

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

MARIA ISABEL BARBOSA DA SILVA

PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO PARA A CONSOLIDAÇÃO DE CONHECIMENTO
SOBRE AS EXTERNALIDADES DE FONTES DE ENERGIA

RIO DE JANEIRO

2017

MARIA ISABEL BARBOSA DA SILVA

PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO PARA A CONSOLIDAÇÃO DE CONHECIMENTO
SOBRE AS EXTERNALIDADES DE FONTES DE ENERGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear – Acadêmico em Engenharia de Reatores.

Orientadores: Prof. Dr. Antonio Carlos de Abreu Mol
Prof. Dr. Celso Marcelo Franklin Lapa

Rio de Janeiro

2017

Silva, Maria Isabel Barbosa da.

PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO PARA A CONSOLIDAÇÃO
DE CONHECIMENTO SOBRE AS EXTERNALIDADES DE
FONTES DE ENERGIA / Maria Isabel Barbosa da Silva
– Rio de Janeiro: CNEN/IEN, 2017.

60 p. il.

Orientadores: Antonio Carlos de Abreu Mol e Celso Marcelo
Franklin Lapa.
(Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologias Nucleares) –
Instituto de Engenharia Nuclear, PPGIEN, 2015

1. Fontes de Energia. 2. Externalidade 3. Realidade Virtual.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

FOLHA DE APROVAÇÃO

**PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO PARA A CONSOLIDAÇÃO DE CONHECIMENTO
SOBRE AS EXTERNALIDADES DE FONTES DE ENERGIA**

Maria Isabel Barbosa da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências em Engenharia Nuclear – Acadêmico em Engenharia de Reatores.

Orientadores: Prof. Dr. Antonio Carlos de Abreu Mol
Prof. Dr. Celso Marcelo Franklin Lapa

Aprovada em: _____

Banca Examinadora:

Prof^o. Antonio Carlos de Abreu Mol, D. Sc. (Orientador)

Prof^o. Celso Marcelo Franklin Lapa, D. Sc. (Orientador)

Prof^a. Ana Paula Legey de Siqueira, D. Sc.

Prof^o. Claudio Marcio do Nascimento Abreu Pereira, D. Sc

Prof^o. Claudio Azevedo Passos, D. Sc

RIO DE JANEIRO
2017

Dedico esta dissertação à Deus, pois nada em minha vida acontece sem que ele permita.

Dedico aos meus pais, Antonio e Anilda (in memorium), pois sem a referência de trabalho e compromisso que me passaram, jamais teria chegado aqui.

E é claro, aos meus amados filhos, João e Amanda, pois tudo o que faço na vida é para eles.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Professores Antonio Carlos de Abreu Mol e Celso Marcelo Franklin Lapa pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e pela amizade sempre constante.

Aos professores do programa de Pós Graduação do IEN que contribuíram como exemplos profissionais e com o conhecimento compartilhado por eles para a minha formação.

Aos colegas Ralph Santos-Oliveira, Rita de Cássia Dias, Miguel Ângelo Bastos, Eraldo Freitas, Solange dos Reis e Vaz, Tânia Schirn Cabral, Denise Cunha Cabral, Marcio Paes de Barros, Valéria da Fonseca e Silva Pastura e Maria da Glória Barbosa Vasquez por toda colaboração e paciência que me dedicaram durante os anos de curso.

Sinceros agradecimentos à todos os professores que fizeram parte da pesquisa e doaram um pouquinho de conhecimento e atenção para ajudar a concluir esta dissertação.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

A mão de obra no setor nuclear está envelhecendo e se aposentando, O fluxo de saída de pessoal é maior que o de entrada, gerando uma diferença que pode comprometer a operação de algumas instalações num futuro bem próximo.

Neste cenário, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) vem promovendo há alguns anos, debates e iniciativas que ajudem a minimizar esse impacto.

Com o objetivo de apresentar o setor Nuclear e despertar o interesse pela matéria, várias iniciativas são tomadas.

Considerar as peculiaridades de fontes de energia, torna-se importante por traçar paralelos esclarecer pontos específicos do assunto de maneira que o indivíduo, após seu conhecimento, tenha condições de avaliar e criar uma visão mais realista sobre a o tema, desmistificando e atualizando alguns conceitos sobre cada setor apresentado.

Este trabalho apresenta algumas fontes que compõem a matriz energética brasileira, suas externalidades e as ferramentas de computação utilizadas na construção de um objeto de aprendizado voltado ao público infante e juvenil.

Desta forma se pretende atender ao pleito da AIEA em propagar conhecimentos de energia nuclear entre indivíduos ainda em formação, e que possa ainda

cumprir a missão de derrubar mitos de maneira responsável, e quem sabe despertar interesses naturais para o setor nuclear.

. Para isto, utiliza recursos de computação gráfica e realidade virtual na construção de um objeto de aprendizado que possa ser utilizado como ferramenta de educadores em sala de aula.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Fontes de Energia, Tecnologia Nuclear, Objeto de Aprendizagem.

ABSTRACT

Lista delis

Nuclear Energy was presented to the world in the worst possible way through a bomb that, because of its devastation, caused an extremely painful wound in society. In this way, all the subjects connected, even if only conceptually, to that episode, brings with them the weight of the fact. Thus, to show that "drowning water also kills thirst" undergoes almost a process of re-education, and all transformation begins with information. With the objective of presenting the nuclear sector and awake interest in the matter, several initiatives are taken. In this scenario, the issue of externalities of energy sources deserves to be highlighted.

Considering the peculiarities of the theme, it is important to use methods and techniques that allow to inform and disseminate to the common public the differences between some energy sources, drawing a parallel between them, with the intention of minimally presenting and clarifying specific points of the subject so that the individual, after his knowledge, is able to evaluate and create a more realistic view on the subject, demystifying and updating some concepts about each presented sector, within the energy matrix of Brazil.

One of the possible ways to accomplish this task is through the use of virtual reality (VR) and computer graphics to stimulate inductive and deductive thinking through representation of virtual environments that allow simulations of facilities that in the real world are difficult to access or restricted.

The EFE program thus seeks to bring to individuals without basic technological training, basic knowledge that can fulfill the mission, first and foremost, to inform and overturn myths in a responsible way, and perhaps raise natural interests for the nuclear sector.

In this way, it is intended with this dissertation to continue the research carried out in the IEN when developing a Computational Game that aims to take a sensible information about the generation of energy in the country.

Keywords: Virtual Reality, Energy Sources, Nuclear Technology, Learning Object.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de trabalho	18
Figura 2: Distribuição da Matriz energética brasileira.....	22
Figura 3: Diagrama de uma Usina hidrelétrica.....	23
Figura 4: Diagrama de uma Usina termoeletrica.....	24
Figura 5: Diagrama de uma Usina Eólica.....	25
Figura 6: Diagrama de uma Usina Nuclear.....	26
Figura 7: Diagrama de uma Usina Solar.....	27
Figura 8: Ferramenta de modelagem SketchUp.....	34
Figura 9: Editor TTS Balabolka.....	35
Figura 10: Motor de Jogo Unity 3D.....	37
Figura 11: Tela 3D das Externalidades da Energia Nuclear.....	41
Figura 12: Modelagem Reator no SketchUp.....	42
Figura 13: Figura do Reator posicionado no cenário de jogo.....	43
Figura 14: Modelagem do terreno no Unity 3D.....	43
Figura 15: Modelagem do terreno com árvores e outros elementos.....	44
Figura 16: Comparação entre os tipos de avatares.....	45
Figura 17: Modelagem da torre de alta tensão no SketchUp.....	45
Figura 18: H.U.D. do aplicativo.....	47
Figura 19: Gráfico sobre utilização de O.A. em sala de aula	51
Figura 20: Gráfico sobre conhecimento de repositórios de O.A	52
Figura 21: Gráfico sobre utilização de material de repositórios de O.A	52
Figura 22: Gráfico sobre caracterização do jogo como O.A	53
Figura 23: Gráfico sobre conhecimento de RV	54
Figura 24: Gráfico sobre utilização de RV em sala de aula..	54

LISTA DE SIGLAS

3D – Tridimensional

AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

EFE – Externalidades de Fontes de Energia

IEN – Instituto de Engenharia Nuclear

LabRV – Laboratório de Realidade Virtual, IEN, Brasil

OA – Objeto de Aprendizagem

RV – Realidade Virtual

S.O. – Sistema Operacional

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	15
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2. PROBLEMA	16
1.3. PROPOSTA	17
1.4. DISTRIBUIÇÃO DOS CAPÍTULOS	18
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	19
2.1. OBJETIVO GERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1. EXTERNALIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	20
3.2. MATRIZ ENERGÉTICA	21
3.2.1. Conceito.....	21
3.2.2. Matriz Energética Brasileira	21
3.3. FONTES DE ENERGIA	22
3.3.1. Hídrica	22
3.3.2. Combustíveis Fósseis(Termoelétricas)	23
3.3.3. Eólica	24
3.3.4. Nuclear	25
3.3.5. Solar	26
3.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA FONTE DE ENERGIA	27
3.4.1. Hídrica	27
3.4.2. Combustíveis Fósseis(Termoelétricas)	28
3.4.3. Eólica	29
3.4.4. Nuclear	30
3.4.5. Solar	30
3.5. REALIDADE VIRTUAL	31
3.5.1. Definições e terminologias básicas	32
3.5.2. Níveis de interação em ambientes de RV	32
3.5.3. Ambientes Virtuais	32
3.5.4. Ferramentas de Modelagem	33
3.5.4.1. SketchUp	34

