}8\%$	$\frac{58}{150} = 0{,}387 = 38{,}7\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{38{,}7\% - 30{,}8\%}{100\% - 30{,}8\%} = \frac{7{,}9\%}{69{,}2\%} = 0{,}11$	

Tabela 4.10 - *Ganho de Hake* para a turma 3 para o 4° bimestre

Turma 3 (4° bimestre)	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Alunos presentes	19	22
Total de questões respondidas	10x19 = 190	10x22 = 220
Total de acertos	60	93
Porcentagem de acertos	$\frac{60}{190} = 0{,}316 = 31{,}6\%$	$\frac{93}{220} = 0{,}423 = 42{,}3\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{42{,}3\% - 31{,}6\%}{100\% - 31{,}6\%} = \frac{10{,}7\%}{68{,}4\%} = 0{,}16$	

Tabela 4.11 - *Ganho de Hake* para a turma 4 para o 4° bimestre

Turma 4 (4° bimestre)	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Alunos presentes	9	11
Total de questões respondidas	10x9 = 90	10x11 = 110
Total de acertos	26	37
Porcentagem de acertos	$\frac{26}{90} = 0{,}289 = 28{,}9\%$	$\frac{37}{110} = 0{,}336 = 33{,}6\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{33{,}6\% - 28{,}9\%}{100\% - 28{,}9\%} = \frac{4{,}7\%}{71{,}1\%} = 0{,}07$	

Tabela 4.12 - *Ganho de Hake* para a turma 5 para o 4° bimestre

Turma 5 (4° bimestre)	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Alunos presentes	19	15
Total de questões respondidas	10x19 = 190	10x15 = 150
Total de acertos	54	47
Porcentagem de acertos	$\frac{54}{190} = 0{,}284 = 28{,}4\%$	$\frac{47}{150} = 0{,}313 = 31{,}3\%$
Ganho de Hake	$g = \frac{31{,}3\% - 28{,}4\%}{100\% - 28{,}4\%} = \frac{2{,}9\%}{71{,}6\%} = 0{,}04$	

Tabela 4.13 - *Ganho de Hake* para a turma 6 para o 4° bimestre

Turma 6 (4° bimestre)	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Alunos presentes	9	16
Total de questões respondidas	10x9 = 90	10x16 = 160
Total de acertos	35	58
Porcentagem de acertos	$\frac{35}{90} = 0{,}389 = 38{,}9\%$	$\frac{58}{160} = 0{,}363 = 36{,}3\%$

Ganho de Hake	$g = \frac{36{,}3\% - 38{,}9\%}{100\% - 38{,}9\%} = \frac{-2{,}6\%}{61{,}1\%} = -0{,}04$

Os resultados calculados foram sintetizados nas Tab. 4.14 e 4.15 para comparação do *ganho de Hake* entre as turmas.

Tabela 4.14 - Dados comparativos do *ganho de Hake* para o 3° bimestre.

Turma (3° Bimestre)	1	2	3	4	5	6
Número de alunos que fizeram o pré-teste	18	15	24	12	16	15
Número de alunos que fizeram o pós-teste	22	16	24	12	17	20
Porcentagem de acertos no pré-teste	39,4	37,3	32,5	27,5	31,9	40,0
Porcentagem de acertos no pós-teste	45,0	43,1	45,8	30,8	28,8	39,5
Porcentagem do ganho absoluto	5,6	5,8	13,3	3,3	-3,1	-0,5
Porcentagem do total das atividades de leitura entregue	**34**	**21**	**41**	-		
Ganho de Hake	**0,09**	**0,09**	**0,20**	**0,05**	**-0,05**	**-0,01**

Tabela 4.15 - Dados comparativos do *ganho de Hake* para o 4° bimestre.

Turma (4° Bimestre)	1	2	3	4	5	6
Número de alunos que fizeram o pré-teste	21	12	19	9	19	9
Número de alunos que fizeram o pós-teste	24	15	22	11	15	16
Porcentagem de acertos no pré-teste	33,8	30,8	31,6	28,9	28,4	38,9
Porcentagem de acertos no pós-teste	37,9	38,7	42,3	33,6	31,3	36,3
Porcentagem do ganho absoluto	4,1	7,9	10,7	4,7	2,9	-2,6
Porcentagem do total das atividades de leitura entregue	**32**	**29**	**42**	-		
Ganho de Hake	**0,06**	**0,11**	**0,16**	**0,07**	**0,04**	**-0,04**

Para Mazur os resultados das turmas 1, 2 e 3, que foram conduzidas através do IpC, conduziram a valores esperados para turmas tradicionais e abaixo dos previstos para turmas submetidas a processos de aprendizagem ativa. Dessa forma, em relação aos valores adotados, a associação do método IpC a simulações computacionais, não deve ser considerada uma estratégia de aprendizagem ativa eficaz para essas três turmas (MAZUR, 2015).

No entanto, pesquisas realizadas no âmbito nacional, como a de Diniz (2015) e de Araújo *et al.* (2017), mostram que os valores encontrados são diferentes. Se comparada a essas pesquisas, os valores encontrados apresentam grande semelhança. É possível verificar que as turmas 1, 2 e 3, que foram submetidas ao IpC, apresentam valores esperados para turmas tradicionais das literaturas internacionais. Já as turmas 4, 5 e 6, que foram submetidas a métodos tradicionais de ensino, têm seus ganhos próximos de zero ou até mesmo apresentam perdas, demonstrando estatisticamente que o método tradicional não proporcionou ganho de aprendizagem.

Outro ponto importante que deve ser ressaltado é que as atividades de leitura tiveram uma baixa porcentagem no que diz respeito à dedicação dos alunos em sua entrega. Como tais atividades foram realizadas em dois bimestres consecutivos, é possível observar uma sutil melhora nessa porcentagem. A concepção dos autores do presente trabalho é de que, se esses exercícios fossem realizados ao longo de todo o período escolar, o aluno naturalmente se habituaria a se dedicar previamente para uma aula (focando no estudo da atividade de leitura e na resolução do questionário).

Em um trabalho apresentado por Lopes (2016), foi realizado experimentalmente o uso de IpC na Universidade Federal de Viçosa (UFV) desde 2011 na disciplina introdutória Física 2 (fluidos, ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas e termodinâmica). Consiste na explicitação de um estudo sobre o efeito do questionário pré-aula na retenção dos alunos. Para tal, apresentou o percentual de aprovação na disciplina após a aplicação de cada método de ensino (turmas tradicionais e com o uso do IpC, que foram utilizadas ou não os questionários pré-aula). A pesquisa envolveu 1566 alunos, dos quais 1.052 foram sujeitos à metodologia que envolve IpC (20 turmas) e 514 alunos experienciaram o método tradicional (16 turmas). O autor apresentou em sua pesquisa o efeito positivo dos questionários pré-aula na IpC: com o uso dos questionários, os estudantes que passaram por essa metodologia conseguiram notas de provas mais elevadas nos três grupos em que se dividiu sua pesquisa. No grupo 1, a diferença foi de 4,2 pontos (12%), de 8,0 pontos (19%) no grupo 2 e de 7,1 pontos no grupo 3 (12%). Esse resultado está em consonância com os resultados encontrados neste trabalho, no qual podemos observar que a turma 3, que obteve uma maior porcentagem na entrega das atividades de leitura média de 42%, foi a turma que atingiu os melhores valores do ganho de *Hake* médio de $g_3 = 0,18$. Já as outras duas turmas tiveram porcentagens de entrega média de 33% e 25% e seus ganhos de *Hake* médios foram de $g_1 = 0,08$ e $g_2 = 0,10$, respectivamente.

Esse entendimento parece estar em oposição aos resultados estabelecidos na literatura científica. Crouch *et al*. (2007, p. 15) mencionam, baseadas em dados (CROUCH,

FAGEN, MAZUR, 2002), situações em que o IpC funciona efetivamente mesmo sem o uso dos questionários pré-aula, ainda que não discordem dos seus benefícios. Entendemos que a chave para esclarecer esse aparente conflito está na localidade em que são gerados esses dados, pois parece ter papel determinante nos resultados do trabalho desenvolvido. Em grande parte das pesquisas realizadas, os dados foram adquiridos em instituições extremamente seletivas como a Universidade de Harvard. Dessa forma, nossos resultados não estão em conflito com os da literatura; mas apresentando um novo percurso na compreensão sobre esse método de ensino, uma vez que engloba uma população que possui acesso mais restrito à escolarização de qualidade e que tem o perfil da maioria dos alunos das instituições de ensino do nosso país.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método tradicional de ensino tem seu insucesso evidenciado na literatura científica e na vida de muitos estudantes e docentes. Já as metodologias mais ativas de ensino se constituem como uma alternativa exequível; visam envolver o aluno no processo de ensino-aprendizagem, direcionando-o a discutir questões, formular hipóteses e solucionar problemas. No entanto, nossos alunos, especialmente os da rede pública de ensino, não estão acostumados a ser os protagonistas do processo. A transição de metodologia de atuação envolve muitos desafios, sendo o principal deles o desafio do docente de ceder o protagonismo, pois na maioria das vezes somos incentivados a atuar como condutores de uma carruagem, na qual os alunos são colocados e decidimos onde levá-los e em que ritmo.

O *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas - IpC) é o método ativo muito utilizado para aprimorar a qualidade do ensino, especialmente das Ciências. O presente estudo propôs investigar o uso do IpC associado ao uso de simulações computacionais, em uma escola de ensino médio da rede pública do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de tornar a aprendizagem em física mais efetiva; orientando o aluno a ser mais ativo e participativo nas aulas por meio das interações com seus colegas e do desenvolvimento do hábito de estudar antecipadamente para a aula, com o intuito de mostrar que a física consiste em muito mais que decorar fórmulas e conceitos.

A base teórica deste trabalho foi centrada nas teorias de aprendizagem de Vygotsky, por entendermos que as discussões sobre cada fenômeno físico envolvido nos testes conceituais foram fundamentais para a aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, a troca de ideias entre eles pode favorecer o entendimento de um determinado conceito físico, contribuindo para o desenvolvimento de um pensamento crítico e reflexivo nos alunos.

De acordo com o que foi verificado no capítulo 2, os resultados de pesquisas nacionais e internacionais têm apontado que alunos ensinados com o método IpC apresentam desempenho superior ao de alunos em turmas tradicionais. É notório que, ao compararmos os valores encontrados nas duas literaturas, deve-se levar em conta o nível e localidade que se encontra a instituição da pesquisa conforme aponta Lopes (2016). Um consenso na literatura são as atitudes favoráveis ao método, em geral, por parte dos alunos, especialmente porque apreciam o *feedback* recebido durante as aulas. Era frequente que comemorassem ao saber que haviam acertado a resposta, o que os incentivava a ter vontade de acertar cada vez mais.

A pesquisa com resultado mais próximo deste trabalho foi desenvolvida por Diniz (2015), que a realizou em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio do colégio de

aplicação da UFJF. Seus dados se assemelham tanto no resultado encontrado na turma que se utilizou os métodos, quanto nos resultados das turmas regidas através do método tradicional. Além disso, considerando a literatura especializada nacional, é possível concluir que a associação dos métodos IpC e EsM relacionada às simulações computacionais levou a resultados que sugerem a ocorrência de aprendizagem ativa.

Com relação ao baixo índice do ganho de *Hake* – se comparado com outras pesquisas como a de Araujo *et al.* (2017), realizada durante as aulas do autor, que é docente efetivo de física do IFRJ, *campus* Pinheiral – pode estar relacionado ao baixo índice de entrega das atividades de leitura e conforme apontado por Lopes (2016), deve-se levar em consideração o local em que são gerados esses dados. É necessário lembrar que existe um processo seletivo para que um aluno possa estudar em um IFRJ, ou seja, há um processo seletivo para ingresso de alunos na escola, o que resulta em turmas bem preparadas no que diz respeito às bases necessárias para acompanhamento dos conteúdos. No caso do presente trabalho realizado em uma instituição pública estadual, não existe essa seleção; por isso são tão importantes para um melhor desempenho dos alunos as atividades de leitura e os questionários pré-aula.

A pesquisa com melhor resultado, que se encontra mais próximo da literatura internacional, foi desenvolvida por Oliveira *et al.* (2015), que realizou uma sequência didática associando os métodos de ensino IpC e EsM. Também foi realizada em um IFRJ, *campus* Pelotas. Nessa pesquisa, o autor menciona que os alunos entregavam as atividades corretamente, portanto, é possível entender que a porcentagem de entrega do questionário pré-aula foi muito próxima dos 100%. Logo, uma maior dedicação dos alunos no estudo da atividade de leitura e na resolução do questionário é necessária para um ganho de *Hake* mais próximo daquele previsto pelos trabalhos internacionais.

O presente trabalho buscou relatar uma experiência, apresentando a implementação do método IpC, suas limitações e dificuldades encontradas. Os resultados indicam a necessidade de renovação dos métodos tradicionais de ensino. Espera-se que o leitor, ao ler a dissertação e usar o produto educacional, possa enriquecê-lo com novas questões e propostas construtivas e, se necessário, realize as possíveis correções.

Como perspectiva futura do presente trabalho, acredita-se que a aplicação contínua desse método amplificará os resultados da primeira aplicação. Para que este próximo passo se concretize, continuaremos com a aplicação nos próximos anos. Além disso, buscaremos elaborar mais materiais (Testes Conceituais e Tarefas de Leitura) para aplicar o método não somente nos dois últimos bimestres. Inicialmente, pretende-se criar textos de apoio sobre

alguns conceitos fundamentais de calorimetria, que são importantes para a compreensão dos conceitos de transformações energéticas que discutimos nos textos de apoio deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ADAMS, W. K.; REID, S.; LEMASTER, R.; MCKAGAN, S.B.; PERKINS, K.K.; DUBSON, M.; WIEMAN, C.E. *A Study of Educational Simulations Part I - Engagement and Learning.* Journal of Interactive Learning Research v.19, n.3, p. 397-419, 2008.

ALVES, E.M.; MESSEDER, J.C., Elaboração de um vídeo com enfoque ciência-tecnologia-sociedade (CTS) como instrumento facilitador do ensino experimental de ciências in: Encontro nacional de pesquisas em Educação em Ciências, 7., 2009. Florianópolis. *Atas...* Santa Catarina: ENPEC, 2009.

ARAUJO, A. V. R. de; SILVA, E. S.; JESUS, V. L. B. de; OLIVEIRA, A. L. de. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. *Rev. Bras. Ensino Fís.* v.39, n.2, 2017.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.4, n.3, p. 5-18, 2004.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. 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, 2013.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. *Rev. Bras. Ensino Fís*. v.26, n.2, p.179-184, 2004.

ARROIO, A; GIORDAN, M., O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Revista Química Nova na Escola*, n.24, p.8-11, 2006.

BETZ, M. E. M.; TEIXEIRA, R. M. R. Conteúdos de métodos computacionais em material instrucional para o ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.29, n. Especial 2, p.787-811, 2012.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.3, p.291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular – BNCC 2ª versão*. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em: nov. 2016

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Fundamentos pedagógicos e estrutura geral da BNCC*. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: nov. 2017

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 1999, disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em 10/11/17.

BRASIL. Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação. LDB nº 9394/96.* Brasília: MEC, 1996, disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm> - acesso em 10/11/17.

BRASIL. *Projeto Cidadão Conectado – Computador para todos*, 2005, disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5542.htm>. Acesso em 10/11/17.

BRASIL. Ministério da Educação, *Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE)*, 2008, disponível em: < http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/193-secretarias-112877938/seed-educacao-a-distancia-96734370/15808-programa-banda-larga-nas-escolas>. Acesso em 10/11/17.

BRASIL. FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, *Programa um computador por aluno (PROUCA), 2010*, disponível em: < https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&sgl_tipo=LEI&num_ato=00012249&seq_ato=000&vlr_ano=2010&sgl_orgao=NI>. Acesso em 10/11/17.

BRASIL. FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, *Projeto um computador por aluno (UCA)*, 2005. disponível em: < http://www.fnde.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo/proinfo-projeto-um-computador-por-aluno-uca>. Acesso em 10/11/17.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.29, n. Especial 2, p.891-934, 2012.

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P., MAZUR, E., Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms, *The Physics Teacher*, v.40, p.206-209, 2002.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E., Peer Instruction: Ten years of experience and results, *American Journal of Physics*. v.69, n.9, p.970-977, 2001.

CROUCH, C. H; WATKINS, J.; FAGEN, A.P.; MAZUR, E., Peer Instruction: Engaging students one-on-one, all at once. *Research-Based Reform of University Physics*, v.1, p.1-55, 2007

CUMMINGS, K.; ROBERTS, S. G., A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students, *Physics Education Research Conference*, v.1064, p.103-106, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 364 p. (Coleção Docência em Formação).

DESLAURIERS, L.; SCHELEW, E.; WIEMAN, C. Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*, v.332, n.6031, p.862-864, 2011.

DINIZ, A.C. *Implementação do Método Peer Instruction em Aulas de Física no Ensino Médio*. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Viçosa, 2015.

FIGUEIRA, J. S. Easy Java simulations: modelagem computacional para o ensino de Física. *Rev. Bras. Ensino Fís*., v.27, n. 4, p.613-618, 2005.

FREIRE, J. C. A.; RICARDO, E. C., A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. *Rev. Bras. Ensino Fís*, v.29, n.2, p.251-266, 2007.

FREIRE, K. X. UCA: Um Computador por Aluno e os impactos sociais e pedagógicos. IX Congresso Nacional de Educação, 9., 2009, PUC Paraná, *Atas*... 2009. Paraná: EDUCERE, 2009.F

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 11ª Edição. Editora Paz e Terra. Rio de Janeiro, 1987.

FREITAS, F. C.; OLIVEIRA, A. J. A. O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores. *Rev. Bras. Ensino Fís.* v.37, n.3, 2015.

HAKE, R. R. Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousandstudent survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, v.66 n.1, p.64–74, 1998.

JAMES, M. C., The effect of grading incentive on student discourse in Peer Instruction. *American Journal of Physics*, v.74, n.8, p. 689, 2006.

KARWOSKI, A.M. A qualidade do ensino na educação superior. *Revista Triângulo*, v.5, n.1, p.75-86, 2012.

KOLL, M. O. *Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 2010.

LAVANDIER, R. C. *O uso didático pedagógico de vídeos com experimentos químicos destinados ao ensino de reações químicas*. 2008. 49 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, Rio de Janeiro. 2008.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J., Peer instruction: From Harvard to the two-year college, *American Journal of Physics*, v.76, n.11, p.1066, 2008.

LOPES, A. M. *Combinando metodologia de ensino Peer Instruction com Just-in-time Teaching para o ensino de física*. 2016. 166f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa, Minas Gerais. 2016.

LOPEZ, S.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Rev. Bras. Ensino Fís*. v.38, n.2, 2016.

MACÊDO, J. A. de. *Simulações Computacionais como Ferramenta Auxiliar ao Ensino de Conceitos Básicos de Eletromagnetismo: elaboração de um roteiro de atividades para professores do ensino médio*. 2009. 137f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Minas Gerais. 2009.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. Especial 1, p.562-613, 2012.

MAYER, K. C. M.; PAULA, J. S.; SANTOS, L. M.; ARAÚJO, J. A. Dificuldades encontradas na disciplina de ciência naturais por alunos do ensino fundamental de escola pública da cidade de Redenção – PA. *Revista Lugares de Educação [RLE]*, v.3, n.6, p.230-241, 2013.

MAZUR, E. *Peer Instruction*: A revolução da aprendizagem ativa / Eric Mazur; tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, p.252, 2015.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Rev. Bras. Ensino Fís.* v.24, n.2, 2002.

MOREIRA, M.A., *Coletânea de breves monografias sobre teorias de aprendizagem como subsídio para o professor pesquisador, particularmente da área de ciências*, 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada), Porto Alegre, Brasil

MÜLLER, M.G., *Metodologias Interativas de ensino na formação de professores de física: um estudo de caso com o Peer Instruction* (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MÜLLER, M.G., ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A.; SCHELL, J. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). *Rev. Bras. Ensino Fís*. v.39, n.3, 2017.

NOVAK, G. M., PATTERSON, E. T., GAVRIN, A. D., et al. *Just in Time Teaching. American Journal of Physics.* V.67, n.10, p. 937, 1999.

OLIVEIRA, V., *Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio*. 2012. 236 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S. ; VEIT, E. A. . Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.32, n.1, 2015.

PLICKERS, Disponível em: <www.plickers.com>, Acesso em: 20/05/2017

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Básico*. Rio de Janeiro: 2012.

ROSA, P.R.S., O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.1, p.33-49, 2000.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B., O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 58, v.2, p.1-24, 2012.

SILVA, V. Diversidade, redundância e competência distribuída em um sistema virtual de aprendizagem colaborativa. *Rev. bras. linguística. apl*, n.3, v.15, p.761-778, 2015.

SOUZA JUNIOR, F. A. L., *Uma proposta de ensino do efeito fotoelétrico utilizando simulação computacional a partir dos três momentos pedagógico*s. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto Federal do Rio de Janeiro, , Nilópolis, 2017.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. D. The construction of different classroom norms during Peer Instruction: Students perceive differences. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 6, n. 2, 2010.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem em física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Rev. Bras. Ensino Fís***,** v. 24, n.2, p.87-96, 2002.

VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, N. Applets en la enseñanza de la física. *Enseñanza de Las Ciencias*, v.21. n.3, p.463-472, 2003.

APÊNDICE A – PRÉ E PÓS TESTE APLICADO

1) (Mundo Educação - modificada) A construção das grandes usinas hidrelétricas foi uma tônica central no âmbito da produção de eletricidade e fontes de energia do Brasil. No entanto, em virtude das ressalvas, polêmicas e protestos contra os impactos ambientais gerados, o governo brasileiro vem adotando alternativas a essa estratégia.
Além da busca por outras matrizes energéticas, uma medida adotada foi:
a) a substituição das hidrelétricas antigas por construções mais modernas e com efeitos atenuantes.
b) a construção das PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), com menor impacto ambiental.
c) a migração das centrais para áreas de baixa densidade demográfica, como a região norte do país.
d) a substituição de todos os equipamentos existentes para aumentar a eficiência nos sistemas de produção e distribuição.

2) (ENEM 2011- modificada) "Águas de março definem se falta luz este ano". Esse foi o título de uma reportagem em jornal de circulação nacional, pouco antes do início do racionamento do consumo de energia elétrica, em 2001. No Brasil, a relação entre a produção de eletricidade e a utilização de recursos hídricos, estabelecida nessa manchete, se justifica porque:
a) a geração de eletricidade nas usinas hidrelétricas exige a manutenção de um dado fluxo de água nas barragens.
b) o sistema de tratamento da água e sua distribuição consomem grande quantidade de energia elétrica.
c) a geração de eletricidade nas usinas termelétricas utiliza grande volume de água para refrigeração.
d) o consumo de água e de energia elétrica utilizadas na indústria compete com o da agricultura.

3) (Mundo Educação - modificada)
"As usinas hidrelétricas suprem apenas 2,5% da energia total e 15% da eletricidade produzida pela humanidade".
(VESENTINI, J. W. *Geografia:* o mundo em transição. São Paulo: Ática, 2012. p.78).
Um dos requisitos necessários para a instalação de hidrelétricas e que impede a utilização desse sistema de produção de energia em todo o mundo é:
a) a alta demanda por energia.
b) o emprego de tecnologia avançada em geradores elétricos.
c) a presença de grandes rios, preferencialmente de planaltos.
d) a existência de condições climáticas favoráveis.

4) (Mundo Educação - modificada) Apesar das muitas críticas e oposições, as usinas hidroelétricas são amplamente empregadas em países com elevado potencial hidráulico, tais como o Brasil, Estados Unidos, Rússia e China. Uma das vantagens de sua utilização em comparação com outras fontes de energia é:
a) a utilização de fonte de energia gratuita e renovável.
b) o maior grau de conservação dos ecossistemas locais.
c) a remoção quase nula da vegetação circundante.
d) a maior geração de empregos em todo o seu processo produtivo.

5) (ENEM 2011 - modificada)
Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano (CH_4) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de CO_2 das termelétricas.
MORET, A. S.; FERREIRA, I. A. As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil. Revista Ciência Hoje. V. 45, n.° 265, 2009 (adaptado).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte:
a) limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos desse fenômeno.
b) eficaz de energia, tomando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
c) limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
d) poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.

6) (UEL 2012 - modificada) A força das águas tem viabilizado a construção de usinas hidrelétricas de grande porte no Brasil, sendo Itaipu um exemplo. Com base nos conhecimentos sobre desenvolvimento e a questão socioambiental, considere as afirmativas a seguir.
I. A retirada das populações das áreas atingidas por construção de hidrelétricas tem produzido impactos sociais, como o desenraizamento cultural.
II. Itaipu é um exemplo da prioridade dada à preservação dos habitats naturais no projeto nacional-desenvolvimentista defendido pelos militares pós-64.
III. As incertezas sobre os impactos ambientais com a construção de usinas hidrelétricas trouxeram, por desdobramento, a formação de movimentos dos atingidos pelas barragens.
IV. A construção de hidrelétricas liga-se, também, à preocupação com a crise energética mundial prevista para as próximas décadas. Assinale a alternativa correta.
a) somente as afirmativas II e IV são corretas.
b) somente as afirmativas III e IV são corretas.
c) somente as afirmativas I, II e III são corretas.
d) somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

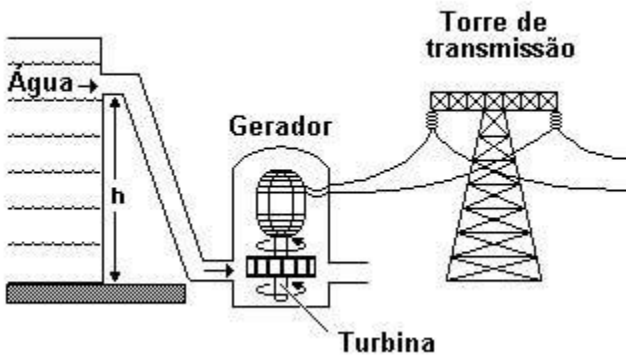
7) (IFG - modificada) Para a produção de energia elétrica, faz-se necessário represar um rio, construindo uma barragem, que irá formar um reservatório (lago). A água represada moverá as turbinas, que produzirão a energia. Entre os impactos ambientais causados por
esta construção, podem-se destacar:
a) aumento da temperatura local e chuva ácida;
b) alagamentos e desequilíbrio da fauna e da flora;
c) alagamento de grandes áreas e aumento do nível dos oceanos;
d) alteração do curso natural do rio e poluição atmosférica;

8) (ENEM 2010 - modificada) A usina hidrelétrica de Belo Monte será construída no rio Xingu, no município de Vitória de Xingu, no Pará. A usina será a terceira maior do mundo e a maior totalmente brasileira, com capacidade de 11,2 mil megawatts. Os índios do Xingu tomam a paisagem com seus cocares, arcos e flechas. Em Altamira, no Pará, agricultores fecharam estradas de uma região que será inundada pelas águas da usina. BACOCCINA, D.; QUEIROZ. G.; BORGES, R. Fim do leilão, começo da confusão. Isto é Dinheiro. Ano 13, no 655,28 abr. 2010 (adaptado).
Os impasses, resistências e desafios associados à construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte estão relacionados
a) ao potencial hidrelétrico dos rios no norte e nordeste quando comparados às bacias hidrográficas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país.
b) à necessidade de equilibrar e compatibilizar o investimento no crescimento do país com os esforços para a conservação ambiental.
c) à grande quantidade de recursos disponíveis para as obras e à escassez dos recursos direcionados para o pagamento pela desapropriação das terras.
d) ao direito histórico dos indígenas à posse dessas terras e à ausência de reconhecimento desse direito por parte das empreiteiras.

9) (UFES) As usinas hidrelétricas, apesar de serem consideradas eficientes, relativamente limpas e baratas, correspondem a apenas 15% da produção de eletricidade no mundo. Isso acontece porque nem todos os países possuem um potencial hidráulico para a implantação desse tipo de estrutura, além de haver interesses econômicos voltados para outras fontes de energia.

Entre os requisitos básicos para a construção de barragens para usinas hidrelétricas, podemos considerar como verdadeiros, EXCETO:
a) A existência de rios não intermitentes.
b) Áreas disponíveis para a construção de barragens.
c) Cursos d'água preferencialmente em regiões planálticas.
d) Disponibilidade imediata de combustíveis para abastecimento dos geradores e turbinas.

10) (ENEM 1998 - modificada) Na figura a seguir está esquematizado um tipo de usina utilizada na geração de eletricidade.



Analisando o esquema, é possível identificar que se trata de uma usina:
a) hidrelétrica, porque a água corrente baixa a temperatura da turbina.
b) hidrelétrica, porque a usina faz uso da energia cinética da água.
c) termoelétrica, porque no movimento das turbinas ocorre aquecimento.
d) eólica, porque a turbina é movida pelo movimento da água.

11) (Enem 2010 - modificada) 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.
a) eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
b) nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
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.

12) (Brasil Escola – modificada) A Energia solar não provoca danos ambientais, podendo ser considerada uma fonte de energia limpa.
A afirmativa acima está:
a) incorreta, pois toda a produção de energia elétrica pelos raios de sol emite poluentes na atmosfera.
b) correta, pois não há queima de combustíveis e nem ocupação de grandes áreas para a utilização dessa fonte de energia.
c) incorreta, pois muitos animais morrem em função da insolação causada por essas usinas, gerando danos ambientais relacionados com a quebra da cadeia alimentar.
d) correta, pois a energia gerada pelo sol não ocasiona transformações imediatas na atmosfera, que seriam sentidas apenas a longo prazo.

13) (Brasil Escola - modificada) A energia solar, apesar de amplamente vantajosa no sentido ambiental e em seu nível de produtividade, não é amplamente utilizada no Brasil e na maior parte do mundo, em função de suas desvantagens, entre as quais, podemos assinalar:
a) o baixo índice de radiação solar em países tropicais, a exemplo do território brasileiro.
b) a baixa capacidade de aquecimento do sol mesmo nos períodos de maior insolação.

c) a elevada instabilidade dos geradores solares no atual nível de tecnologia.
d) os painéis solares são caros e o seu rendimento é baixo.

14) (FGV/2006 - modificada)
"As usinas de energia solar responderão por 2,5% das necessidades globais de eletricidade até 2025 e 16% em 2040, diz o relatório da associação europeia do setor e do Greenpeace. Hoje, elas representam 0,05% da matriz energética. A taxa de expansão anual do setor tem sido de 35%."
Jornal O Estado de S. Paulo, 07/09/2006
Assinale a alternativa que melhor explique esse enunciado:
a) essa tendência de expansão explica-se pelo fato de o Sol representar fonte inesgotável de energia, cuja transformação em eletricidade exige um processo simples e de baixo custo, se comparado com a hidroeletricidade.
b) A transformação de energia solar (de radiação) em elétrica difundiu-se muito no Brasil para uso doméstico, especialmente após a crise do apagão, em 2001.
c) O desenvolvimento da geração de energia elétrica a partir da solar ainda é incipiente no Brasil, pois envolve um processo caro e complexo se comparado à hidroeletricidade, relativamente barata e abundante.
d) A tropicalidade do Brasil permite vislumbrar, a médio prazo, um quadro de substituição da energia hidrelétrica por energia solar, sobretudo nas áreas metropolitanas costeiras.