3.5.5. Ferramenta de Áudio	34
3.5.5.1. Balabolka	35
3.5.6. Motores de Jogos	35
3.5.6.1. Unity 3D	36
CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM .	38
4.1. CONCEITO	38
4.1.1. Reusabilidade	38
4.1.2. Adaptabilidade	38
4.1.3. Granularidade.....	39
4.1.4. Acessibilidade	39
4.1.5. Durabilidade	39
4.1.6. Interoperabilidade	39
4.1.7. Metadados	39
4.2. CARCATERIZAÇÃO DO APLICATIVO EFE COMO OBJETO DE	39
APRENDIZAGEM	
4.2.1. Reusabilidade	39
4.2.2. Adaptabilidade	39
4.2.3. Granularidade	40
4.2.4. Acessibilidade	40
4.2.5. Durabilidade	40
4.2.6. Interoperabilidade	40
4.2.7. Metadados	40
CAPÍTULO 5: METODOLOGIA	41
5.1. MODELAGEM VIRTUAL DOS AMBIENTES	41
5.1.1. Edificações	41
5.1.2. Terrenos	43
5.1.3. Personagens	45
5.1.4. Elementos de Figuração	45
5.1.5. Som	46
5.1.5.1. Músicas	46
5.1.5.2. Narração	46
5.1.5.3. Efeitos Sonoros	46
5.2. IMPLEMENTAÇÕES.....	46

5.2.1. Linguagem de Programação	46
5.2.2. H.U.D. (Head Up Display)	46
5.2.3. Inteligência Artificial	47
5.2.3.1. Desativado	47
5.2.3.2. Patrulha	47
5.3. COLETA DE DADOS	48
5.3.1. Escala Likert	48
5.3.2. Questionário	48
CAPÍTULO 6: TESTES E RESULTADOS	50
6.1. OS TESTES E AVALIAÇÕES	50
6.1.1. Os testes do jogo	50
6.1.2. O resultado do questionário	51
6.1.2.1. Primeiro questionamento	51
6.1.2.2. Segundo questionamento	52
6.1.2.3. Terceiro questionamento	52
6.1.2.4. Quarto questionamento	52
6.1.2.5. Quinto questionamento	53
6.1.2.6. Sexto questionamento	54
6.1.2.7. Sétimo questionamento	54
CAPÍTULO 7: CONCLUSÃO	55
7.1. TRABALHOS FUTUROS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE I: Questionário	59
APÊNDICE II: Captura das telas do jogo	60

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Atualmente quando se fala em energia nuclear, a primeira coisa que vem à mente da maioria das pessoas é a bomba atômica explodindo. Essa triste associação é feita por conta da própria história, que apresentou ao mundo a energia nuclear na forma de bombas que devastaram as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. Ao longo dos anos, muita coisa aconteceu e a energia nuclear passou a fazer parte do cotidiano das pessoas, no entanto ainda é difícil falar sobre o assunto e principalmente defender a matéria.

Por isso, a base de toda a transformação que deve ocorrer no setor está na informação. A propagação da informação e do conhecimento está mudando a passos largos, numa evolução quase impossível de acompanhar hoje em dia. Informatização, compartilhamento, conectividade são elementos básicos de qualquer processo cujo interesse seja desenvolver o saber.

Assim iniciativas que tenham a pretensão de levar conhecimento são relevantes. Um programa de treinamento ou simplesmente de disseminação do conhecimento que utiliza uma ferramenta tão elementar como um jogo de computador visa vivenciar momentos de motivação, criatividade, absorção de conhecimento e diversos outros que possibilitam a comunicação e o relacionamento entre os indivíduos.

A AIEA já citou, através de diversas publicações, a necessidade da informação e do treinamento na área começar mais cedo. Uma dessas publicações, a NG-T-6.1 [4] da agência ressalta que “quando se trata de caracterizar as necessidades das futuras forças de trabalho, há uma tendência em se acreditar que apenas uma educação de nível superior deve ser considerada.”

Assim, preencher a lacuna que está sendo criada entre a quantidade de estudantes que se formam na área nuclear e a demanda por profissionais, segundo a AIEA, deve se iniciar por um trabalho de persuasão ainda nas escolas de nível médio, para que, ao ingressarem nas universidades os alunos optem naturalmente por carreiras na área nuclear.

Aquela publicação ainda sugere que os organismos responsáveis pela gestão

do conhecimento do setor devem promover atividades que estimulem, não só os alunos, mas os professores; sendo este estímulo considerado uma boa prática em gestão do conhecimento e muito recomendada.

1.2. PROBLEMA

As utilidades da energia nuclear são muitas, em sua maioria, benéficas para a sociedade. A energia nuclear possui muito mais usos sociais do que destrutivos, além de estar cada vez mais presente na indústria moderna. Essa realidade é o que a CNEN, através dos seus institutos de pesquisa, vem buscando apresentar ao público leigo. [16]

Muito se fala em fontes limpas de energia, mas quando a energia nuclear é citada como exemplo, os fantasmas das bombas atômicas e de acidentes como o de Chernobyl e Fukushima reaparecem assombrando e deturpando qualquer análise racional sobre o assunto. Em certos momentos há uma quase condenação sumária desta forma de energia, se esquecendo, aqueles que a condenam, que ela vai além das usinas. A energia nuclear é uma realidade em indústrias e hospitais, promovendo o desenvolvimento e a saúde. [4]

Para que a energia nuclear possa efetivamente competir com as outras formas de energia em condições de igualdade há que se investir massivamente em informação. A AIEA promove várias atividades pelo mundo, envolvendo estudantes de vários níveis como intuito de promover esta quebra de paradigmas tão atrasadas quanto injustas. Algumas conferências que ocorrem pelo mundo estão concluindo que existe a necessidade de um comprometimento entre governos, indústrias, entidades de pesquisa e educação e a população em geral, em relação às usinas nucleares, com o objetivo de garantir o comprometimento com a segurança ao longo de sua existência.

Em 2014 a AIEA promoveu na Áustria a segunda International Conference on Human Resource Development for Nuclear Power Programmes, sendo a primeira realizada em 2010, com o objetivo de discutir soluções para um problema que se mostra bastante presente atualmente, a força de trabalho especializada do setor está envelhecendo e se aposentando, contudo a renovação não se dá no mesmo ritmo. Isso está criando uma lacuna que pode representar um sério risco de gestão da tecnologia num futuro próximo. Uma das conclusões dessa conferência foi a

necessidade de criar mecanismos que atraiam a juventude para o setor, desmistificando a energia nuclear e mostrando sua real importância no desenvolvimento mundial. [17] O despertar do interesse desses jovens certamente passa por uma sala de aula e o que se observa é que o processo de ensino/aprendizagem está constantemente aprimorando seus métodos, procurando uma adequação ao momento vivido.

O Mundo encontra-se em fase de gameficação de processos. O termo gameficação está relacionado ao uso de jogos para promover o engajamento de pessoas e grupos, tanto na relação profissional quanto educacional. O Professor Celso Antunes, em seu livro *Inteligências Múltiplas e seus Jogos*, sugere que “o Lúdico faz com que o aluno interaja mais em sala de aula, fazendo crescer a vontade de aprender. Seu interesse ao conteúdo aumenta e dessa maneira ele realmente aprende o que foi proposto, estimulando o aluno a pensar e não ser um mero repetidor da informação”. [8]

Em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, esta estratégia já é bastante utilizada para despertar o interesse dos alunos e promover condições de aprendizagem mais conectadas com o mundo real e a experimentação. A realidade então, se apresenta como mais uma ferramenta que, por conta de suas particularidades, pode promover uma simulação mais próxima da realidade, colocando o indivíduo imerso na proposta de aprendizagem em que estiver envolvido.

1.3. PROPOSTA

À luz do cenário apresentado, este trabalho propõe a criação de um aplicativo que discuta as externalidades das principais fontes de energia que compõe a matriz energética brasileira de maneira interativa, conceituando essas fontes e traçando paralelos. E sem grandes pretensões ser apenas mais uma ferramenta na busca pela desmistificação do setor nuclear, mas sim colocando ele num contexto de possibilidades factíveis para o alcance de metas ambientalistas e de produção de energia, quebrando falsos paradigmas, e deixando mais fácil que interesses naturais se canalizem para o Setor Nuclear.

1.4. DISTRIBUIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O presente trabalho está distribuído em capítulos, sendo o próximo, Capítulo 2, destinado à apresentação dos objetivos geral e específicos desta dissertação. No Capítulo 3 serão apresentadas as fundamentações teóricas envolvidas, as fontes de energia discutidas e a Realidade Virtual. O Capítulo 4 destina-se à classificação do projeto como um objeto de aprendizagem. No Capítulo 5 ocorre a exposição da metodologia empregada no decorrer do trabalho. No Capítulo 6 serão descritos os testes e os resultados obtidos e, por fim, no Capítulo 7 está a exibição das principais conclusões obtidas do trabalho realizado. A figura 1 apresenta o fluxograma de trabalho, ilustrando como ocorreu as atividades que culminaram nesta dissertação.