15) (Vunesp-2005) Em 1896, o cientista francês Henri Becquerel guardou uma amostra de óxido de urânio em uma gaveta que continha placas fotográficas. Ele ficou surpreso ao constatar que o composto de urânio havia escurecido as placas fotográficas. Becquerel percebeu que algum tipo de radiação havia sido emitida pelo composto de urânio e chamou esses raios de radiatividade. Os núcleos radiativos comumente emitem três tipos de radiação: partículas α, partículas β e raios γ. Essas três radiações são, respectivamente,
a) elétrons, fótons e nêutrons.
b) nêutrons, elétrons e fótons.
c) núcleos de hélio, elétrons e fótons.
d) núcleos de hélio, fótons e elétrons.

16) (Brasil Escola – modificada) O Brasil, embora apresente condições naturais favoráveis, não utiliza amplamente (ao menos por enquanto) a energia solar em sua matriz energética. Um dos fatores que justificam essa realidade encontra-se em algumas de suas desvantagens, como:
a) a ausência de zonas de elevada radiação solar no território brasileiro.
b) o alto custo dos investimentos e a baixa capacidade de armazenamento.
c) a ineficiência tecnológica das usinas solares em todo o mundo.
d) a preferência dos consumidores para a matriz hidrelétrica.

17) (Mundo Educação) Alemanha anuncia fechamento de todas as usinas nucleares até 2022
A coalizão do governo alemão anunciou nesta segunda-feira um acordo para o fechamento de todas as usinas nucleares do país até 2022 […]. A chanceler (premiê) Angela Merkel havia estabelecido uma comissão de ética para analisar a energia nuclear após o desastre ocorrido na usina japonesa de Fukushima.
BBC Brasil, 30 de maio de 2011 (adaptado).
O motivo que levou a Alemanha, segundo a notícia acima, a acabar com a utilização da matriz nuclear de energia está em algumas de suas desvantagens, entre as quais, podemos citar:
a) a emissão em massa de poluentes radioativos na atmosfera
b) o resfriamento excessivo da água do mar utilizada para manutenção das turbinas
c) o risco de acidentes e de contaminação radioativa
d) a elevada deposição de lixo em áreas imediatamente próximas

18) (Mundo Educação) Ucrânia defende energia nuclear 25 anos após Chernobyl
Primeiro-ministro ucraniano, Nikolai Azarov, afirmou que usinas são "parte inalienável do progresso científico" […]. "Para a Ucrânia, um país obrigado a comprar gás e petróleo, não há alternativa à

energia nuclear", ressaltou o chefe do Governo do país que em 26 de abril de 1986 foi palco do maior desastre nuclear da história.
IG, Último Segundo, 25 abr. 2011. Adaptado.
Apesar de polêmica, a energia nuclear possui os seus defensores em função de alguns dos seus vários pontos positivos, entre os quais, é possível destacar corretamente:
a) Impactos ambientais nulos na fauna e na flora
b) Utiliza de recursos naturais renováveis
c) Gera muitos empregos sem necessidade de qualificação
d) Emissão nula de poluentes responsáveis pelo efeito estufa

19) (ENEM-2005) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado ―lixo atômico‖. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de
a) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
b) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
c) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
d) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.

20) (Enem 2006 – modificada) O funcionamento de uma usina nuclear típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, do reator utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleares. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:
a) a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido a sua utilização em armas nucleares.
b) a proibição de se instalarem novas usinas nucleares não causará impacto na oferta mundial de energia.
c) a existência de usinas nucleares possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
d) a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleares.

GABARITO DO PRÉ-PÓS TESTE

QUESTÕES	RESPOSTAS
1	B
2	A
3	C
4	A
5	D
6	D
7	B
8	B
9	A
10	B

11	C
12	B
13	D
14	C
15	C
16	B
17	C
18	D
19	A
20	C

APÊNDICE B – TESTES CONCEITUAIS

1ª PARTE: FONTES DE ENERGIA

TC1) (UDESC) A procura por novas fontes renováveis de energia surge como alternativa importante para superar dois problemas atuais: a escassez de fontes não renováveis de energia, principalmente do petróleo, e a poluição ambiental causada por essas fontes (combustíveis fósseis).
Assinale a alternativa que apresenta um tipo de recurso energético não renovável.

a) biomassa, massa dos seres vivos habitantes de uma região.
b) hidrogênio, usado como célula combustível.
c) biogás, utilização das bactérias na transformação de detritos orgânicos em metano.
d) carvão mineral, extraído da terra pelo processo de mineração.

TC2) (IFG) O uso de combustíveis está diretamente relacionado a sua origem, se renovável ou não. No caso dos derivados do petróleo e do álcool de cana-de-açúcar, essa diferenciação se caracteriza:
a) pelo tempo de reciclagem do combustível utilizado. Neste caso, o tempo maior seria para o álcool.
b) pela diferença na escala de tempo de formação das fontes: período geológico para o petróleo e ciclo anual para a cana.
c) pelo tempo gasto no processo de refinamento do petróleo.
d) pelo tempo de combustão para uma mesma quantidade de combustível. Neste caso, o tempo maior seria para os derivados do petróleo.

TC3) (PUCRS- modificada) Para resolver a questão, leia o texto a seguir, sobre fontes de energia, e selecione as palavras/expressões que preenchem correta e coerentemente as lacunas.

O _____ foi importante fonte de energia para a Primeira Revolução Industrial. É um dos principais responsáveis pela _____, pois sua queima libera grande quantidade de óxido de enxofre na atmosfera.

a) carvão mineral – chuva ácida
b) petróleo – poluição dos oceanos
c) petróleo – chuva ácida
d) carvão mineral – poluição dos oceanos

TC4) (UEPB – modificada) O Carvão mineral e o petróleo continuam a ser as duas principais matrizes elétrica e energética mundiais, porém a crise ambiental (com destaque para o aquecimento global) e a problemática do abastecimento de petróleo fazem com que os combustíveis renováveis e, sobretudo "limpos", ganhem evidência. Indique a opção INCORRETA.
a) os combustíveis fósseis, embora não-poluentes, necessitam ter seu consumo reduzido pelo simples fato de não serem renováveis e, portanto, sujeitos ao esgotamento em um futuro próximo.
b) a água, embora seja uma fonte de energia limpa e renovável, gera polêmicas pelos impactos sociais e ecológicos causados com as construções de grandes hidrelétricas, que destroem ecossistemas e expulsam populações ribeirinhas.
c) a energia solar, apesar de abundante e não-poluente, ainda é pouco utilizada, o que certamente se explica muito mais pelas políticas energéticas e interesses de grupos, do que pelo elevado custo dos painéis de captação de energia.
d) o Biodiesel, destaque brasileiro em tecnologia alternativa de combustível por ser menos poluente que os hidrocarbonetos e por criar empregos no campo, nem por isso está imune de gerar problemas ambientais, sobretudo, se vier a ser um investimento muito lucrativo, pois fatalmente avançará e destruirá áreas ainda preservadas e de fronteiras, como já ocorre com a soja.

TC5) As fontes não renováveis de energia, embora tenham o seu uso amplamente questionado, respondem por uma considerável parte da matriz global de geração de eletricidade. Entre os itens a seguir, podemos considerar como pertencentes a esse segmento:

I. A produção a partir do carvão mineral;
II. O funcionamento das usinas nucleares;
III. A utilização do petróleo e seus derivados;
IV. A construção de estações eólicas;
V. A produção de energia hidroelétrica.

Estão corretas as afirmativas:

a) I e III
b) II e IV
c) IV e V
d) I, II e III

2ª PARTE: USINAS HIDRELÉTRICAS

TC6) A simulação "Formas de energia e Transformações" do PhET, apresenta várias configurações em que o mesmo aparato (figura 1) está presente, o que representa na realidade este aparato:

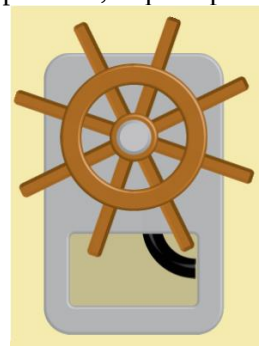


Figura 1 - Aparato utilizado na simulação do *PhET*

a) casa de força, composta pela turbina e gerador;
b) vertedouro;
c) subestação elevadora;
d) sistema de captação de água.

TC7) A configuração abaixo (figura 2) da simulação, apresenta um esquema de uma usina hidrelétrica

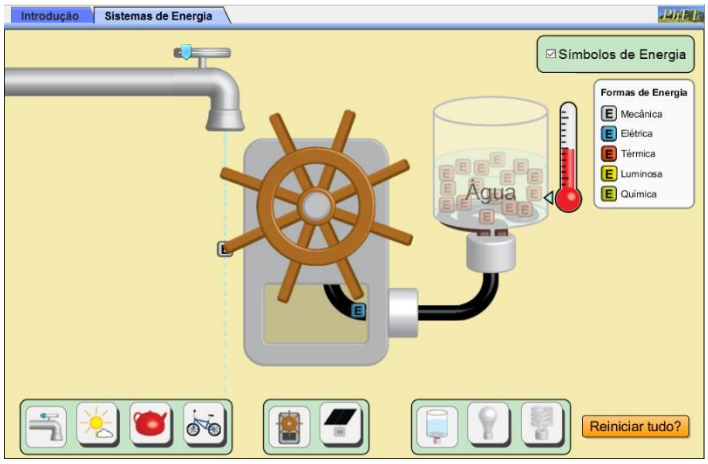


Figura 2- Imagem retirada da simulação do *PhET*.

A torneira representa o fluxo de água de um rio ou represa, o que acontece com a quantidade de energia elétrica gerada quando a torneira é aberta em sua totalidade:
a) o fluxo de água não influencia na quantidade de energia gerada;

b) a quantidade de energia gerada permanece constante, tendo que a quantidade de energia elétrica é somente dependente do gerador escolhido;
c) a quantidade de energia gerada diminui, devido a um maior atrito das paletas do gerador;
d) a quantidade de energia gerada aumenta, devido a um aumento na energia cinética que será transformada.

TC8) Na simulação podemos substituir o aquecedor de água por dois tipos de lâmpadas, incandescente (figura 3) e fluorescente (figura 4), O que você percebe sobre a energia e a saída dessas lâmpadas?

*Figura **3**- Lâmpada incandescente*

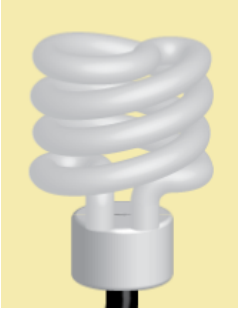


Figura 4- lâmpada fluorescente

a) a lâmpada incandescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma maior perda de energia térmica;
b) a lâmpada fluorescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma menor perda de energia térmica;
c) a lâmpada incandescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma menor perda de energia térmica
d) a lâmpada fluorescente libera mais energia luminosa no mesmo tempo, devido a uma maior perda de energia térmica.

TC9) As usinas hidrelétricas costumam gerar muitas polêmicas quando construídas, pois, se de um lado elas visam a atender as demandas energéticas, por outro, elas geram graves impactos ambientais e sociais, dos quais podemos citar:
I. Perda da vegetação em áreas de inundação;
II. Remoção de famílias em áreas atingidas pelas barragens;
III. Liberação de gás metano na atmosfera;
IV. Alterações nos cursos d'água utilizados pelas usinas;
Estão corretas as afirmativas:
a) I e II
b) II e IV
c) I, II e III
d) I, II, III e IV

TC10) (Enem-2011 - modificada)
Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano (CH_4) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de CO_2 das termelétricas.
MORET, A. S.; FERREIRA, I. A. As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil. Revista Ciência Hoje. V. 45, n.° 265, 2009 (adaptado).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte:
a) limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos desse fenômeno.
b) eficaz de energia, tomando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
c) limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
d) poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.

3ª PARTE: USINAS TERMELÉTRICAS

TC11) Com relação a simulação apresentada, é possível ter como objeto selecionável uma chaleira (figura 5), o que ela representa e qual o tipo de usina se utiliza deste esquema:

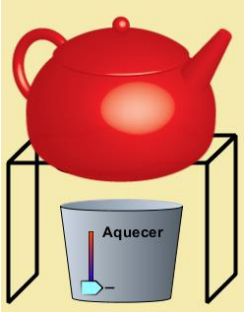


Figura 5- chaleira selecionável da simulação

a) caldeira;
b) condensador;
c) transformador;
d) chaminé.

TC12) A configuração abaixo (figura 6) da simulação, apresenta um esquema de uma usina Termoelétrica.

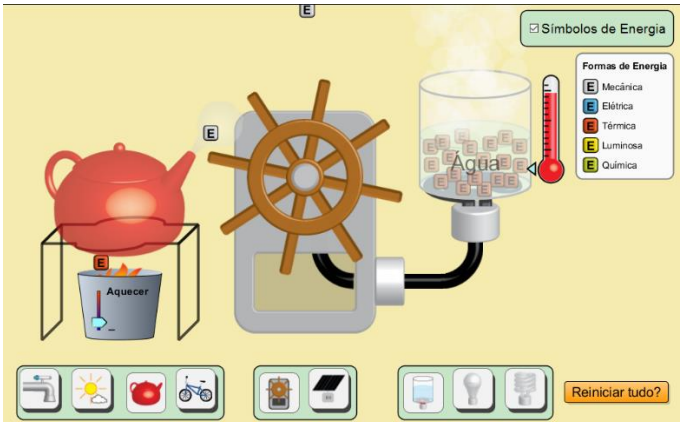


Figura 6- esquema de usina termonuclear na simulação *PHET*

O que acontece com a quantidade de energia elétrica gerada quando o aquecedor é elevado a sua configuração máxima:
a) a quantidade de energia gerada permanece constante, tendo que a temperatura da caldeira não influencia na quantidade de energia elétrica gerada;
b) a quantidade de energia gerada diminui, devido a uma perda maior da energia por condução;
c) a quantidade de energia gerada aumenta, devido a um aumento na quantidade de gás que sai da chaleira;
d) o aquecedor não influencia na quantidade de energia gerada.

TC13) Podemos observar na simulação, quando configurada com a chaleira, apresenta uma certa quantidade de energia térmica que sai pelo bico da chaleira (figura 7), o que essa energia representa na Usina termoelétrica:

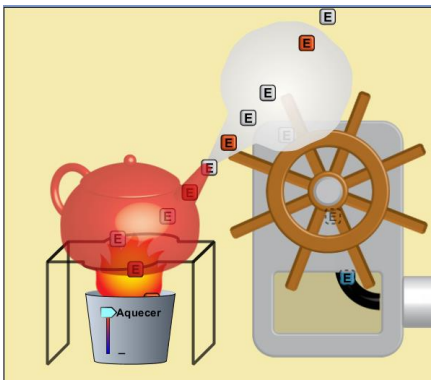
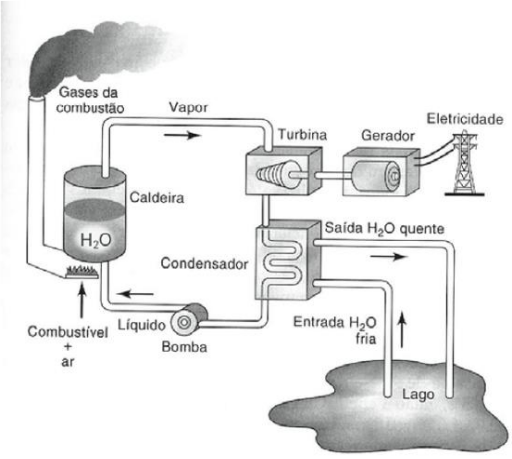


Figura7- Energia térmica saindo pelo bico da chaleira, na simulação do *PHET*

a) uma vantagem em relação a outros tipos de energia, já que essa energia auxilia na movimentação das pás da turbina;
b) uma perda de energia devido ao aquecimento do vapor;
c) o calor devido a rotação da turbina;
d) uma desvantagem devido ao vapor se expandir.

TC14) (ENEM/2009- modificada) O esquema mostra um diagrama de bloco 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).

Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, qual das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?

a) reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.
b) reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.
c) reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.
d) usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.

TC15) Essa fonte de energia muito utilizada no Brasil e no mundo é um minério fóssil que, quando processado, dá origem a vários subprodutos, como a gasolina, óleo diesel, querosene, além de gerar eletricidade nas usinas termoelétricas.
A que fonte de energia se refere o fragmento acima?

a) Gás natural
b) Cana-de-açúcar
c) Carvão mineral
d) Petróleo

4ª PARTE: RADIOATIVIDADE, FISSÃO E FUSÃO

TC16) (FEI) A bomba de hidrogênio é um exemplo de reação nuclear:
a) do tipo fissão;
b) onde ocorre apenas emissão de raios alfa;
c) onde ocorre apenas emissão de raios beta;
d) do tipo fusão;

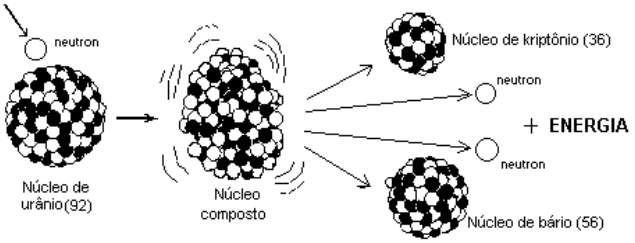
TC17) (UFRGS-RS) Os raios X são produzidos em tubos de vácuo, nos quais elétrons são submetidos a uma rápida desaceleração ao colidir com um alvo metálico. Os Raios X constituem um feixe de:
a) elétrons
b) fótons
c) prótons
d) pósitrons

TC18) (UFRN-modificada) No decaimento radioativo de um núcleo de átomo podem ser emitidos, por exemplo, três tipos de radiação: alfa (núcleo do átomo de hélio), beta (elétron ou pósitron) e gama (fóton). O uso dessa energia pode ter implicações maléficas ou benéficas. Um dos benefícios é seu uso na Medicina, através da radioterapia, na qual a energia proveniente da emissão radioativa é usada para destruir células cancerosas.

Tomando como base apenas o poder de penetração nos tecidos humanos, pode-se concluir que, na radioterapia, para o tratamento de tumores profundos, deve ser lançado sobre o tumor:
a) radiação gama
b) radiação beta
c) partícula alfa
d) núcleo radioativo

TC19) Porque, ao radiografar os dentes do paciente, o dentista pede a ele que vista um avental de chumbo?
a) O chumbo tem a função de reagir com os raios gama para efetuar a cura.
b) O chumbo tem a função de absorver os raios alfa para minimizar os danos ao paciente.
c) O chumbo tem a função de absorver os raios gama para minimizar os danos ao paciente.
d) O chumbo tem a função de reagir com os raios alfa para efetuar a cura.

TC20) (UEPA-modificada) Uma das maiores catástrofes da história foi a invenção e lançamento da bomba atômica nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. O modelo abaixo representado foi a base para a construção da bomba atômica:



Em relação ao modelo, assinale a alternativa correta.
a) representa a fissão e fusão da bomba atômica, seguida da liberação de energia.
b) é uma representação de fusão nuclear.
c) representa fusão e fissão atômica, seguida de absorção de energia.
d) é uma representação de fissão nuclear.

5ª PARTE: USINAS NUCLEARES

TC21) (ENEM 2015 - modificada)
A bomba
reduz neutros e neutrinos,
e abana-se com o leque da reação em cadeia
ANDRADE, C. D. Poesia completa e prosa. Rio de Janeiro: Aguilar, 1973 (fragmento).
Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita "em cadeia" porque na
a) fissão do ^{235}U ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
b) fissão de ^{235}U ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo ^{238}U, enriquecendo-o em mais ^{235}U.
c) fissão do ^{235}U ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
d) fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.

TC22) Com relação a simulação "Fissão Nuclear" na aba "Reator Nuclear", responda a pergunta:
Um reator nuclear é um dispositivo usado em usinas para controlar a reação de fissão nuclear. Essa reação ocorre de forma descontrolada, por exemplo, na explosão de bombas atômicas; mas os reatores possuem mecanismos que impedem isso, fazendo com que a reação seja controlada e reaproveitada para gerar energia elétrica. (Brasil Escola – Reator nuclear)
Qual o nome do equipamento que deixa a reação controlada?
a) reator em cadeia
b) barras de controle
c) casa de força
d) controlador magnético

TC23) Alemanha anuncia fechamento de todas as usinas nucleares até 2022
A coalizão do governo alemão anunciou nesta segunda-feira um acordo para o fechamento de todas as usinas nucleares do país até 2022 […]. A chanceler (premiê) Angela Merkel havia estabelecido uma comissão de ética para analisar a energia nuclear após o desastre ocorrido na usina japonesa de Fukushima.
BBC Brasil, 30 de maio de 2011 (adaptado).
O motivo que levou a Alemanha, segundo a notícia acima, a acabar com a utilização da matriz nuclear de energia está em algumas de suas desvantagens, entre as quais, podemos citar:
a) a emissão em massa de poluentes radioativos na atmosfera
b) o resfriamento excessivo da água do mar utilizada para manutenção das turbinas
c) o risco de acidentes e de contaminação radioativa
d) a elevada deposição de lixo em áreas imediatamente próximas

TC24) (ENEM 2005 - modificada) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado ―lixo atômico. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de
a) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
b) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
c) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
d) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

6ª PARTE: USINAS SOLARES

TC25) Na simulação, quando utilizamos para representar a energia solar, devemos além de colocar como fonte de energia o sol, substituir a casa de força por uma placa (figura 8), observando a simulação em funcionamento podemos identificar que este elemento representa um(a):

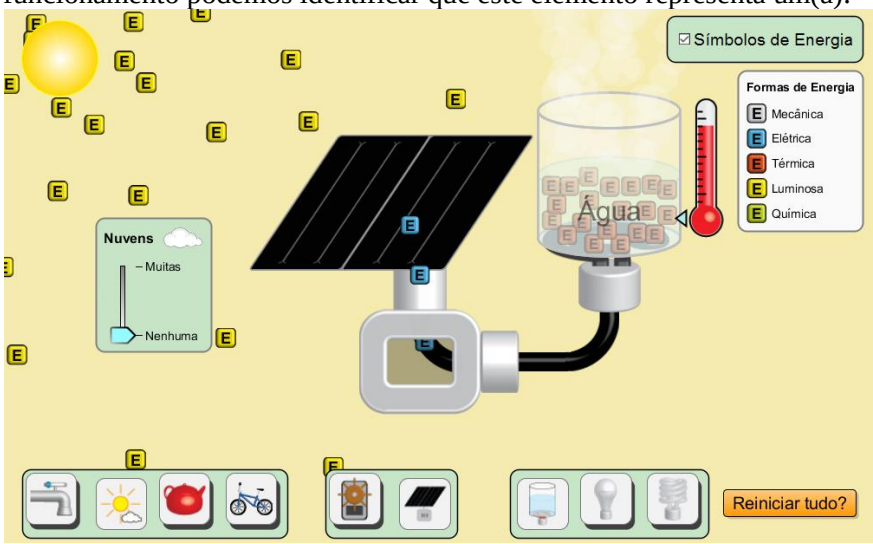


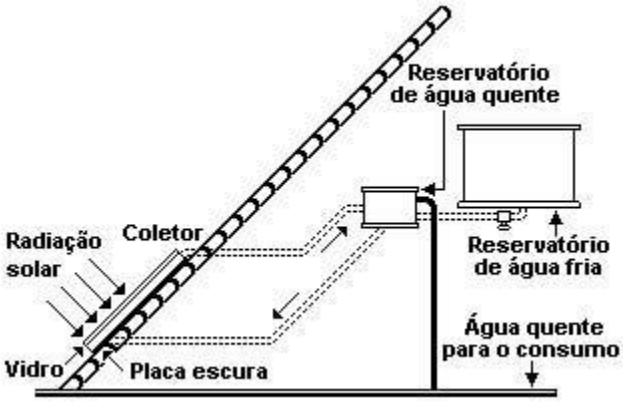
Figura 8- esquema de uma usina solar, na simulação do *PHET*

a) Painel fototérmico, responsável por aquecer a água;
b) Painel termossolar, onde o calor é transformado em eletricidade através da produção de vapor;
c) Painel fotovoltaico, responsável por receber os fótons (presentes nos raios solares);
d) Painel magnético, responsável por capitar as ondas eletromagnéticas do sol.

TC26) Ainda utilizando a simulação representando uma usina solar, Se você aumentar a quantidade de nuvens no guia da luz do sol, o que acontece com a quantidade de energia elétrica gerada?
a) aumenta devido ao efeito estufa;
b) diminui devido a redução da quantidade de fótons que chegam ao painel solar;
c) aumenta devido a reflexão da luz solar nas nuvens;
d) diminui devido ao efeito de refração da luz solar, que modifica o ângulo dos raios solares.

TC27) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.
O Sol é a grande fonte de energia para toda a vida na Terra. Durante muito tempo, a origem da energia irradiada pelo Sol foi um mistério para a humanidade. Hoje, as modernas teorias de evolução das estrelas nos dizem que a energia irradiada pelo Sol provém de processos de _____ que ocorrem no seu interior, envolvendo núcleos de elementos leves.
a) fusão nuclear
b) fissão nuclear
c) fotossíntese
d) combustão

TC28) (ENEM 2000 – modificada) O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo.



Fonte: Adaptado de PALZ, Wolfgang, "Energia solar e fontes alternativas". Hemus, 1981.

São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:
I. o reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.
II. a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.
III. a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.
Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s):
a) I e II
b) II
c) I e III
d) II e III

TC29) Com relação a simulação do efeito fotoelétrico, responda:
O que ocorre no efeito fotoelétrico quando se aumenta apenas a intensidade da luz incidente na superfície fotoelétrica?
a) A energia cinética de cada fotoelétron emitido aumenta.
b) A vibração de cada fóton aumenta.
c) O comprimento de onda da luz aumenta.
d) O número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta

TC30) Com relação a simulação do efeito fotoelétrico apresentada pelo professor sabemos que elétrons são emitidos quando um feixe de luz incide numa superfície metálica. A energia dos elétrons emitidos por essa superfície metálica depende:
a) apenas da intensidade da luz.
b) da intensidade e da velocidade da luz.
c) apenas da frequência da luz.
d) da intensidade e da frequência da luz.

GABARITO DOS TESTES CONCEITUAIS

QUESTÕES	RESPOSTAS
TC1	D
TC2	B
TC3	A
TC4	A
TC5	D
TC6	A
TC7	D
TC8	B
TC9	D
TC10	D
TC11	A
TC12	C
TC13	B
TC14	D
TC15	C
TC16	C
TC17	B
TC18	A
TC19	D
TC20	D
TC21	C
TC22	C
TC23	B
TC24	C
TC25	A

APÊNDICE C – MATERIAL DE APOIO E TAREFA DE LEITURA

CAPÍTULO I: ENERGIA

1. INTRODUÇÃO

A energia está presente no equilíbrio/desequilíbrio dos átomos, nas trocas celulares, no metabolismo dos seres vivos, no funcionamento de um carro, na explosão de uma bomba atômica, no equilíbrio do sistema solar, no deslocamento dos astros e na expansão acelerada do universo.

O Sol, uma gigantesca usina nuclear natural a cerca de 150 milhões de quilômetros, e é a principal fonte de energia do planeta Terra. É ele que vaporiza toneladas de água, permitindo que vençam a força da gravidade e se elevem por quilômetros atmosfera acima para depois caírem como chuva, abastecendo rios e represas. Ou que provoca os ventos pelo aquecimento desigual da superfície terrestre e dos mares, criando zonas de baixa pressão e o consequente deslocamento de camadas da atmosfera. É, ainda, a luz solar o combustível essencial à fotossíntese das plantas verdes. Ao crescerem fixando o dióxido de carbono da atmosfera, esses vegetais se tornaram a base de toda cadeia alimentar da Terra e contribuíram, há milhões de anos, para a formação de nossas reservas de carvão, petróleo e gás. É ele que fornece luz (energia luminosa) e calor (energia térmica) para o planeta Terra e estes são transformados em diversas outras formas de energia: elétrica, metabólica, nuclear, eólica, sonora etc. (BRASIL, 2013).

Os primeiros seres humanos dependiam de seus músculos para realizar trabalho e obter energia. Mais tarde, animais passaram a serem utilizados com esse propósito. Assim bois, camelos, elefantes e cavalos foram domesticados e conectados a carroças e arados.

Figura 9 – Boi com arado. Fonte: http://sfagro.uol.com.br/rio-rural-incentiva-o-uso-do-arado-de-boi-para-reduzir-impactos-no-solo/

O vento também passou a ser utilizado para impulsionar barcos e mover as pás de moínhos e até a energia de quedas- d'agua também foi aproveitada para a realização de trabalho. Inicialmente ela foi utilizada para movimentar uma roda d'água, que então poderia ser utilizada para movimentar outras rodas ou, por meio de polias e cintas colocar maquinas em funcionamento. Mais tarde esse aparato serviu para acionar geradores elétricos.

Figura 10 – Roda d'água. Fonte: http://capitaldocampo.com.br/wp-content/uploads/2011/10/2698299.jpg

O vapor começou a ser utilizado para gerar energia elétrica no final do século XVII, mas foi aperfeiçoado por James Watt, criando a máquina a vapor, em meados do século XVIII. O calor obtido da queima de um combustível era utilizado para aquecer água e transformá-la em vapor. Ao se expandir, o vapor podia movimentar máquinas e rodas ou acionar geradores elétricos produzindo energia elétrica. As primeiras máquinas a vapor utilizavam madeira como combustível, mas o carvão, com um maior poder calorífico a substituiu e, posteriormente, em meados do século XX, o óleo e o carvão mineral assumiram esse papel.

A partir da década de 1960, a energia nuclear começou a ser utilizada para a obtenção do vapor que aciona os geradores elétricos. Nesse caso a água é aquecida devido a um processo denominado fissão nuclear que ocorre quando átomos de elementos pesados, geralmente urânio, são desintegrados e liberam grande energia.

No final do século XIX e início do século XX, o consumo de energia cresceu rapidamente, dobrando a cada década – motivado pela industrialização, pelo avanço nos meios de transporte e pela redução dos custos de produção. O desenvolvimento e comercialização do motor de combustão interna, nomeadamente em equipamentos de transporte, possibilitou a movimentação eficiente de pessoas, de mercadorias, de informação, e estimulou o desenvolvimento da rede de comércio global. Hoje, o setor de transportes é responsável por uma parcela crescente da quantidade total de energia gasta para a implantação, operação e manutenção da faixa de alcance internacional das atividades humanas.