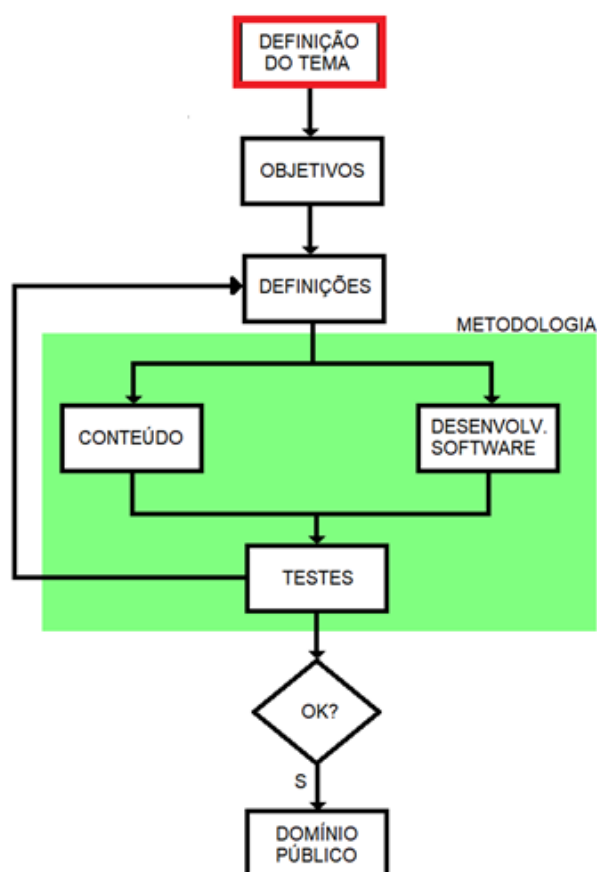


Figura 1: Fluxograma de trabalho

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta de caráter educacional e de divulgação, capaz de apresentar conceitos sobre as principais fontes de energia, seus impactos e suas externalidades. Que auxilie o setor nuclear no processo de desmistificação e contextualizando de maneira real, porém responsável, as outras fontes de energia que compõe a matriz energética brasileira.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar algumas das características das principais fontes de energia que compõe a matriz energética nacional;
- Caracterização da ferramenta gráfica como objeto aprendizagem e de divulgação de conhecimento;
- Levar particularidades da energia nuclear à indivíduos responsáveis pela formação de jovens para que, junto com outras medidas, levem estes últimos a pensar na energia nuclear com perspectivas mais realistas.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. EXTERNALIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

“Externalidades são definidas como efeitos colaterais não intencionais de produção e consumo que afetam positivamente ou negativamente a terceiros”. (Pearse & Tuner, 1990)

É possível observar grande variedade de externalidades no setor elétrico. As mais intuitivas e comumente debatidas externalidades na indústria da eletricidade são aquelas relativas aos impactos ambientais e uso de recursos naturais. Geralmente referem-se aos impactos negativos no meio ambiente a partir da geração elétrica, como emissão de CO₂, uso da terra ou água, mudanças no micro clima, fauna e flora, efeitos eletromagnéticos, terremotos, etc.. Ou ainda o fato de que para construir instalações para gerar energia, podem-se provocar desmatamentos, sedimentações, desvios de rios, etc.

As externalidades que se relacionam com o uso comum de recursos limitados, são recorrentes no setor elétrico. Por exemplo, o uso de petróleo e urânio, que possuem capacidade limitada, não há renovação do combustível, podendo no futuro provocar uma falta de oferta desta energia gerada a partir desses elementos.

Mas também existem as externalidades positivas como as que ocorrem pelo uso generalizado de equipamentos movidos à eletricidade. Por exemplo, para que se possam utilizar carros elétricos há necessidade da criação de infraestrutura capaz de prover pontos de recarga, esses pontos de recarga são pontos geradores de emprego e desenvolvimento.

Portanto é importante analisar as externalidades e considerar qual seria o melhor mecanismo de alocá-las apropriadamente entre os agentes e, para o caso de externalidades negativas, encontrar soluções que eliminem ou pelo menos, reduzam seus efeitos.

Para solucionar problemas de externalidades, ou seja, internalizar e alocar os custos e benefícios associados, na literatura há três classes de soluções:

- Taxa pigouviana, proposta por Arthur C. Pigou (1920), que trata basicamente

da intervenção de uma entidade reguladora estabelecendo apropriadamente uma taxa ou imposto que poderia corrigir as distorções geradas pela externalidade, exemplo: a entidade reguladora IBAMA determina o limite de emissão de CO₂ numa determinada instalação geradora de energia.

- Negociação entre agentes, proposta por Ronald Coase (1960), que é a busca por uma proposta em um contexto de ausência de custos de transação e perfeita definição de direitos de propriedade, que levaria a um resultado ótimo para os agentes envolvidos.
- A construção de um mercado para externalidades, proposta por Kenneth Arrow (1970). O mercado poderia alocar os custos e benefícios através de um sistema competitivo e eficiente de compra e venda de direitos sob as externalidades geradas. Entretanto, sendo o mercado imperfeito e as informações incompletas entre agentes privados e reguladores, seria extremamente difícil definir regras de compensação correta para aqueles afetados negativamente pelas externalidades.

Assim, algumas soluções para solucionar as externalidades já estão sendo implementadas e outras estão por ser desenvolvidas. Os desafios são diversos, que promoverão ainda intensos debates.

No decorrer deste trabalho, as externalidades de cada fonte geradora de energia serão abordadas no seu devido tempo, quando da exposição de cada fonte, suas características e particularidades.

3.2. MATRIZ ENERGÉTICA

3.1.1. CONCEITO

É o conjunto de todos os tipos de energia que um país produz e consome.

3.1.2. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

É uma das mais limpas do planeta. Quase metade da energia (47%) consumida aqui é renovável, ou seja, proveniente de recursos capazes de se refazer em um curto prazo.[15] O número ganha destaque quando comparado à matriz energética mundial, que, em 2007, era constituída de 82% de combustíveis fósseis, que são fontes não renováveis e está formada da seguinte maneira:

- Renováveis – Hidroelétrica, biomassa, solar e eólica.
- Não Renováveis – Nuclear e termoe elétrica.

A figura 2 ilustra a distribuição da matriz energética brasileira.

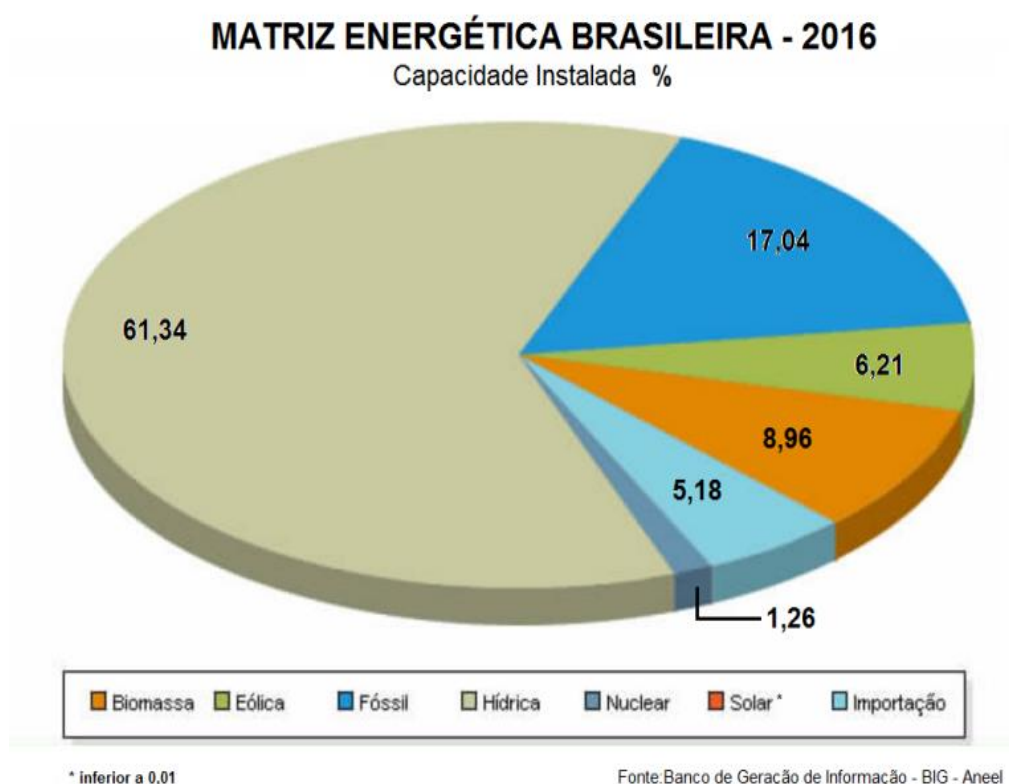


Figura 2: Distribuição da Matriz energética brasileira

3.3. FONTES DE ENERGIA

Serão expostas apenas as fontes de energia que compõe a matriz energética brasileira e que serão apresentadas no objeto final desta proposta.