Os países têm buscado garantir recursos energéticos de baixo custo, inesgotáveis e que possam ser produzidos preferencialmente em seus próprios territórios. As energias renováveis apresentam-se como uma boa solução, apesar dos problemas de armazenamento, intermitência da produção e dos custos. Entretanto, seu desenvolvimento confronta-se com a inércia dos sistemas produtivos atuais e com as lógicas de rentabilidade dos produtores de energia. No momento, é muito mais rentável construir uma central elétrica de gás, ou mesmo de carvão, do que instalar painéis solares ou moinhos de energia eólica. Sem uma forte vontade política e a intervenção dos Estados (pela via da política fiscal ou da fixação de normas), a transição energética será demorada.

2. FONTES DE ENERGIA

No Brasil, dados obtidos pelo Ministério de Minas e Energia mostram que em 2016, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido particularmente à queda da oferta interna de petróleo e derivados e expansão da geração hidráulica.

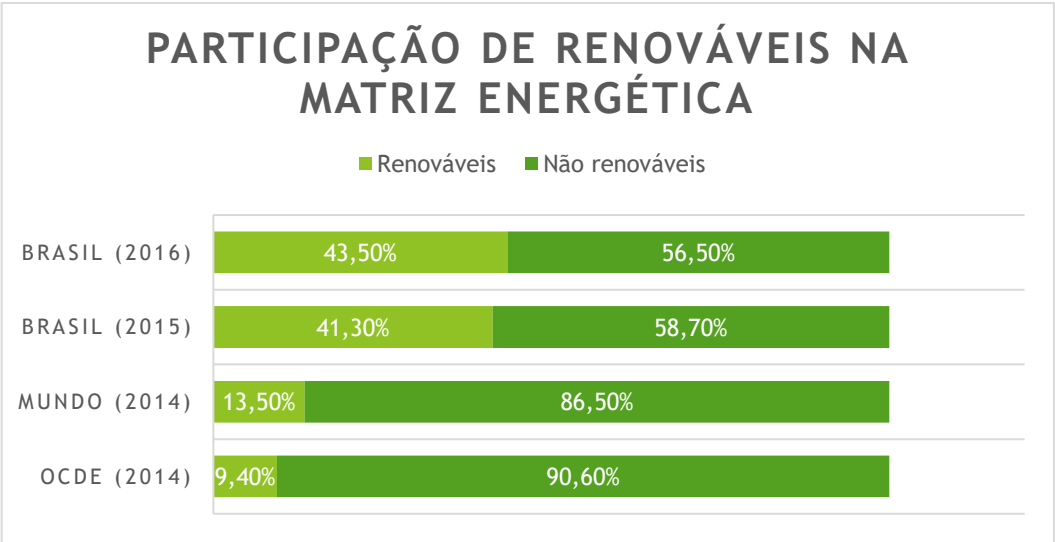


Figura 11 - Dados obtidos em: Balanço energético - 2016. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2016.

Na mesma pesquisa, dados de 2016 mostram que 43,5% da energia primária produzida era obtida a partir de fontes renováveis – hidrelétrica, lenha, carvão vegetal, álcool, bagaço e outros resíduos vegetais. Os combustíveis fósseis, uma fonte de energia não renovável, que inclui o carvão mineral, o petróleo, as fontes nucleares e o gás natural, respondiam por 56,5% de nossa produção de energia primária (Figura 4).

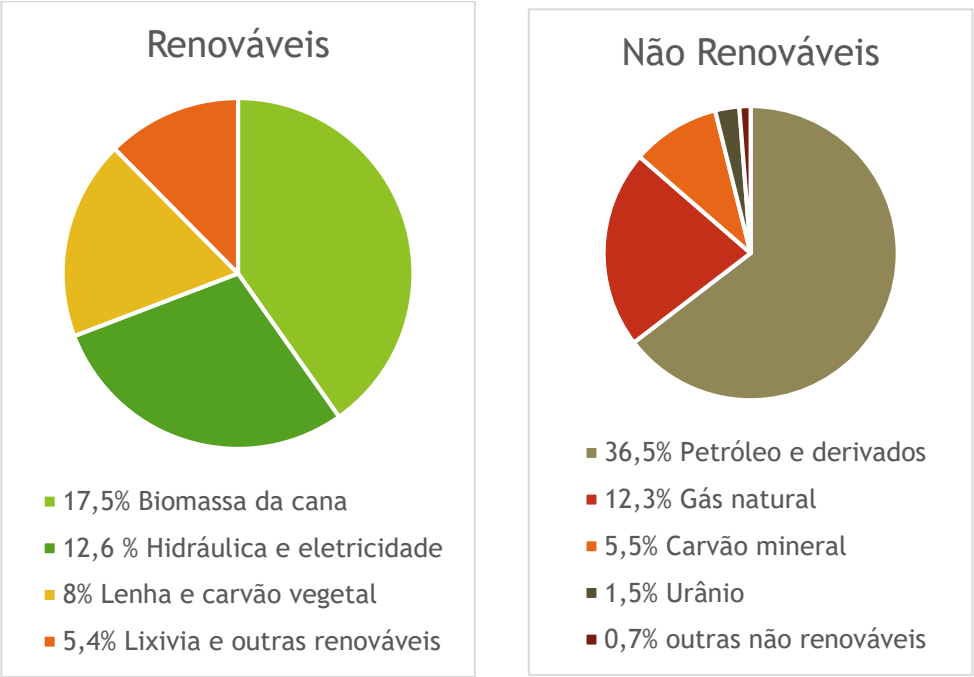


Figura 12 - Repartição da oferta interna de energia

3. QUEM USA A ENERGIA DO BRASIL?

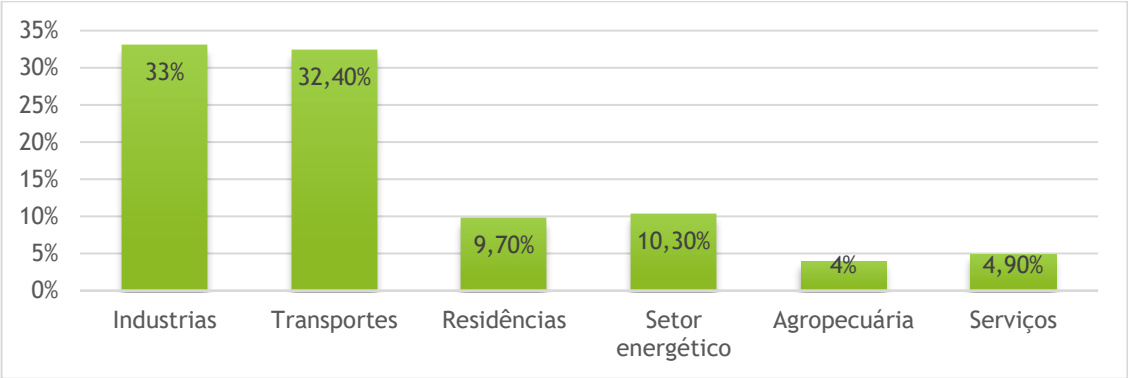


Figura 3 – Gráfico apresentando o consumo de energia de cada setor

Pela figura 5 pode ser observado que a produção industrial, transporte de carga e mobilidade das pessoas respondem por aproximadamente 65% do consumo de energia do país.

4. MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA (2016)

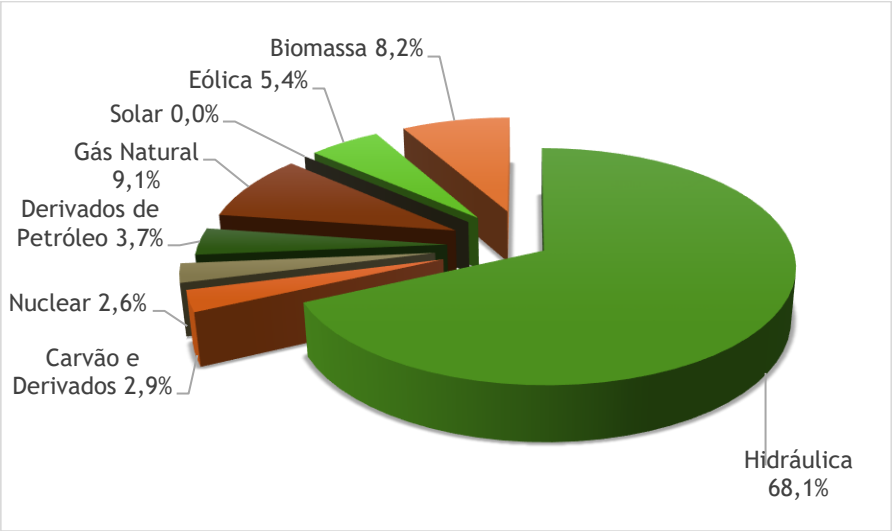


Figura 13 - Gráfico apresentando a geração de energia de cada matriz energética do Brasil no ano de 2016

5. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos o vídeo sobre Fontes de energia. . Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Z1fZy2DQ0n0&t=5s

6. REFERÊNCIAS

BRASIL, **Balanço Energético Nacional - Relatório Síntese ano base 2016**, disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf, Acessado em: 15/06/2017

MOURA, A. L. S. **Energia: o vício da civilização - crise energética e alternativa sustentáveis**. Rio de Janeiro, Garamond, 2011

RIO DE JANEIRO. **Secretaria de Ciência e Tecnologia,** temáticas transdisciplinares: Sessões especiais de orientação acadêmica, 23p, 2013.

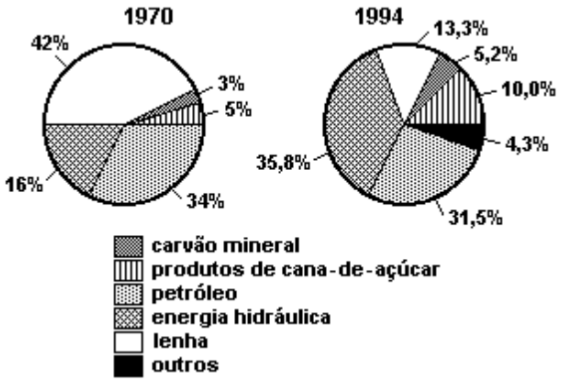
TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; **Física Ciência e Tecnologia**, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2013

TAREFA DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 1.1

1) Cite quais as principais diferenças entre uma fonte de energia renovável e uma fonte de energia não renovável, e dê exemplos:

2) (Unicamp 2000) Brasil: consumo de energia primária - 1970 e 1994
Considerando os dados anteriores:
a) Cite as duas principais alterações ocorridas no consumo de energia primária no Brasil entre 1970 e 1994.



Fonte: "Anuário Estatístico do Brasil", 1974 e 1995.

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

CAPÍTULO II: USINA HIDROELÉTRICA

1. FUNCIONAMENTO

Uma usina hidroelétrica tem como princípio básico a utilização da energia potencial gravitacional da água. Uma barreira de concreto é construída para a passagem da água em um rio que imunda essa região.

O sucesso na instalação e operação de uma usina hidroelétrica depende basicamente de dois fatores: grande disponibilidade de água (relacionada a um sistema climático caracterizado por chuvas constantes) e configuração de relevo que favoreça a formação de grandes quedas de água. Essas condições não estão presentes em todas as partes do planeta, de modo que a construção dessas usinas é mais adequada em algumas regiões que em outras.

Países como Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, Índia e Austrália contam com grande potencial hidráulico para a produção de energia hidrelétrica. Mas nem sempre suas usinas são capazes de suprir uma porcentagem significativa da necessidade energética, já que o consumo de energia destes países é extremamente elevado e não há interesse ou condições de inundar grandes áreas com os reservatórios das usinas. Este é o caso, por exemplo, do Canadá, dos EUA e do Japão.

O Brasil é um país que apresenta condições favoráveis à implementação de usinas hidroelétricas em praticamente todas as suas regiões. Tanto é que a produção de eletricidade por meio desse tipo de usina no Brasil é marcante, sendo em 2010 cerca de 70% da energia do país.

Figura 14 - Usina hidroelétrica de São Simão (GO).
Fonte: http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/05/capacidade-instalada-de-geracao-de-energia-atinge-142-610-mw-em-marco/usina.jpg

A represa retém uma grande quantidade de água acima de um nível de referência (A), que admite energia potencial gravitacional ($Ep = mgh$). As comportas da barragem são abertas, e a água

desce por meio de tubos. A altura da água diminui e sua velocidade aumenta. Nesse momento, ocorre a primeira transformação de energia: a energia potencial gravitacional da água se transforma em energia cinética ($Ec = \frac{mv^2}{2}$) (B).

A água, com uma certa velocidade, atinge a parte inferior dos tubos, onde encontra-se a turbina. As pás da turbina giram e adquirem energia cinética. Nesse momento ocorre a segunda transformação de energia: a energia cinética da água se transforma em energia cinética na turbina (C). A água, que provocou o movimento das pás da turbina é conduzida novamente ao rio.

O eixo da turbina está conectado ao gerador elétrico. O gerador elétrico, por meio do processo de indução eletromagnética, produz a energia elétrica. Nesse momento, ocorre a terceira transformação de energia: a energia cinética das pás da turbina se transforma em energia elétrica no interior do gerador (D).

As correntes elétricas resultantes são coletadas por cabos e levada aos transformadores, onde as tensões são elevadas, e depois enviadas à central elétrica. Em seguida, são direcionadas para as linhas de transmissão, que então chega até a sua casa (E).

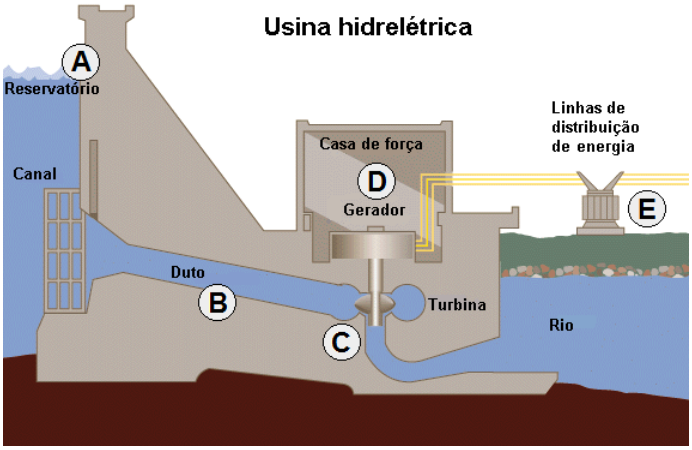


Figura 15 - Imagem do funcionamento de uma usina hidroelétrica (modificada).
Fonte:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Hydroelectric_dam_portuguese.PNG

2. VANTAGENS

Uma usina hidrelétrica possui um rendimento elevado, em torno de 95%, ou seja, 95 % da energia potencial gravitacional da água armazenada em energia elétrica. Portanto, a energia elétrica produzida por uma usina hidrelétrica é economicamente viável. Além disso a água é uma fonte de energia renovável.

A usina hidroelétrica pode produzir energia sem interrupções, pois utiliza a água como matéria-prima. Esse tipo de usina não é dependente de fatores climáticos como a incidência de ventos e raios solares. As barragens mantêm a água acumulada e pronta para a ocorrência das transformações de energia necessárias na produção da energia elétrica.

Uma usina hidroelétrica não se utiliza da queima de combustíveis fósseis e por isso sua poluição é muito menor se comparado com outros tipos de usinas.

Resumindo, as vantagens da usina hidrelétrica são:

- Rendimento elevado;
- Tecnologia para a produção é simples e barata;
- Pode produzir energia initerruptamente;
- Recurso renovável;
- Em comparação ao petróleo, ao carvão mineral e o gás natural é muito menos poluente.

3. DESVANTAGENS

A construção de uma usina hidroelétrica exige uma vasta área livre em um terreno propício à construção da represa, além de recursos hídricos em abundância. O relevo deve ser apropriado, ou seja, não é possível construir uma usina hidroelétrica em um rio ou planície.

O custo para a construção e manutenção de uma grande usina é elevado e pode causar alto impacto ambiental e social no seu entorno. Uma grande área precisa ser inundada, e a população ribeirinha deve ser realocada, para outras áreas. A fauna e a flora também são afetadas, estudos indicam que as emissões de metano (CH4) das hidrelétricas, podem ser comparáveis às emissões de CO_2 das termelétricas. Três fatores são responsáveis pela produção desses chamados gases quentes numa hidrelétrica: a decomposição da vegetação pré-existente, ou seja, das árvores atingidas pela inundação de áreas usadas na construção dos reservatórios; a ação de algas primárias que emitem CO_2 nos lagos das usinas; e o acúmulo nas barragens de nutrientes orgânicos trazidos por rios e pela chuva.

A falta de chuvas (estiagem) é outro problema que pode ocorrer em uma usina hidroelétrica, pois a mudança no volume de água que flui em um rio afeta a quantidade de água acumulada na represa. O menor volume de água acumulada ocasiona uma redução na sua energia potencial gravitacional. Isso afeta diretamente a quantidade de energia elétrica produzida.

Outro fator é que a barragem altera o fluxo de corrente e a vazão do rio a jusante (abaixo), que causa alargamento do leito original, aumento de profundidade e elevação do nível do lençol freático, criando pântanos.

Resumindo as desvantagens da usina hidroelétrica são:

- Exige vasta área livre, água em abundância e terreno apropriado;
- Alagamento de grandes áreas impactando no deslocamento de populações;
- Libera metano contribuindo para o aquecimento global;
- Ao alterar o regime fluvial pode prejudicar atividades agrícolas, agropecuárias, pesca e o transporte hidroviário

4. CONTEXTUALIZANDO

4.1 BANDEIRA TARIFÁRIA

A partir de 2015, as contas de energia passaram a trazer uma novidade: o sistema de Bandeiras Tarifárias.

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha, as mesmas cores dos semáforos, e indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R$ 0,020 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R$ 0,035 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

4.2 BRASIL AS ESCURAS

Em 2001 e 2002, o Brasil viveu uma crise energética sem precedentes. A crise gerou “apagões” principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

O termo “apagão” refere-se às constantes interrupções no fornecimento de energia elétrica durante esse período.

Alguns fatores contribuíram para essa crise: a falta de planejamento e investimento no setor de geração de energia elétrica, a escassez das chuvas e o aumento no consumo de energia devido ao crescimento da população e da produção nas indústrias.

5. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos os seguintes vídeos:

- Site da Agencia Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/
- Noticia sobre hidrelétricas e o efeito estufa. Disponível em: http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,hidreletricas-emitem-gases-do-efeito-estufa-revela-estudo-da-coppe,20020109p58567
- Notícia sobre a construção de uma usina hidrelétrica: Disponível em: https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/construcao-de-hidreletrica-na-amazonia-provocou-extincao-de-animais-16630344
- Filme (Narradores de Javé). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Trm-CyihYs8
- Gigantes da Engenharia – Itaipu: https://www.youtube.com/watch?v=t868kON5lYA
- Como funciona uma usina hidrelétrica. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=I9rdAw6g7wI
- Meio Ambiente por Inteiro - O poder das hidrelétricas (06/06/15). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rpqWTUvcd7U
- G1. 22.03.2013. Manifestantes desocupam canteiro de obras de Belo Monte. Disponível em http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2013/03/manifestantes-desocupam-canteiro-de-obras-de-belo-monte.html
- JORNAL DA CIÊNCIA – Notícias 16.10.2012. Belo Monte é um monstro do desenvolvimentismo. Disponível em: http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=84581
- Caminho da Energia Hidrelétrica: https://www.youtube.com/watch?v=oNVAblc9Mx4
- Entramos nas turbinas de Itaipu!!! #Boravê: https://www.youtube.com/watch?v=48IlepuOvLw

6. REFERÊNCIAS

ALVES, C. A. E. Narradores de Javé: uma leitura da preservação da memória e da identidade em culturas orais. txt – Leituras transdisciplinares de telas e textos. Belo Horizonte: ano II, n. 3, junho. 2006

ANEEL, Bandeiras tarifárias, disponível em: http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias, Acessado em: 30/05/2017

TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; Física Ciência e Tecnologia, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2013

MENEZES, L.C. et. al.; Quanta Física, 2. ed., v.1, São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Energia. Disponível em: http://www.mma.gov.br/clima/energia

FEARNSIDE, P. M. Hidroelétricas como “Fabricas de Metano”: O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases do efeito estufa. Oecol. Bras., 12 (1): p.100-115, 2008

FILHO, B.B.; DA SILVA, C.X.; Física aula por aula, 2. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2013

TAREFAS DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 2.1

1) Com relação a produção de energia elétrica através das usinas hidroelétricas, explique por que o Brasil está entre os países que mais produzem energia proveniente de usinas hidrelétricas.

2) Qual a relação entre o nível do reservatório das barragens e a quantidade de energia que pode ser produzida por uma usina hidroelétrica?

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

TAREFA DE LEITURA 2.2

1) (UFRN 2008 - modificada) A água é um recurso natural que pode ser utilizado para vários fins, dentre os quais se destaca a produção de energia.
Cite dois impactos socioambientais negativos que os lagos artificiais formados em decorrência da construção de usinas hidrelétricas produzem no território brasileiro

2) (UNICAMP 1999) A construção da hidrelétrica de Porto Primavera, na divisa entre Mato Grosso do Sul e São Paulo, está provocando um desastre ambiental e social na região do Rio Paraná e seus afluentes. (Folha de São Paulo, 04/08/97)
O trecho apresentado relaciona a construção de hidrelétricas com problemas ambientais e sociais. Explique por que podemos estabelecer relações entre hidrelétricas, migrações compulsórias e meio ambiente.

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

CAPÍTULO III: USINA TERMOELÉTRICA

1. FUNCIONAMENTO

Em uma usina termelétrica, uma grande caldeira é utilizada no armazenamento da água no estado líquido. Em geral, esse tipo de usina é construído próximo a um grande reservatório de água, como um lago. A água armazenada na caldeira, é aquecida pela queima de um combustível fóssil. A energia térmica é transferida para a água, aumentando a agitação das suas moléculas e a sua temperatura. Nesse momento, ocorre a primeira transformação de energia: a energia térmica do combustível se transforma em energia cinética das moléculas da água no estado líquido. A água atinge a temperatura de ebulição, e uma parte se transforma em vapor de água.

O vapor superaquecido, em alta pressão, expande dentro de um tubo que desemboca em uma turbina. O vapor, então, aciona as turbinas. Nesse momento ocorre a segunda transformação de energia: a energia cinética das moléculas do vapor se transforma em energia cinética das pás da turbina.

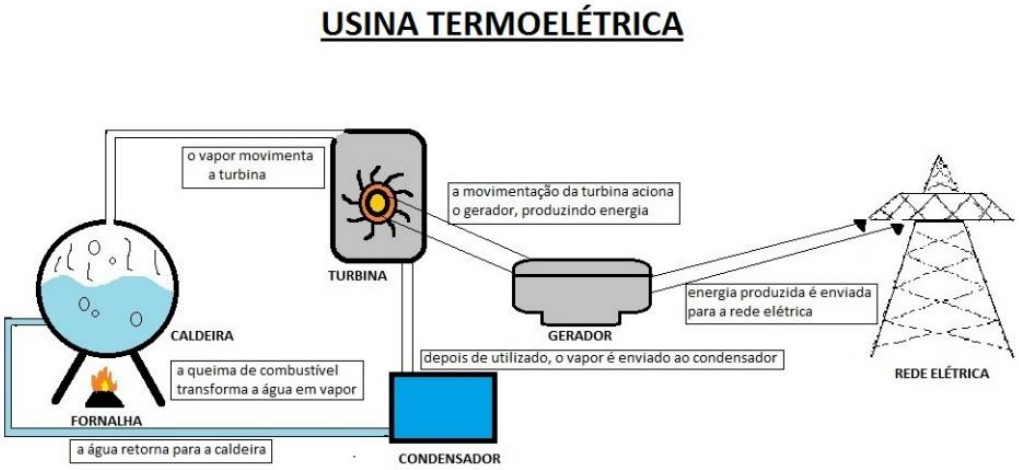


Figura 16 - esquema de funcionamento de uma usina termelétrica
Fonte: http://caroldaemon.blogspot.com.br/2013/09/como-funciona-uma-termoeletrica.html

A turbina está conectada ao gerador elétrico, e, a partir desse instante, o processo de produção de energia elétrica é o mesmo da usina hidrelétrica. Nesse momento ocorre a terceira transformação de energia elétrica: a energia cinética das pás da turbina se transforma em energia elétrica no interior do gerador.

Figura 17 - Usina termelétrica Pampa Sul
Fonte: https://www.petronoticias.com.br/wp-content/uploads/2014/08/termeletrica.jpg

A energia térmica ou calorífica é o resultado da combustão de diversos materiais, como carvão, petróleo, gás natural, todas fontes não renováveis, e biomassa (lenha, bagaço de cana etc.), que é uma fonte renovável.

Podemos citar alguns exemplos dos combustíveis que podem movimentar as termelétricas.

• Gás natural: As reservas de gás natural foram formadas há milhões de anos. Sua combustão libera óxido de nitrogênio e também dióxido de carbono, embora este último em quantidades menores que o petróleo e o carvão.

• Petróleo: As termelétricas também podem operar a partir da queima de derivados de petróleo, que se formou durante milhões de anos pelas transformações químicas de materiais orgânicos, como os plânctons. Quando queimados, os derivados do petróleo (gasolina, óleo combustível, óleo diesel, etc.) produzem gases contaminantes, como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono, que poluem a atmosfera e contribuem para o aquecimento da Terra e para a formação de chuva ácida, entre outros efeitos nocivos.

• Carvão mineral: Outro combustível muito usado em termelétricas é o carvão mineral – que também se formou há milhões de anos a partir de plantas e animais. É o pior combustível não renovável, pois sua combustão emite grandes quantidades de óxidos de nitrogênio e enxofre, que provocam acidificação (chuva ácida), além de agravar doenças pulmonares, cardiovasculares e renais nas populações próximas. A queima do carvão também libera dióxido de carbono, que contribui para o aumento do efeito estufa.

• Biomassa: A biomassa é matéria de origem orgânica que pode ser usada como combustível em usinas termelétricas, com a vantagem de ser uma fonte renovável. Um exemplo de biomassa é a lenha. Podemos dizer que a lenha é renovável somente quando o ritmo de extração está em equilíbrio com o de reflorestamento. Caso contrário, ela perde seu caráter de renovabilidade, colocando em risco a sobrevivência das florestas.

A produção de biomassa pode ocorrer pelo aproveitamento de lixo residencial e comercial, ou de resíduos de processos industriais, como serragem, bagaço de cana e cascas de árvores ou de arroz. A biomassa representa um grande potencial energético para o Brasil, que é tradicionalmente um grande produtor de cana-de-açúcar, uma matéria-prima que pode ser integralmente aproveitada.

Outro subproduto da cana é o bagaço resultante da produção de açúcar e álcool, que pode ser aproveitado nas usinas termelétricas para geração de energia. É um potencial enorme, pois a quantidade de bagaço produzida a cada safra representa 30% do volume da cana moída. Isso permite que as usinas de cana se tornem autossuficientes em termos de energia, podendo mesmo vender a eletricidade excedente. Estima-se que o potencial da cana-de-açúcar seja equivalente à metade da produção gerada em Itaipu, o que a torna a principal biomassa energética do País

O Brasil possui usinas termelétricas em vários estados, mas algumas delas funcionam apenas quando há necessidade de suprimento extra de energia elétrica, em momentos críticos do fornecimento de eletricidade pelas usinas hidrelétricas.

2. VANTAGENS

A usina termelétrica, assim como a usina hidrelétrica, é economicamente viável, ou seja, o custo da energia produzida é baixo. A energia termelétrica também pode produzir energia elétrica initerruptamente, desde que haja combustível disponível para o aquecimento.

Uma usina termoelétrica possui um bom rendimento, em torno de 50%. Esse rendimento é baixo, se comparado ao de uma usina hidrelétrica, porém satisfatório. Além disso, a usina não necessita de condições especiais de relevo e clima para ser construída, bastando, para isso, um terreno plano de pequena extensão e disponibilidade de combustíveis fósseis.

Resumindo as vantagens da termelétrica são:

- Bom rendimento;
- Tecnologia para produção de energia é simples e barata;
- Produção pode ocorrer 24 horas por dia;
- Não necessita de condições especiais de relevo.

2. DESVANTAGENS

A queima de combustíveis, utilizada no aquecimento da água, produz gás carbônico, que é poluente. A emissão do gás carbônico na atmosfera contribui para o aumento do efeito estufa e o aquecimento global.

Devido à queima de combustíveis fósseis, as termelétricas emitem nuvens poluentes diretamente na atmosfera que além da degradação das condições do ar respirável, esses poluentes contribuem para o efeito estufa – principalmente pelo dióxido de carbono (CO_2) – e para a intensificação das chuvas ácidas – pelo dióxido de enxofre (SO_2).

A água fria utilizada no resfriamento dos sistemas da termelétrica provém de um rio, lago ou braço de mar nas proximidades da usina. Essa fonte recebe de volta uma água bem mais quente do que

foi retirada. Isso altera os ecossistemas locais, desoxigenando a água e causando danos ao meio ambiente.

Resumindo as desvantagens da usina termelétrica são:

- Libera dióxido de carbono contribuindo para o aquecimento global;
- Libera dióxido de enxofre contribuindo para a chuva ácida;
- A extração é responsável pela modificação da paisagem e em alguns casos pela remoção de população;
- Recurso não renovável.

4. CONTEXTUALIZANDO

4.1 CHUVA ÁCIDA

A chuva ácida ocorre quando os gases derivados do enxofre e nitrogênio (SOx e NOx) liberados pela queima do carvão e do petróleo reagem com o vapor d'água. Os ácidos sulfúrico e nítrico produzidos afetam o ambiente. A presença desses ácidos na chuva diminui o pH, o que favorece também a corrosão de prédios e monumentos. O problema é comum nos países de antiga industrialização, mas ainda mais evidente nos Tigres Asiáticos devido a sua legislação ambiental permissiva.

5. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos os seguintes vídeos:

- Documentário Termelétrica: https://www.youtube.com/watch?v=_i1eA3SAerc
- Reportagem Usinas Termoelétricas: https://www.youtube.com/watch?v=UJDAFL7w6Is
- Grupo EBX: Usina Termelétrica Itaqui: https://www.youtube.com/watch?v=BhwV24lmhTA
- Grupo EBX: Usina termelétrica Parnaíba -- liderança na geração a gás: https://www.youtube.com/watch?v=k2Y24gzaAmc&t=146s
- Meio Ambiente por Inteiro - Usinas termoelétricas: https://www.youtube.com/watch?v=1gO-SpKiPZo

6. REFERÊNCIAS

TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; Física Ciência e Tecnologia, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2013

MENEZES, L.C. et. al.; Quanta Física, 2. ed., v.1, São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2013.