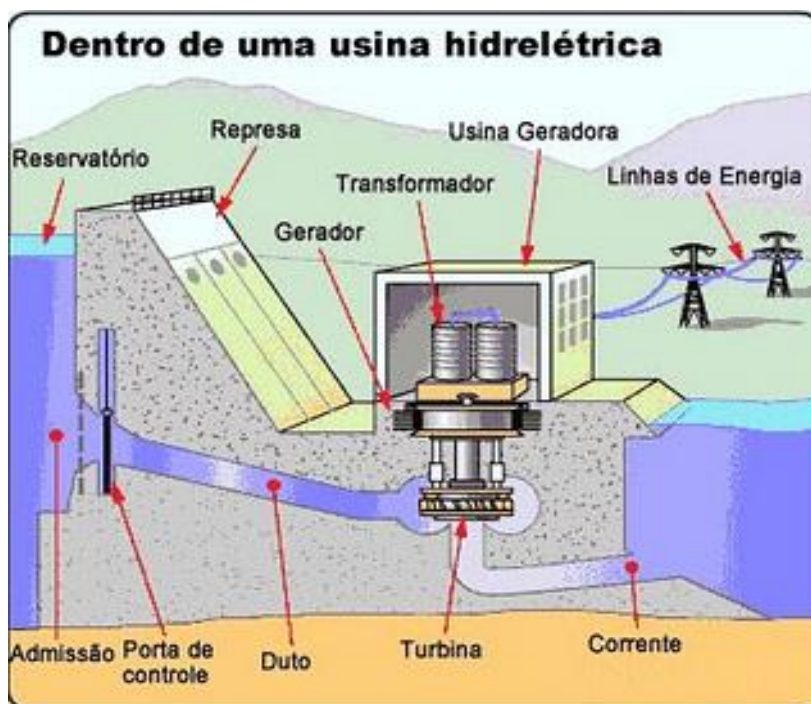
3.3.1. HÍDRICA

A energia hidrelétrica é a obtenção de energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico de um rio. Para que esse processo ocorra é preciso construir as usinas em rios que possuam grande volume de água e que apresentem desníveis em seu curso.

A força da água em movimento é conhecida como energia potencial, essa água

passa por tubulações da usina com muita força e velocidade, realizando a movimentação das turbinas. Nesse processo, ocorre a transformação de energia potencial (energia da água) em energia mecânica (movimento das turbinas). As turbinas em movimento estão conectadas a um gerador, que é responsável pela transformação da energia mecânica em energia elétrica.

A figura 3 apresenta o diagrama de operação de uma usina hidrelétrica.



Fonte: howstuffworks.com (2001).

Figura 3: Diagrama de uma Usina hidrelétrica

Normalmente as usinas hidrelétricas são construídas em locais distantes dos centros consumidores, esse fato eleva os valores do transporte de energia até as cidades.

3.3.2. COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (Termoelétrica)

Forma o grupo de combustíveis fósseis aqueles elementos formados pela decomposição de organismos vivos como o petróleo e seus derivados, o carvão mineral e o gás natural. Atualmente a maior parte da demanda mundial de energia (cerca de 75%) é suprida por meio da utilização de combustíveis fósseis.

A produção de energia se dá pela queima desses compostos orgânicos. Neste processo, quando a queima é completa ocorre a liberação de gás carbônico e água,

isso é um grande problema, pois, desde o século XIX, a concentração de gás carbônico na atmosfera vem aumentando cada vez mais, o que tem intensificado o problema do efeito estufa. Contudo, quando ocorre a combustão incompleta dos combustíveis fósseis, acontece a liberação de monóxido de carbono, um gás extremamente venenoso que não pode ser lançado na atmosfera.

A figura 4 apresenta o diagrama de operação de uma usina termoeletrica que queima combustível fóssil.

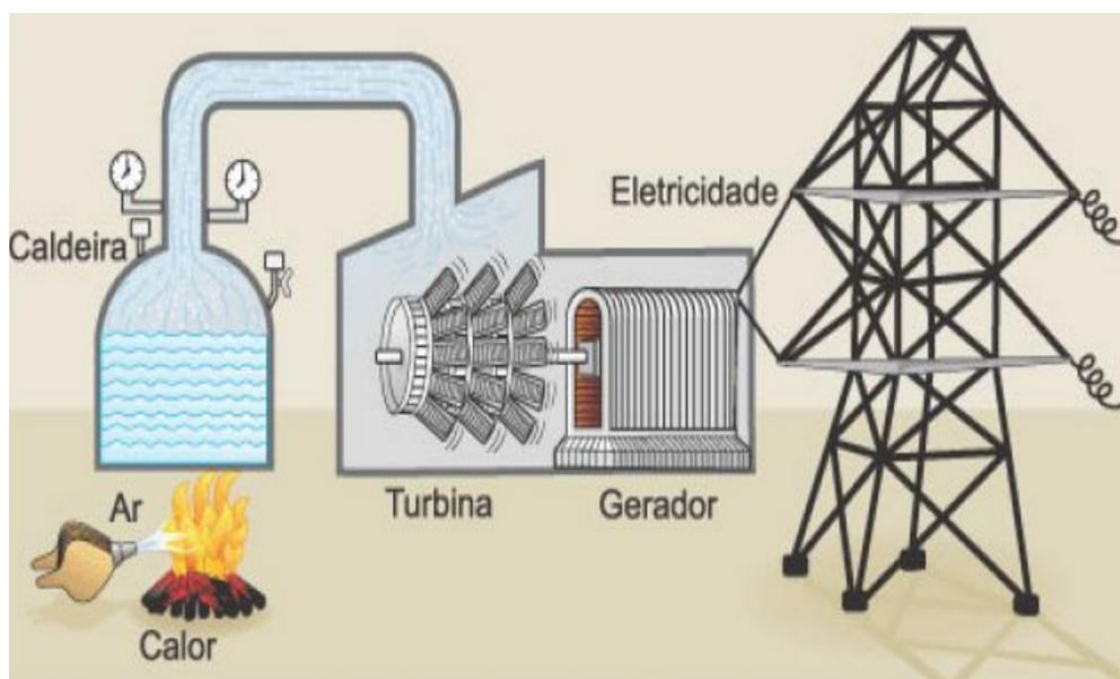


Figura 4: Diagrama de uma Usina termoeletrica

3.3.3. EÓLICA

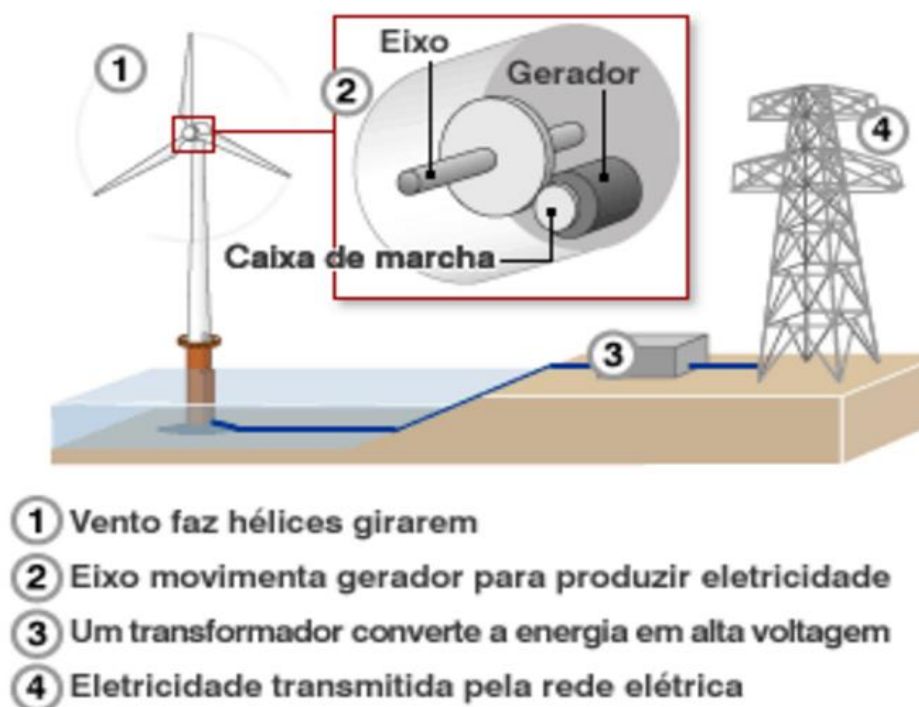
A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e é gerada por meio de aerogeradores. Neles, a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico.

Um sistema eólico pode ser utilizado em duas aplicaçoes:

- Sistemas isolados, que armazenam a energia em baterias, normalmente utilizados em aplicaçoes residenciais e de menor escala;
- Sistemas integrados à rede, que entregam a energia direto para a rede elétrica, normalmente em maior escala e com fins comerciais.

Existe também a aplicação “off-Shore” que é um sistema de produção de energia eólica instalado no mar, que aproveita os ventos fora da costa e utilizam redes elétricas para transmitir a energia para o continente.

A figura 5 apresenta o diagrama de funcionamento de uma usina eólica.



Fonte: CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. 2000. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm (adaptado).

Figura 5: Diagrama de uma Usina Eólica

3.3.4. NUCLEAR

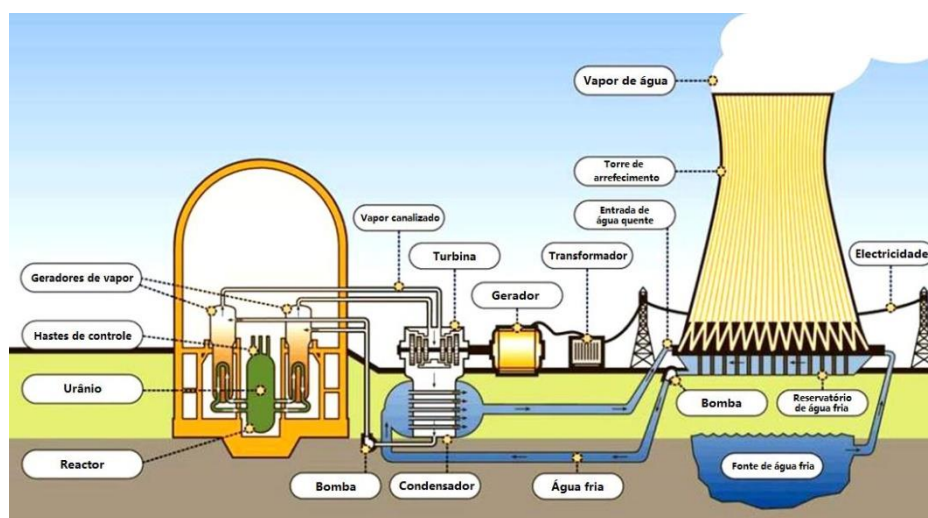
É obtida a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido, liberando uma grande quantidade de energia. A energia nuclear é o que mantém unidas as partículas do núcleo de um átomo, quando ocorre a divisão desse núcleo em duas partes acontece a liberação de grande quantidade de energia. A esta divisão dá-se o nome de fissão. Esta fissão acontece dentro do reator aquecendo a água que passa por ele a uma temperatura em torno de 320 graus Celsius. Para que não entre em ebulição – o que ocorreria normalmente aos 100 graus Celsius -, esta água é mantida sob uma pressão 157 vezes maior que a pressão atmosférica.