FILHO, B.B.; DA SILVA, C.X.; Física aula por aula, 2. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2013

TAREFAS DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 3.1

1) Cite três combustíveis utilizados na produção das usinas termelétricas e sua obtenção.

2) Com relação a produção de energia elétrica através de uma usina termelétrica, quais são os pontos principais de sua produção e quais as transformações ocorridas no processo?

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

TAREFA DE LEITURA 3.2

1) A intensificação do uso de fontes de energia de origem fóssil (carvão mineral, petróleo, gás natural etc.) gera vários problemas ambientais. Aponte os principais problemas gerados por essas fontes de energia.

2) Com tantos aspectos negativos do ponto de vista ambiental, como os relatados no texto base, o que justifica a instalação de uma usina termelétrica em determinada localidade?

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

CAPÍTULO IV: ESTRUTUTRA DA MATÉRIA

1. INTRODUÇÃO

Se cortarmos ao meio uma maça e pegarmos uma das metades e novamente cortarmos ao meio, e repetindo o mesmo processo umas trinta vezes, chegaríamos a um "fragmento da maça" com dimensões atômicas da ordem de um bilionésimo de seu tamanho original. Se repetíssemos o processo por mais 13 ou 14 vezes, chegaríamos às dimensões do núcleo atômico.

O átomo representa a unidade básica que compõe a matéria. São os tijolos fundamentais que combinamos e formar tudo que conhecemos. A tabela periódica, estudada em química, apresenta uma lista com mais de 100 átomos naturais conhecidos atualmente. Quando associamos os átomos, formam moléculas e retículos cristalinos que proporcionam as mais diferentes características às substâncias. Por exemplo a diferença entre o diamante e o carvão se dá na maneira com que esses átomos se organizam.

1. RADIOATIVIDADE

Em 1896, trabalhando com sulfato duplo de urânio, Becquerel descobriu que cristais desse sal emitiam "uma espécie de radiação" que sensibilizava chapas fotográficas, mesmo que elas estivessem protegidas da ação da luz. Após cuidadosas observações, sob condições controladas, ele concluiu que se tratava de um novo tipo de radiação, cuja a emissão não necessitava de estímulo externo. Essa emissão espontânea foi denominada **radioatividade**. Experimentos subsequentes mostraram que outras substâncias também apresentavam essa propriedade.

Figura 18 - Amostra de plutônio iluminado pela própria radioatividade.
Fonte:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/26/Plutonium-238_pellet.jpg/960px-Plutonium-238_pellet.jpg

As experiências mais importantes nesse novo campo da física foram desenvolvidas pelo casal de químicos Marie Curie e Pierre Curie. Após numerosos e cuidadosos procedimentos de separação e purificação de minérios radioativos, o casal comunicou a descoberta de outros dois elementos espontaneamente radioativos, ainda desconhecidos. Esses elementos foram denominados posteriormente de polônio (Po) e rádio (Ra).

Outros experimentos, incluindo os trabalhos de Rutherford com partículas alfa, sugeriram que a radioatividade era o resultado da desintegração de núcleos atômicos instáveis e são divididos em três tipos:

- emissão alfa (α) – núcleos de hélio, ou seja, $\alpha = {}^{4}_{2}He^{2+}$;
- emissão beta (β) – elétrons ($e^{-}\ ou\ \beta^{-}$) ou pósitrons ($e^{+}\ ou\ \beta^{+}$);
- emissão gama (γ) – radiação eletromagnética originada pela emissão de fótons de alta energia.

3. FISSÃO NUCLEAR E FUSÃO NUCLEAR

3.1 FISSÃO NUCLEAR

O processo de fissão nuclear consiste na liberação de energia pela divisão do núcleo original em núcleos menores.

Com a construção dos aceleradores de partículas e dos reatores nucleares, a partir de meados do século XX, as reações nucleares tornaram-se muito comuns e extremamente úteis à física, tanto científica como tecnologicamente. Uma reação de fissão nuclear ocorre quando núcleos pesados, como o ${}^{235}U$, são "quebrados" em núcleos menores pela colisão com outras partículas.

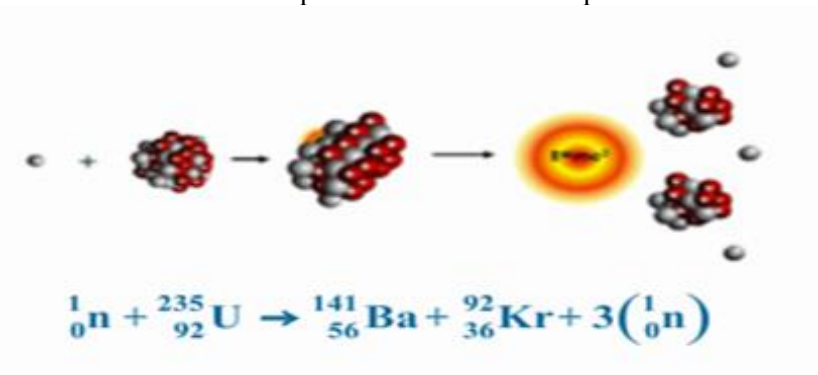


Figura 19 - Representação da fissão nuclear sem escala.
Fonte:http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/galerias/imagem/0000003862/md.0000043085.png

Caso haja próximo a eles outros núcleos de urânio-235, é provável que estes sejam atingidos pelos nêutrons liberados na fissão. Esse processo pode continuar ocorrendo com outros núcleos sucessivamente, desencadeando novas fissões e a liberação de mais nêutrons, provocando o que é denominado reação em cadeia.

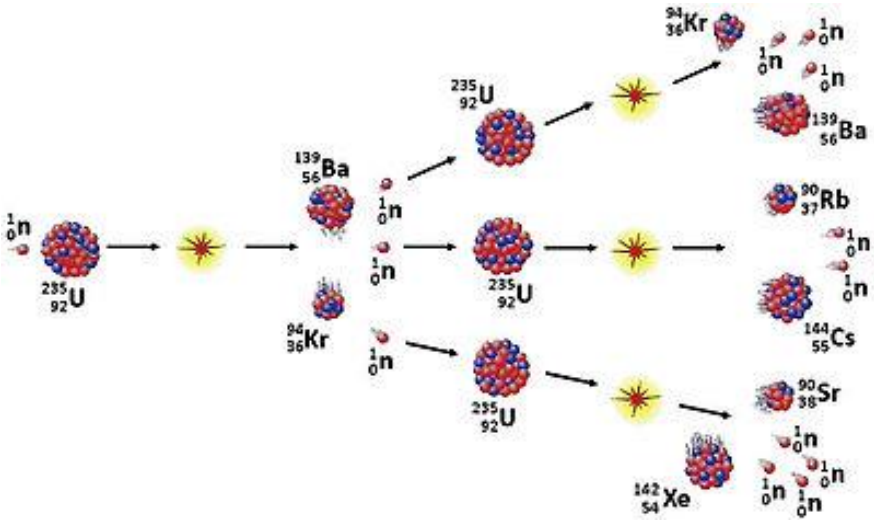


Figura 40 - Reação em cadeia.
Fonte: https://goo.gl/images/TytqZG

O processo de reação em cadeia pode ser controlado ou não. No caso da bomba atômica, o processo de fissão ocorre por meio da reação em cadeia sem controle, ou seja, em um curto intervalo de tempo ocorre a liberação de grande quantidade de energia, provocando uma imensa explosão. No caso dos reatores nucleares usados nas usinas termonucleares, a reação em cadeia é controlada, ou seja, a taxa de fissão nuclear é monitorada.

3.1 FUSÃO NUCLEAR

O processo de fusão nuclear é o oposto da fissão. Na fusão, núcleos de elementos se fundem para formar um novo núcleo e esse processo ocorre com ganho de energia.

O exemplo mais comum da fusão nuclear é o que ocorre no Sol. No interior dessa estrela, quatro átomos de hidrogênio se fundem para formar um átomo de hélio. Cerca de 90% das estrelas, fundem hidrogênio, gerando hélio. Estrelas mais velhas fundem hélio e elementos mais pesados.

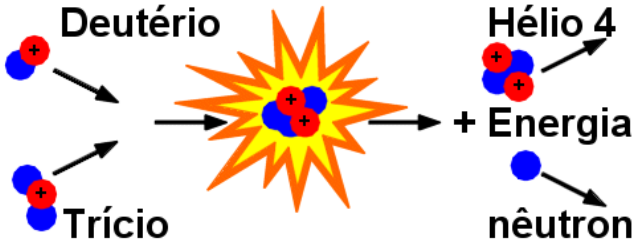


Figura 51 - Esquema de fusão do deutério e trítio para a formação de uma partícula alfa (^4He).
Fonte: https://goo.gl/images/ia8KHc

4. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos os seguintes vídeos:

- Armas Nucleares | Nerdologia 172: https://www.youtube.com/watch?v=mgaX6gd1F0E&t=15s
- Bomba atômica e armas nucleares | Nerdologia 173: https://www.youtube.com/watch?v=J9SAZ314yNg&t=18s
- A irradiação na prevenção de pragas: https://www.youtube.com/watch?v=auqtGgkSnBs
- Alimentos Radioativos podem te matar ?: https://www.youtube.com/watch?v=4z4IRwpboXg
- Conheça o trabalho de profissionais que desenvolvem a radioatividade para salvar vidas: https://www.youtube.com/watch?v=nWongp3dsIE
- Tipos de radiação partícula alfa, beta e radiação gama: https://www.youtube.com/watch?v=N1TMhRKiOBk

5. REFERÊNCIAS

TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; Física Ciência e Tecnologia, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2016

FILHO, B.B.; DA SILVA, C.X.; Física aula por aula, 3. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2016.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R.; Física em contextos, 1. Ed., v.3, São Paulo, Editora do Brasil, 2016.

BONJORNO, J. R. et al., Física: Eletromagnetismo, física moderna, 3. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2016.

TAREFA DE LEITURA 4.1

1) O que diferencia a fissão da fusão nuclear?

2) De onde provém a energia que vem do Sol? Justifique sua resposta.

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

CAPÍTULO V: USINA NUCLEAR

1. FUNCIONAMENTO

O funcionamento de uma usina nuclear é semelhante ao de uma usina termelétrica, ou seja, a água aquecida se transforma em vapor, que aciona o movimento das pás de uma turbina. A energia cinética do movimento das pás é convertida em energia elétrica no gerador elétrico.

O processo de fissão nuclear começa no reator, e a energia liberada é utilizada para aquecer a água, que é então conduzida ao gerador de vapor. Ao esquentar e ebulir a água, o vapor produzido sob alta pressão é direcionado para a turbina, que entra em movimento. Acoplado a ela encontra-se um gerador que, ao ser acionado, produz energia elétrica.

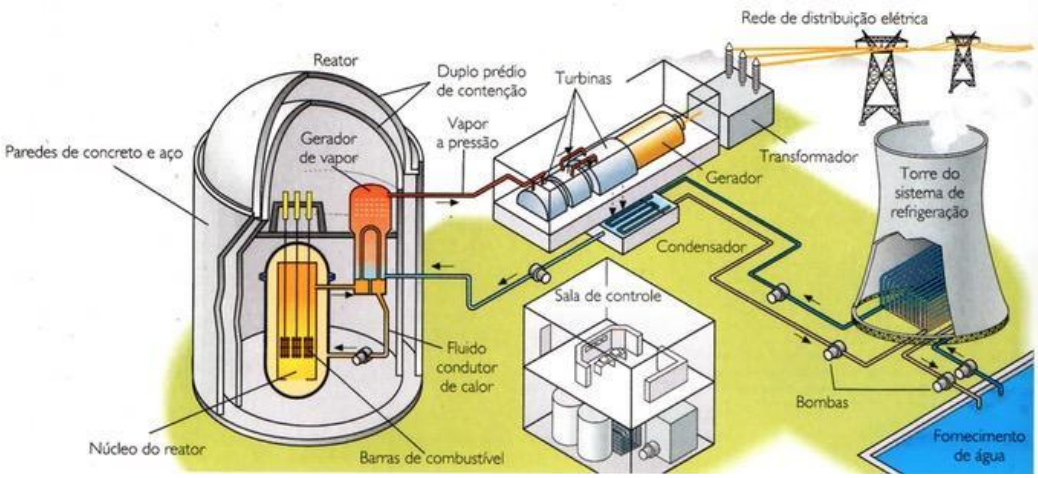


Figura 2 - Esquema de geração de eletricidade com energia nuclear. Fonte: https://goo.gl/images/UUd2lG

2. VANTAGENS

As vantagens da utilização desse tipo de usina são semelhantes às de uma usina termelétrica, ou seja, possui bom rendimento (em torno de 50%), funciona initerruptamente (desde que o combustível nuclear esteja presente) e não é necessária nenhuma condição geográfica especial para a sua construção. Além disso, uma usina nuclear não emite gás carbônico, portanto, não é poluente.

Uma quantidade pequena de material radioativo é necessário para a produção de energia: para efeito de comparação, apenas 10 gramas de urânio produzem a mesma quantidade de energia de 700kg de óleo ou 1200kg de carvão.

A usina pode ser instalada em um espaço pequeno, se comparada às usinas hidrelétricas, e não depende de fatores climáticos como chuvas e vento. Apesar do risco de contaminação, a quantidade de resíduos gerados é pequena e compacta.

Resumindo, as vantagens da usina nuclear são:

- Bom rendimento;
- Forma concentrada de energia;
- Pode produzir energia 24h por dia;

- Não polui no momento da produção de energia;
- Quantidade de resíduos pequena e compacta.

2. DESVANTAGENS

Esse tipo de usina utiliza combustível nuclear para a produção da energia térmica necessária na evaporação da água líquida. O vazamento do combustível nuclear pode causar contaminação nos seres humanos, nos animais, no solo e no ambiente.

Caso um acidente nuclear ocorra, uma grande área precisará ser evacuada, podendo se tornar inabitável, como ocorreu na cidade de Prypiat (ver capítulo 4.1), após o acidente nuclear na usina de Chernobyl. As usinas nucleares modernas são seguras e os riscos controlados.

Resumindo, as desvantagens da usina nuclear são:

- Resíduos devem ser armazenados em lugares seguros;
- Alto custo na implantação e manutenção;
- Um acidente nuclear pode ter consequências catastróficas;
- Lixo radioativo - requer armazenamento por tempo indeterminado.

2. A USINA NUCLEAR NO BRASIL E NO MUNDO

No final dos anos 60 e começo dos anos 70, o governo brasileiro planejava construir três usinas nucleares, que deveriam estar em funcionamento no final da década de 70. Um acordo foi firmado entre o governo entre o governo brasileiro, ainda durante o regime militar, e o governo da antiga Alemanha Ocidental permitindo a compra de equipamentos e a transferência de tecnologia para que o Brasil pudesse se tornar posteriormente autônomo nessa área. Atualmente, o país conta com duas usinas nucleares em funcionamento (Angra I e Angra II) e mais uma em construção (Angra III). O potencial brasileiro para produção de energia nuclear é alto devido às grandes reservas de urânio, sendo estas consideradas a sétima maior do mundo. Apesar do grande potencial, a energia nuclear sofre forte resistência dos ambientalistas e setores da população.

Figura 23- Complexo nuclear de Angra dos Reis. Fonte: https://goo.gl/images/tmcibj

No Brasil, a usina nuclear corresponde a apenas 3% da produção de energia elétrica, enquanto em países como a França esse valor chega a 76%. A tabela abaixo mostra os cinco países mais dependentes da produção de energia elétrica pelas usinas nucleares:

Cinco países mais dependentes da energia nuclear	
França	76,2% da sua matriz energética
Ucrânia	48% da sua matriz energética
Coreia	32,7% da sua matriz energética
Japão	26,9% da sua matriz energética
Alemanha	23% da sua matriz energética

4. CONTEXTUALIZANDO

4.1 O ACIDENTE NUCLEAR DE CHERNOBYL

A cidade de Prypiat, na Ucrânia, não existe mais. No dia 26 de abril de 1986, um grande acidente nuclear na usina de Chernobyl, espalhou radiação pela antiga União Soviética e até mesmo em alguns outros países europeus. Mais de 70 toneladas de urânio e 900 toneladas de grafite foram lançadas na atmosfera.

Nesse dia, um procedimento-padrão de manutenção estava programado no reator número 4. Porém um problema no resfriamento fez com que o reator explodisse. A radiação cobriu um raio de 100 mil km². Os moradores tiveram que sair da cidade após 30 horas, e nunca mais foi permitida que voltassem. A cidade de Prypiat, nascida em função da usina, virou uma cidade fantasma.

Estima-se que 80 mil pessoas tenham morrido devido à radiação e que 2,4 milhões de ucranianos tenham sofrido algum problema de saúde.

Figura 64- Cidade de Prypiat abandonada depois do acidente nuclear.
Fonte: https://goo.gl/images/xlXneZ

4.1 O ACIDENTE DO CÉSIO 137

Em 1987, na cidade de Goiânia, uma certa quantidade de material radioativo (armazenado em um aparelho de radioterapia abandonado) foi indevidamente manuseada por várias pessoas, que ficaram maravilhadas com o brilho intenso de cor azul apresentado por esse material.

As pessoas que tiveram contato com esse material apresentaram náuseas, vômitos, diarreias e queimações na pele. Apenas 17 dias depois, o material foi identificado como radioativo e as primeiras providências foram tomadas pelo CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

No total, quatro pessoas morreram em virtude da contaminação pela radiação. O lixo radioativo está confinado em contêineres, devidamente guardado em uma cidade a 23km de Goiânia.

4. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos os seguintes vídeos:

- Energia nuclear em 2 minutos: https://www.youtube.com/watch?v=OzxiQdmTD58
- Fantástico - Saiba como funciona uma usina nuclear por dentro: https://www.youtube.com/watch?v=65Nr8A_xt98&t=283s
- Chernobil e a lava radioativa | Nerdologia 205: https://www.youtube.com/watch?v=3K8FpaITAF0
- Chernobil: as terríveis consequências | Nerdologia 206: https://www.youtube.com/watch?v=h8Dzyn7hMKU
- Meio Ambiente por Inteiro - Energia nuclear (26/05/12): https://www.youtube.com/watch?v=cpyB8YWqW50&t=204s
- Como a Energia Nuclear Funciona? | Ep. 45: https://www.youtube.com/watch?v=T6uOxjQbjEc

5. REFERÊNCIAS

TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; Física Ciência e Tecnologia, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2016

FILHO, B.B.; DA SILVA, C.X.; Física aula por aula, 3. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2016.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R.; Física em contextos, 1. Ed., v.3, São Paulo, Editora do Brasil, 2016.

TAREFA DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 5.1

1) Quais as etapas de produção de energia elétrica em uma usina nuclear?

2) O Brasil pretende desenvolver e explorar a tecnologia que lhe possibilite dominar todo o ciclo de produção do combustível nuclear utilizado nas usinas para produzir eletricidade. Isso lhe permitiria também desenvolver submarinos nucleares, que podem fazer longas viagens com economia de combustível. Organismos internacionais e países que se opõem a isso afirmam que o domínio dessas técnicas proporciona a produção de bombas atômicas. Em sua opinião, o Brasil deve investir no desenvolvimento dessas técnicas? Justifique sua escolha.

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.

CAPÍTULO VI: EFEITO FOTOELÉTRICO E A USINA SOLAR

1. EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico é o efeito que ocasiona a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando submetido a uma radiação eletromagnética (como a luz) de alta frequência, que depende do material, como por exemplo a radiação ultravioleta. Os elétrons ejetados são denominados fotoelétrons.

Para arrancar um elétron de um metal, deve se realizar um trabalho sobre ele, fornecendo uma quantidade de energia denominada função trabalho do metal, E_T. Se essa energia for de origem térmica, temos a chamada emissão termiônica. É por emissão termiônica, por exemplo, que os elétrons saem de um filamento de tungstênio aquecido para formar a imagem no tubo de imagens de uma TV.

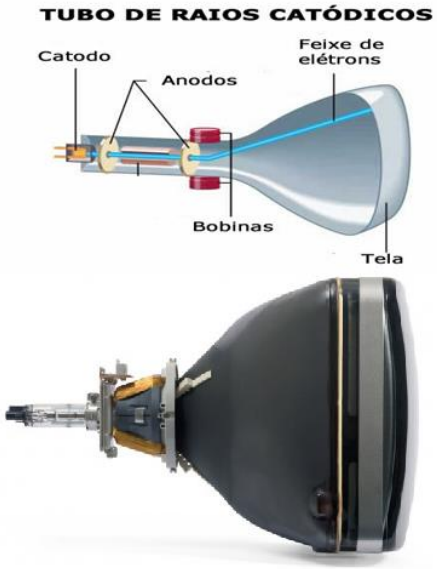


Figura 75 - Funcionamento de uma TV de tubo. Fonte: http://ap.imagensbrasil.org/image/8z1BlS

Aparentemente, não haveria problema na explicação do efeito fotoelétrico, em que os elétrons são arrancados pela luz, pois esta forneceria a energia necessária para arrancá-los. No entanto, observações experimentais mostravam que o ato de arrancar elétrons dependia da cor da luz utilizada (frequência) e não de sua intensidade.

De acordo com o Eletromagnetismo de Maxwell, se jogássemos luz vermelha (baixa frequência) em um metal e notássemos que os elétrons não estavam sendo arrancados, bastaria aumentar a intensidade. Mas isso não funcionava. Por outro lado, se usássemos a luz violeta (alta frequência), os elétrons poderiam ser arrancados, mesmo que a intensidade fosse baixa.

Foi Einstein que conseguiu relacionar a necessidade de uma dependência da energia da luz com sua frequência, lançando a hipótese que uma luz monocromática de frequência f era constituída de unidades indivisíveis, que foram denominados os fótons.

Hoje em dia, o efeito fotoelétrico está presente em nosso cotidiano. Com os sensores fotoelétricos é possível acender ou desligar automaticamente a iluminação nas ruas e de ambientes comuns como corredores e também é possível abrir e fechar portas, como acontece nos *shoppings.*

Figura 26 - Criança abrindo uma porta de um shopping, retirada do vídeo "Mágica pra abrir a porta do shopping". Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=8ux33Zim2x8

2. USINA SOLAR

2.1 FUNCIONAMENTO

Existem duas formas de produzir energia elétrica por meio da luz solar: As placas voltaicas e as termossolares.

As placas fotovoltaicas são feitas de silício, um material abundante na Terra, que também é utilizado na produção de chips e processadores de computadores. As células possuem uma camada positiva e uma camada negativa, o que cria um campo elétrico e uma diferença de potencial entre elas.

A energia solar é absorvida pelas células fotovoltaicas. Essa energia libera elétrons, pelo efeito fotoelétrico, que se movem por meio das placas e formam uma corrente elétrica.

Figura 27 - Placa fotovoltaica instalada no teto de uma residência. Fonte: https://goo.gl/images/Jtwi2D

As ondas eletromagnéticas são geradas pelo Sol pela fusão nuclear. Essas ondas transportam energia até a superfície da Terra, na qual são captadas por placas fotovoltaicas, feitas de material semicondutor, que transformam a energia solar em energia elétrica.

As usinas termossolares captam a energia solar por intermédio de espelhos que refletem as ondas eletromagnéticas para uma torre receptora.

A energia captada é usada para aquecer sal liquefeito, que é usado posteriormente para a produção do vapor de água. O vapor superaquecido é usado para movimentar uma turbina, que transforma a energia cinética do movimento do rotor em energia elétrica.

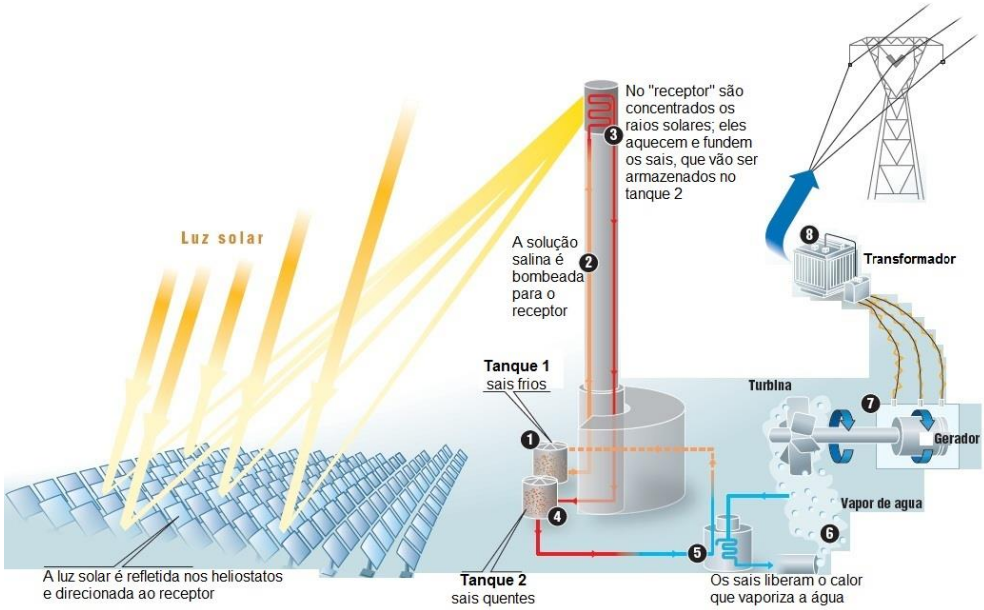


Figura 28 - Esquema do funcionamento de uma usina termossolar. Fonte: https://goo.gl/images/NqmMh3

2.2 VANTAGENS

A produção de energia elétrica pela conversão de energia solar é renovável, afinal, o Sol ainda produzirá energia por 5 bilhões de anos. A manutenção de uma usina solar é mínima e não é poluente.

As placas voltaicas e as pequenas usinas solares são alternativas na produção de energia em lugares remotos e de difícil acesso.

Resumindo, as vantagens da usina solar são:

- Instalação relativamente simples e com pequena manutenção;
- Não há resíduos nem impactos ambientais;
- Não há consumo de combustível;
- Não há gastos suplementares, após a instalação.

2.3 DESVANTAGENS

As placas fotovoltaicas possuem um rendimento muito baixo, em torno de 15%, portanto, o investimento é alto e a produção de energia é baixa. Além disso, é necessária a incidência solar, o que não permite a produção de energia durante a noite. A produção também pode variar em dias nublados, com chuva ou neve.

Devido a essas desvantagens, a utilização de energia solar para produzir energia elétrica é mais indicada em pequena escala.

Resumindo, as desvantagens da usina termossolar são:

- Custo inicial elevado;
- Baixa rendimento na obtenção de energia elétrica;
- Variação da produção devido a situações climáticas: nuvens, neve e chuva.

2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO

O Brasil é um país privilegiado em relação à incidência da luz solar, Santa Catarina é o estado que possui a menor incidência de luz solar, e possui uma incidência média de 30% maior que toda a Alemanha. O mapa abaixo mostra a distribuição da incidência de luz solar nas regiões do Brasil.

Figura 29 - Potencial solar do território brasileiro. Fonte: https://goo.gl/images/rbiQFU

Entre 2010 e 2015, o setor teve um crescimento de 8% no país, ocupando a 3ª posição no ranking mundial, ficando apenas atrás de China e Turquia. Em 2015, o país ocupou a segunda posição em volume físico de produção. Os dados são da agência alemã Sol Rico, que apurou os dados de 18 países.

Segundo a última pesquisa do DASOL – Departamento Nacional de Energia Solar Térmica, da ABRAVA, em 2015, foram produzidos 7.968 GWh de energia, com 12,4 milhões de metros quadrados acumulados de área instalada. São cerca de 6 milhões de residências que já dispõem do equipamento. A energia elétrica produzida por esses painéis evita a emissão de 2,15 milhões de dióxido de carbono anualmente na atmosfera. O gráfico a seguir mostra a evolução do mercado de aquecimento solar no Brasil.

A pesquisa do DASOL abordou a produção de coletores solares classificados por tipos: aberto, fechado e a vácuo. Os coletores abertos são normalmente utilizados para piscinas, pois não possuem cobertura transparente e nem isolamento térmico. Os coletores fechados planos e de tubo a vácuo são utilizados para fins sanitários. Os abertos representam hoje 43,5% dos instalados; os fechados 54,7% e os a vácuo 1,8%. Em 2015, houve decréscimo dos coletores abertos de 5,3% e nos coletores fechados foi 1,8 %. Os coletores de tubos de vácuo, apresentaram crescimento expressivo de 57,9%.

Figura 30 - Evolução do mercado de aquecimento solar brasileiro. Fonte: http://www.homedecore.com.br/brasil-e-3o-pais-em-ranking-internacional-de-aquecedores-solares/

4. VÍDEOS E LINKS

Para que você possa se informar mais sobre esses assuntos, sugerimos os seguintes vídeos:

- EDP mostra carro a energia solar: https://www.youtube.com/watch?v=HH3K_tNy8AA
- Uma lição sobre energia solar: https://www.youtube.com/watch?v=Y-JcNXugAKU
- Reportagem do Fantástico sobre a Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: https://www.youtube.com/watch?v=2jkyJoi-DZU
- Energia Solar - Especialista responde perguntas: https://www.youtube.com/watch?v=NaIcLCSfzRk
- Por que a energia solar não está em todos os telhados? #Boravê: https://www.youtube.com/watch?v=vFuI858vRSg&t=2s
- Meio Ambiente por Inteiro - Energia Solar (17/09/16): https://www.youtube.com/watch?v=8KEzokWZe9A&t=127s
- Governo do Rio de Janeiro lança Atlas Solar do estado: https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/04/governo-rio-de-janeiro-lanca-atlas-solar-estado/31548

5. REFERÊNCIAS

TORRES, C.M.A.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.M.; Física Ciência e Tecnologia, 3. ed., v.3, São Paulo, Moderna, 2016

FILHO, B.B.; DA SILVA, C.X.; Física aula por aula, 3. ed., v.3, São Paulo, FTD, 2016.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R.; Física em contextos, 1. Ed., v.3, São Paulo, Editora do Brasil, 2016.

LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C.C.; Física: contexto & aplicações: ensino médio, v.3, 2. ed, São Paulo, Scipione, 2016.

TAREFA DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 6.1

1) Diferencie uma usina de concentração de luz solar (termossolar) e o de uma usina fotovoltaica.

2) No ano de 1900, o físico alemão Max Planck (1858–1947) apresentou à Sociedade alemã de Física um artigo que introduzia a ideia de quantização de energia, segundo a qual um corpo aquecido não emite energia de modo contínuo. A explicação do efeito fotoelétrico foi feita, em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955) utilizando o conceito de quantização. Sendo assim, descreva as principais características do Efeito Fotoelétrico.

3) Dos textos indicados para o estudo, qual foi o ponto mais confuso, ou difícil?
Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique o que você vê de confuso, ou difícil.