O gerador de vapor realiza uma troca de calor entre as águas deste primeiro circuito e a do circuito secundário, que são independentes entre si. Com essa troca de

calor, a água do circuito secundário se transforma em vapor e movimenta a turbina que, por sua vez, aciona o gerador elétrico.

Esse vapor, depois de mover a turbina, passa por um condensador, onde é refrigerado pela água do mar, trazida por um terceiro circuito independente. A existência desses três circuitos impede o contato da água que passa pelo reator com as demais.

A figura 6 apresenta esquematicamente o diagrama de uma usina nuclear.



Fonte: Mundoeducação.com

Figura 6: Diagrama de uma Usina Nuclear

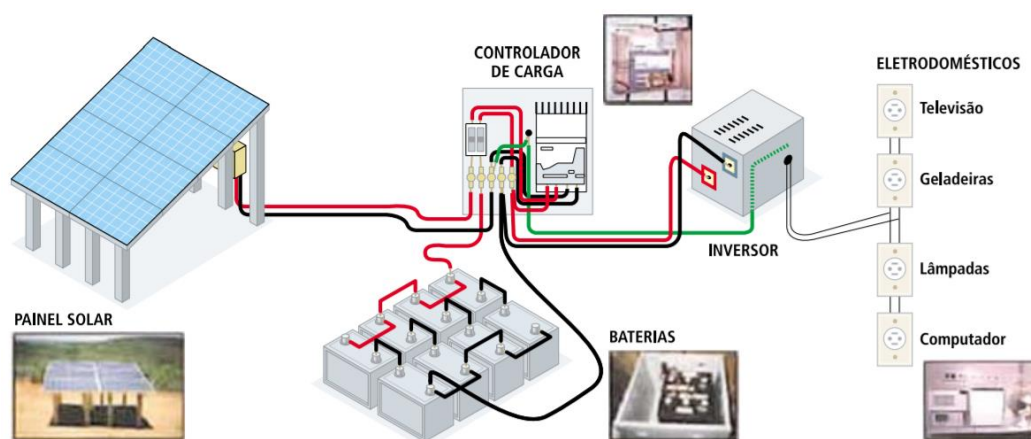
3.3.5. SOLAR

A energia solar é a energia eletromagnética cuja fonte é o sol. Ela pode ser transformada em energia térmica ou elétrica e aplicada em diversos usos. As duas principais formas de aproveitamento da energia solar são a geração de energia elétrica e o aquecimento solar de água.

Para a produção de energia elétrica são usados dois sistemas: o heliotérmico, em que a irradiação é convertida primeiramente em energia térmica e posteriormente em elétrica; e o fotovoltaico, em que a irradiação solar é convertida diretamente em energia elétrica.

Os coletores solares são equipamentos que captam a radiação solar e a convertem em calor, transferindo este calor para um fluido (ar, água, ou óleo, em geral). Os coletores possuem uma superfície refletora, que direciona a radiação direta a um foco, onde está localizado um receptor. Uma vez tendo absorvido o calor, o fluido escoar pelo receptor.

A figura 7 ilustra o diagrama de como a energia solar é obtida.



Fonte: CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. 2000. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm (adaptado).

Figura 7: Diagrama de uma Usina Solar

3.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA FONTE DE ENERGIA

3.4.1. HÍDRICA

Vantagens:

- É uma energia renovável, isto é, que não se esgota;
- A sua confiabilidade a resposta às variações de demanda é elevada;
- O seu custo de produção é baixo e o preço final para o consumidor é mais estável, pois quase não sofre influência externa;
- Não polui o ambiente, pois não ocorre a emissão de gases poluentes significativos no processo de geração de energia;
- Proporciona desenvolvimento local (estabelecimento de vias fluviais, construção de vias de comunicação, fomento de atividades de lazer e de turismo, etc);
- Permite uma forma de abastecimento local para irrigação, melhora a navegação, etc;
- Através da represa pode se regular a vazão de um rio;

Desvantagens:

- Provoca a erosão de solos, os quais consequentemente afetam a vegetação local;

- Pode provocar o deslocamento de populações ribeirinhas;
- A sua construção exige a formação de grandes reservatórios de água que acabam por provocar profundas alterações nos ecossistemas;
- Elevados custos de instalação e de desativação;
- Período de seca pode haver diminuição na capacidade de geração de energia;
- O controle do fluxo é bom para o atendimento à demanda, mas pode ser prejudicial ao ecossistema do rio;
- As florestas inundadas produzem metano em sua decomposição, um gás de efeito estufa prejudicial à atmosfera.

3.4.2. COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (Termoelétrica)

Vantagens:

- Em comparação com usinas hidrelétricas, são mais rápidas para se construir, podendo assim suprir carências de energia de forma mais rápida;
- Podem ser instaladas em locais próximos às regiões de consumo onde realmente forem necessárias, reduzindo o custo com torres e linhas de transmissão;
- São alternativas para países que não possuem outros tipos de fontes de energia.
- Pode utilizar o gás natural como combustível, que é menos poluente que o carvão ou o petróleo.

Desvantagens:

- Quando utilizam combustíveis fósseis (carvão e petróleo) para queimar e gerar energia, há uma grande liberação de poluentes na atmosfera. Estes poluentes são responsáveis pela geração do efeito estufa e do aumento do aquecimento global. Portanto, este tipo de energia é altamente prejudicial ao meio ambiente.
- Outra desvantagem é que o custo final deste tipo de energia é mais elevado do que a gerada em hidrelétricas, em função do preço dos combustíveis fósseis.
- Combustível fóssil utilizado para a queima não é renovado, ou seja, um dia a fonte vai esgotar.

- As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causam a poluição térmica, pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras, destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas.

3.4.3. EÓLICA

Vantagens:

- É inesgotável;
- Não emite gases poluentes nem gera resíduo;
- Diminui a emissão de gases de efeito de estufa.
- É uma das fontes mais baratas de energia, podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais.
- Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado.
- Geração de investimento em zonas desfavorecidas;
- Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem baixa manutenção.
- Retorno de investimento rápido, em seis meses os gastos podem ser recuperados.

Desvantagens:

- A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração;
- Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem;
- Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração;
- Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB(A)). As habitações mais próximas deverão estar, no mínimo, a 200 metros de distância.

3.4.4. NUCLEAR

Vantagens:

- As Usinas Nucleares produzem pouca poluição do ar e não liberam gases que geram o efeito estufa ou chuva ácida;
- Exigência de pequena área para construção da usina, causando pouco impacto ambiental;
- É uma fonte mais concentrada na geração de energia, uma pequena pastilha de urânio pode abastecer uma cidade inteira.
- Grande disponibilidade urânio, elemento usado como combustível, considerado de baixo custo;
- Pequeno risco no transporte do combustível;
- Independência de fatores climáticos para seu funcionamento (ventos; chuvas; sol)
- É uma fonte de energia segura, visto que até a data só existiram dois acidentes mortais.

Desvantagens:

- O rejeito radioativo deve ser armazenado em locais seguros e isolados;
- Custo de implementação mais caro, devido à tecnologia específica e mão de obra mais especializada;
- Acidentes nucleares trazem risco para a população vizinha e pode provocar contaminação da área por um período relativamente longo. Atualmente esses riscos são mínimos por conta de sistemas de segurança mais rigorosos;
- Problemas ambientais, devido ao aquecimento de ecossistemas aquáticos pela água de resfriamento dos reatores.

3.4.5. SOLAR

Vantagens:

- Renovável, ou seja, nunca acaba;
- É uma energia limpa, ou seja, não gera poluentes para o meio ambiente;
- Disponibilidade gratuita do combustível;
- Baixo custo de manutenção dos equipamentos usados;
- É uma excelente fonte de energia em locais não atendidos por outras fontes de energia;

- O equipamento pode ser instalado em residências, baixando o custo da conta de energia elétrica.

Desvantagens:

- Em dias de chuva ou com baixa incidência de sol (dias nublados) ocorre a diminuição na geração de energia. No período da noite não ocorre a produção de energia;
- O custo para compra e instalação dos equipamentos ainda é muito alto no Brasil;
- As usinas de energia solar devem ser instaladas em locais distantes por causa do grande calor gerado no ambiente ao seu redor.
- Alguns críticos da energia solar questionam também as relações em torno da produção dos equipamentos, pois as placas solares demandam uma grande extração de minérios, tais como o zinco. Com a expansão da utilização dessas placas, a demanda por matérias-primas pode tornar-se ainda mais intensa, o que pode contribuir para políticas não sustentáveis na extração dos minerais, causando prejuízos ambientais, isso sem falar nas questões econômicas nos locais de produção. Portanto, o maior uso da energia solar requer também medidas de controle na geração das matérias-primas, para que os impactos naturais não se acentuem.

3.5. REALIDADE VIRTUAL

No início dos anos 90 o desenvolvimento no campo da realidade virtual tornou-se mais forte e o termo Realidade Virtual se tornou bastante popular. Ouviu-se falar em Realidade Virtual em todo tipo de mídia, as pessoas usam esse termo com muita frequência e chegam a abusar dele em muitos casos. A razão disso é porque esta tecnologia fascinante e promissora captura grande interesse das pessoas, muito mais que computação gráfica. A consequência desse fato é que atualmente os limites entre a computação gráfica 3D e a realidade virtual se confundiram. Por este motivo é importante estabelecer alguns conceitos.

3.5.1. DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIAS BÁSICAS

Realidades Virtuais (RV) e Ambientes Virtuais (AV) são usados na comunidade de computação indistintamente. Esses termos são os mais populares, mas existem outros. Apenas para deixar registrado, alguns termos também importantes são: Experiência Sintética, Mundos Virtuais, Mundos Artificiais ou Realidade Artificial. Todos eles representam a mesma coisa:

- “Gráficos interativos em tempo real com modelos em três dimensões, combinados com a tecnologia de tela que dá ao usuário a imersão no mundo modelo e sua direta manipulação.”[Fuch 1992]
- “A ilusão de participação num ambiente sintético ao invés de uma observação externa daquele ambiente. RV depende de uma exibição em 3 dimensões, rastreadores estereoscópicos de cabeça, rastreador de mão e corpo e sons bináris. RV é uma imersão, uma experiência multissensorial.”[Giga 1993]
- “A realidade virtual te deixa navegar e mostrar um mundo em 3 dimensões em tempo real, com seu grau de liberdade.(...) Em essência, a realidade virtual é um clone da realidade física.”[Schw 1995]

3.5.2. NÍVEIS DE INTERAÇÃO EM AMBIENTES DE RV

Envolvimento – descreve o grau de motivação do usuário durante a utilização do ambiente virtual.

Imersividade – relaciona-se à sensação do usuário de estar dentro do ambiente virtual.

Interatividade – corresponde à capacidade do ambiente de, em tempo real, responder as ações executadas pelo usuário dentro do ambiente, proporcionando o sentimento de que esse está interagindo com o ambiente virtual em uso.

3.5.3. AMBIENTES VIRTUAIS

Ambientes virtuais são cenários criados através de técnicas de Realidade Virtual, onde são executadas todas as ações da aplicação. Esses ambientes são “habitados” por personagens virtuais que se deslocam e interagem com o ambiente e com os elementos nele existentes (Stanney, 2002).

Os ambientes virtuais buscam respeitar as leis da física, proporcionando que a interação do usuário com o ambiente virtual seja semelhante à interação humana com o ambiente real equivalente (Augusto, 2007).

As simulações em Realidade Virtual são realizadas nestes ambientes sintéticos, construídos de forma semelhante aos ambientes reais, para fornecer uma semelhança visual respeitando dimensões, proporções, disposição de objetos, metragens, etc.

3.5.4. FERRAMENTA DE MODELAGEM

Uma ferramenta de modelagem destina-se à confecção de objetos virtuais em três dimensões. Entende-se por modelagem tridimensional o processo de desenvolvimento da representação gráfica computacional de superfícies ou objetos tridimensionais. Esses objetos podem ser animados ou estáticos, dotados de diversas características como formas, texturas e estruturas.

Destinadas a centralizar funções necessárias à construção de modelos tridimensionais, as ferramentas de modelagem reúnem diferentes técnicas de construção de malhas como polígonos, vértices e bordas, destinadas a darem formas aos objetos desenvolvidos. Esta flexibilidade permite que o desenvolvedor abstraia a representação matemática de cada modelo, detendo-se na arte visual do objeto modelado (Autodesk, 2010).

O processo de modelagem tridimensional pode ser descrito em algumas fases principais (Calciolari, 2011):

- Modelagem – através de malhas, concedendo formato ao objeto pretendido;
- Iluminação – fornecerá ao objeto modelado as características relacionadas ao posicionamento de luzes e sombras;
- Texturização – destinada a fornecer aos modelos virtuais a textura de suas superfícies;
- Renderização – construção de imagem a partir do modelo virtual tridimensional desenvolvido;
- Animação – fornece ao objeto modelado a capacidade de realizar ações animadas, movimentos, etc. Essa fase é opcional.

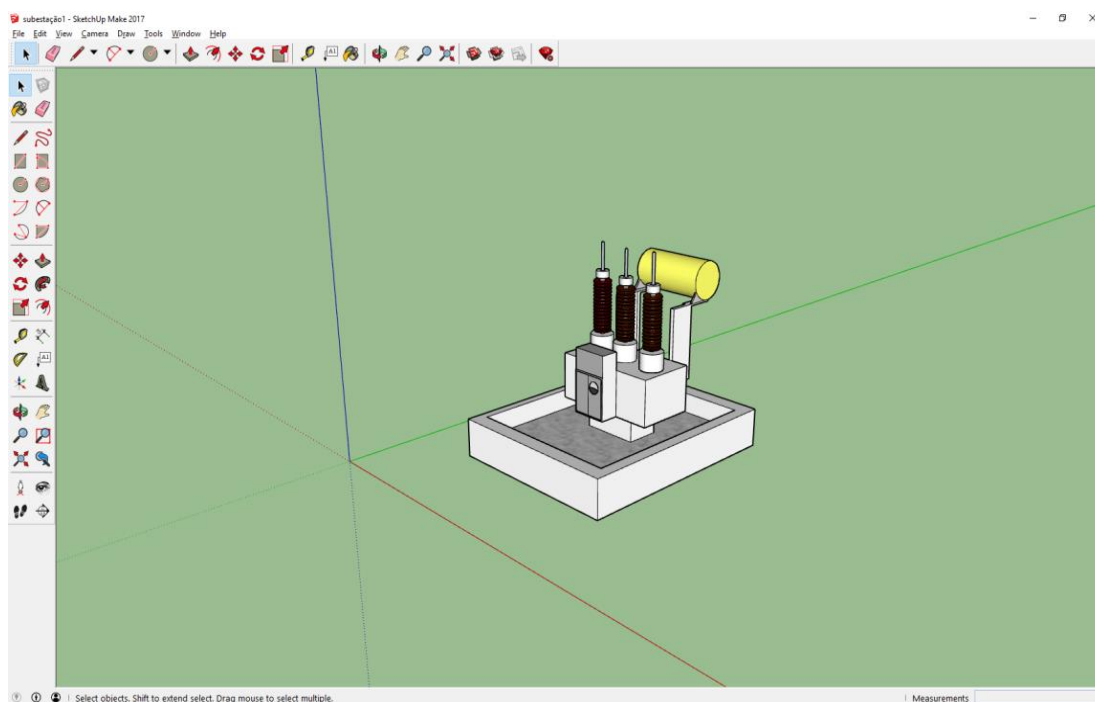
A seguir, é apresentada apenas a ferramenta utilizada neste trabalho.

3.5.4.1. SketchUp - é uma ferramenta CAD (Desenho Auxiliado por Computador) para gerar imagens 3d, muito utilizada por arquitetos, engenheiros e decoradores para visualizarem previamente seus projetos, pois é uma ferramenta de fácil aprendizado (quando comparada com outros softwares 3D como o 3D Studio Max) e integra desenhos 2D e 3D.

É um software da Google, e existem duas versões, a gratuita e a paga. A diferença entre elas é que a paga possui algumas ferramentas a mais que são utilizadas no uso profissional.

Possibilita a publicação de construções, permitindo aos usuários acesso aos projetos desenvolvidos, reduzindo o esforço na criação de estruturas mais complexas.

A figura 8 ilustra uma estrutura sendo modelada na ferramenta SketchUp.



Fonte: Autor

Figura 8: Ferramenta de modelagem SketchUp

3.5.5. FERRAMENTA DE ÁUDIO

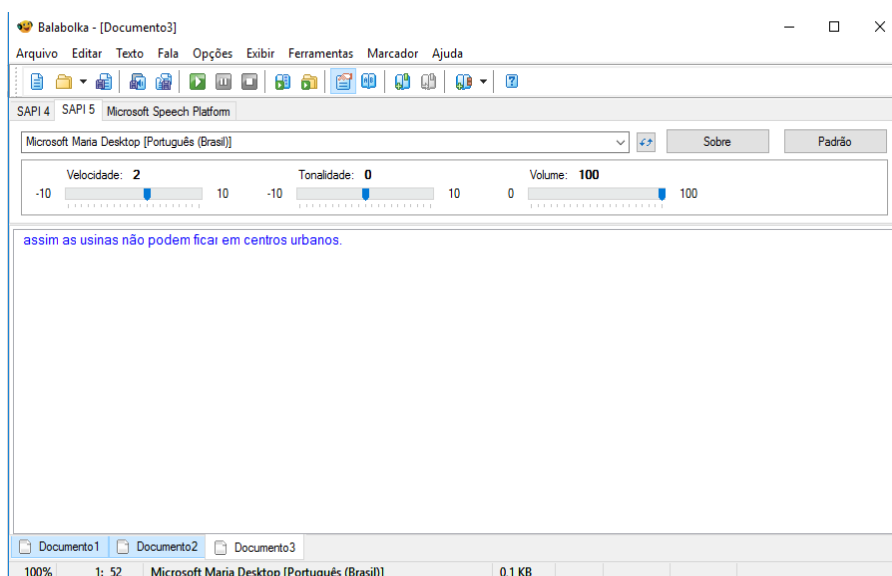
A ferramenta de produção de áudio se destina a criação e edição de arquivos de áudio que serão utilizados pelo jogo. Para a criação das falas que reproduzem as

legendas nas diversas fases, foi utilizada uma ferramenta que usa uma técnica conhecida como TTS (Text To Speech – texto para narrativa) que, inicialmente desenvolvida para auxiliar os deficientes visuais na tarefa de leitura, nada mais é do que a sintetização da fala humana, que converte texto em linguagem normal. Não houve produção de músicas ou efeitos sonoros.

A seguir, é apresentada apenas a ferramenta utilizada neste trabalho.

3.5.5.1. Balabolka - É um programa tipo TTS que converte um texto em arquivo de áudio, permitindo algumas variações de edição para adequar a narração de acordo com o interesse do usuário. Pode ser determinado o idioma, o sexo do narrador, a velocidade da fala, entre outras características.

A figura 9 ilustra a tela de apresentação do aplicativo Balabolka.



Fonte: Autor

Figura 9: Editor TTS Balabolka

3.5.6. MOTORES DE JOGOS

Destinados à produção de jogos eletrônicos, os motores de jogos reúnem diversas funções, bibliotecas e ferramentas necessárias ao desenvolvimento. Também conhecidas como núcleos de jogos e *game engines*, proporcionam aos programadores a centralização dos principais requisitos envolvidos na criação de jogos de forma rápida e integrada.

Os principais recursos encontrados em motores de jogos são o núcleo de renderização de gráficos em tempo real e o núcleo de física e funções destinadas à detecção de colisão. Além desses, os motores de jogos mais utilizados são comumente acompanhados de editores de cenários, ferramentas destinadas à criação e à edição de conteúdo, interpretadores de *scripts*, suporte a animações, suporte à reprodução de áudio e vídeos, comunicação por rede (aplicações *multiplayer*), manipulação de arquivos e funções de inteligência artificial, etc. (Augusto, 2007).

Deve-se salientar que motores de jogos facilitam e agilizam o desenvolvimento de jogos não apenas por sua integração de ferramentas, mas também por possibilitarem a reutilização de conteúdos desenvolvidos (como objetos gráficos, *scripts*, personagens, cenários, etc.) evitando retrabalhos, e permitem a abstração de plataforma de desenvolvimento (possibilitando que um mesmo jogo possa ser compilado e executado em diferentes computadores, vídeo games e arquiteturas).

Diante da gama de ferramentas que constituem os motores de jogos, esses podem ser utilizados para o desenvolvimento de outras aplicações relacionadas à realidade virtual, que também necessitem de gráficos gerados em tempo real como filmes e animações (Trenholme e Smith, 2008).

Atualmente, existem diversos motores de jogos disponíveis, em versões gratuitas e versões proprietárias (com licenças pagas), sendo os mais utilizados a CryEngine 3 (mycryengine.com), o Unreal Engine (unrealengine.com), a Source Engine (source.valvesoftware.com) e o Unity 3D (unity3d.com).

3.5.6.1. Unity 3D - É um dos motores de jogos mais utilizados atualmente. Composto por motor de renderização bidimensional e tridimensional, aliado a funções necessárias ao desenvolvimento de jogos como motor de física, funções de inteligência artificial, ferramenta de modelagens de cenários e funções de controle para iluminação e áudio, fornece, portanto, os subsídios necessários à construção de jogos.

Uma importante característica deste motor de jogos é seu suporte a multiplataformas, que garante a portabilidade dos jogos desenvolvidos. Dessa forma, o programador pode desenvolver suas aplicações abstraindo qualquer característica específica de um sistema operacional ou *hardware*, deixando a cargo da Unity 3D os

ajustes e conversões necessários à compatibilidade. Os jogos atualmente desenvolvidos nesse motor de jogos podem ser portados para IOS, Android, Windows, Blackberry 10, OS X, Linux, PlayStation 3, Xbox 360, Windows Phone 8, Wii e Wii U. Além disso, a portabilidade também atende a execução de jogos em navegadores (web browsers) como Chrome, Safari, Firefox e Internet Explorer, a partir de conversão das aplicações para Flash (Kyaw, Peters e Swe, 2013).

O Unity 3D suporta scripts em três linguagens de programação: Javascript (developer.mozilla.org/en/JavaScript), C# (msdn.microsoft.com/vcsharp) e Boo (boo.codehaus.org). A flexibilidade de opções de linguagem de programação possibilita que o programador escolha a linguagem de sua preferência, e permite ainda a utilização simultânea de scripts de diferentes linguagens em uma mesma aplicação (Goldstone, 2011).

Duas versões de licenciamento desse motor de jogos são disponibilizadas – a versão gratuita, comumente referenciada como Unity, e a versão proprietária (licença paga), conhecida como Unity Pro. As principais vantagens da Unity Pro são recursos e funcionalidades adicionais geralmente destinados ao desenvolvimento de jogos profissionais como suporte à textura 3D, recursos adicionais de animação, *streaming* de vídeos, filtros de áudio, etc.

Diante das características expostas e da facilidade de acesso a documentações e qualidade de seus jogos, essa ferramenta foi a escolhida para o desenvolvimento do presente trabalho.

A figura 10 ilustra a tela de desenvolvimento do motor de jogos Unity 3D.



Fonte: Autor

Figura 10: Motor de jogos Unity 3D

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM

Até agora o aplicativo EFE foi tratado como uma ferramenta de educação, motivação e divulgação a respeito de um assunto específico, a Geração de Energia, suas fontes e externalidades.

Contudo existe outra terminologia para este tipo de aplicativo que ajuda no processo de sua caracterização dentro da contextualização educacional. A pedagogia trata ferramentas desenvolvidas com o propósito de levar informação como Objetos de Aprendizagem.

Longe de entrar no mérito pedagógico do tema, existe a necessidade de um parêntese nesta dissertação para, de forma bem superficial, não obstante responsável, sugerir a tipificação da ferramenta como objeto de aprendizagem.

4.1. CONCEITO

“Um Objeto de Aprendizagem é qualquer recurso, suplementar ao processo de aprendizagem, que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem, termo geralmente aplicado a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos visando a potencializar o processo de aprendizagem onde o recurso pode ser utilizado”. (Tarouco et al., 2003)

Para que um recurso, computacional ou não, seja reconhecido como um objeto de aprendizagem, precisa possuir algumas características e elementos em sua estrutura e operacionalidade, conforme abaixo:[18]

4.1.1. REUSABILIDADE - o objeto deverá ser reutilizável diversas vezes em diferentes contextos de aprendizagem.

4.1.2. ADAPTABILIDADE: adaptável a qualquer ambiente de ensino.

4.1.3. GRANULARIDADE: é o “tamanho” de um objeto. Um OA de maior granularidade é considerado pequeno, ou em estado “bruto”, como a imagem da Mona Lisa ou apenas um texto. Um OA de menor granularidade pode ser uma página web inteira, que combina textos, imagens e vídeos, por exemplo.

4.1.4. ACESSIBILIDADE: acessível facilmente via Internet para ser usado em diversos locais.

4.1.5. DURABILIDADE: possibilidade de continuar a ser usado, independente da mudança de tecnologia.

4.1.6. INTEROPERABILIDADE: habilidade de operar através de uma variedade de hardware, sistemas operacionais e browsers, com intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas.

4.1.7. METADADOS (dados sobre dados): descrevem as propriedades de um objeto, como título, autor, data, assunto, etc. Os metadados facilitam a busca de um objeto em um repositório.

4.2. CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA QUE O APLICATIVO EFE SEJA CONSIDERADO UM OBJETO DE APRENDIZAGEM

Conforme item 4.1., para que o aplicativo EFE seja considerado um objeto de aprendizagem, deve possuir as sete características apresentadas. A seguir, cada característica é reapresentada sob a perspectiva do aplicativo EFE.

4.2.1. REUSABILIDADE - O aplicativo proposto atende esta característica por se tratar de um sistema desenvolvido para ser jogado infinitas vezes, por um ou mais usuários.

4.2.2. ADAPTABILIDADE – O aplicativo EFE se adapta a qualquer ambiente pois pode ser utilizado no todo ou em parte, visando atender à condições e conteúdo programáticos mais específicos. Para tanto, apresenta dois tipos de versão, uma completa, mais elaborada, com recursos de avaliação extras e outra mais simplificada, sem profundas avaliações mas com os mesma oferta de conteúdo programático.

4.2.3. GRANULARIDADE – Possui vários recursos dentro do programa, que pode ser usado por exemplo, apenas como uma animação ilustrativa ou

provocar a interação com o usuário através de um jogo de perguntas e respostas. Assim a sua granularidade se torna menor.

4.2.4. ACESSIBILIDADE – A versão mais leve, chamada de versão light, estará disponível gratuitamente na loja de aplicativos Android para dispositivos com versão daquele sistema a partir de 2.0. Esta versão será monitorada e, havendo necessidade, o aplicativo será apresentado para outras plataformas. A versão mais elaborada, contemplando ferramentas de análise de dados e aproveitamento será disponibilizada via sites reconhecidos como repositórios de objetos de aprendizagem.

4.2.5. DURABILIDADE – Apesar do avanço tecnológico, os dispositivos costumam guardar condições operacionais para softwares desenvolvidos em momentos anteriores às suas atualizações, assim, este aplicativo foi elaborado de maneira a contemplar várias versões de plataformas operacionais sejam elas passadas ou vindouras, além disso, as fontes de energia apresentadas compõe a base da matriz energética brasileira, e são tratadas conceitualmente por isso espera-se pouca ou nenhuma mobilidade dos conceitos básicos, conferindo assim, boa vida útil para o sistema.

4.2.6. INTEROPERABILIDADE – Hoje o EFE está disponível em dois S.O., android e Windows, podendo ter versões para outros sistemas operacionais em atendimento à demanda.

4.2.7. METADADOS – Possui indexadores como o título e assunto, que tornam sua busca viável pelos usuários.

CAPÍTULO 5

METODOLOGIA

5.1. MODELAGEM VIRTUAL DOS AMBIENTES

Cada fonte de energia possui instalações bem específicas de acordo com as características de cada uma. Procurou-se ilustrar nas modelagens apenas as edificações básicas fundamentais para um fácil reconhecimento e a topografia mínima considerada adequada para cada instalação. Na parte explicativa de cada fonte de energia, utilizou-se recursos em 2D, com gráficos de baixa complexidade com o objetivo de trazer essa etapa para um nível de compreensão menos formal, talvez mais adequado ao público infantil.

A figura 11 apresenta a tela em 2D das externalidades da Energia Nuclear.



Fonte: Autor

Figura 11: Tela 2D das externalidades da Energia Nuclear

5.1.1. EDIFICAÇÕES

As edificações foram modeladas no software SketchUp a partir de imagens de domínio público na internet. Os edifícios existentes foram modelados, considerando apenas se assemelhar, e não representar uma cópia fiel, pois embora não se pretenda desmerecer nenhum aspecto da

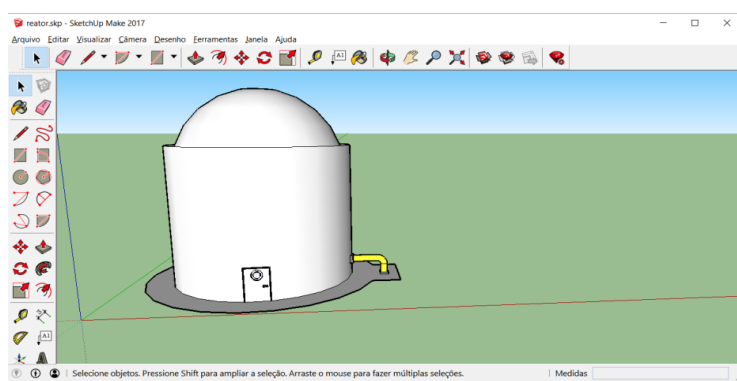
matéria, o objetivo é simplificar o assunto, minimizando as instalações de modo a ser mais objetivo quanto à externalidades de cada fonte de energia. Para que o cenário fosse melhor visualizado, as escalas foram ignoradas, mantendo apenas uma relativa proporcionalidade com a figura do avatar principal.

A maior parte das edificações modeladas no presente trabalho deteve-se à parte externa de cada construção, ou seja, somente as fachadas foram modeladas. Esta técnica, denominada *Poly Modelling*, baseia-se na adição de primitivas simples presente na ferramenta de modelagem como caixas (*box*), até que o objeto desejado seja esculpido em forma semelhante à realidade.

A texturização usada também foi mínima, necessária apenas para melhor ilustrar uma edificação.

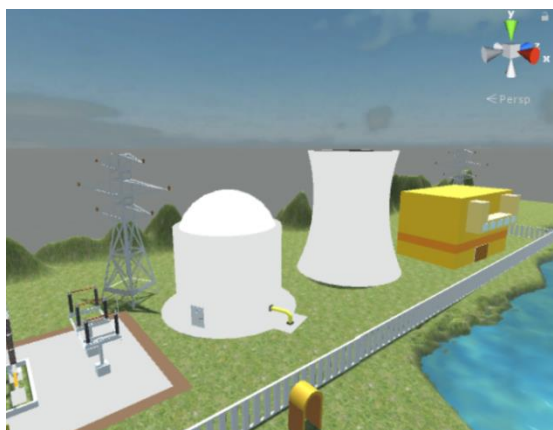
As instalações de fundo, que não são parte integrante dos sítios de geração de energia, foram obtidos em pacotes gratuitos disponíveis na própria ferramenta de desenvolvimento Unity ou SketchUp.

A figura 12 ilustra a modelagem do Reator Nuclear feita no SketchUp, e a figura 13 apresenta este mesmo Reator sendo utilizado para a construção do cenário do jogo.



Fonte: Autor

Figura 12: Modelagem Reator no SketchUp



Fonte: Autor

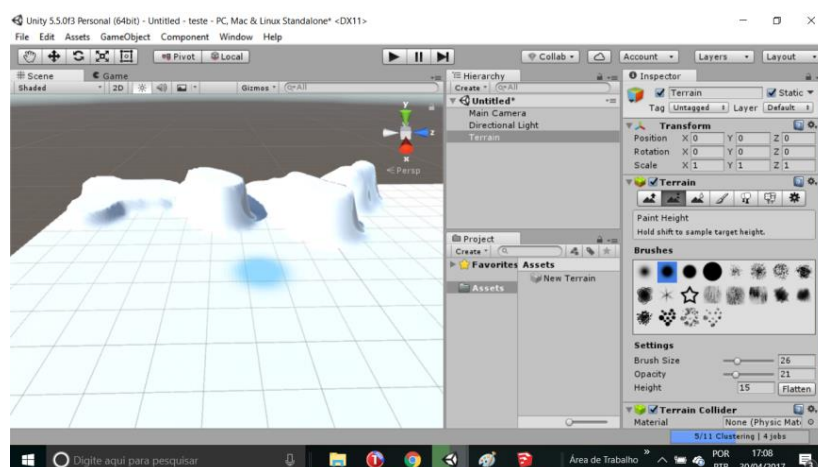
Figura 13: Figura do Reator posicionado no cenário de jogo.

5.1.2. TERRENOS

A modelagem do terreno do ambiente virtual aqui desenvolvido foi realizada no motor de jogos Unity 3D. Partindo de um terreno padrão da ferramenta (sem formas, cores ou texturas), sem a preocupação com medidas e proporções.

Buscou-se representar cenários semelhantes ao real para cada caso. Assim, usinas que utilizam água para resfriamento deveriam ficar próximas de grandes volumes de água (rios e lagos). Montanhas e outros relevos foram colocados de forma, embora aleatória, respeitando sua adequação a captação de energia naquele contexto.

A figura 14 ilustra como é feita a modelagem de um terreno no Unity 3D.

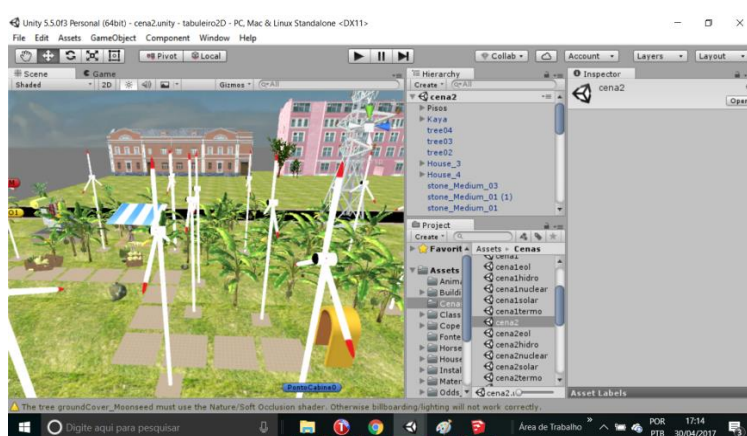


Fonte: Autor

Figura 14: Modelagem do terreno no Unity 3D

Após conclusão do terreno, iniciou-se a fase de inserção de objetos. Tanto as edificações construídas no SketchUp como os objetos genéricos (caixotes, cadeiras, etc.) foram importados, posicionados em seus devidos lugares e escalonados no Unity 3D, deixando-os compatíveis com as proporções utilizadas no terreno. Nesta fase, foram também inseridos itens de vegetação (árvores, gramíneas e arbustos) para conferir maior realismo ao cenário virtual.

A figura 15 apresenta a modelagem do terreno com outros elementos de figuração e textura.

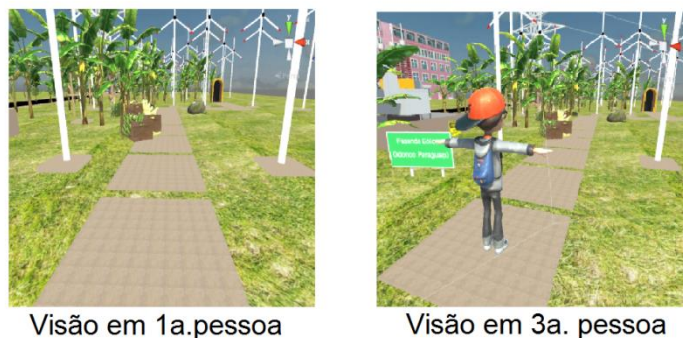


Fonte: Autor

Figura 15: Modelagem do terreno com árvores e outros elementos

Após fornecer ao ambiente virtual as características visuais básicas necessárias, foram inseridos personagens virtuais, também chamados avatares, para realizarem as interações com o cenário. Existem dois principais tipos de visão possíveis para os avatares, em primeira e em terceira pessoa. Avatares em primeira pessoa utilizam o ponto de vista do usuário, como se ambos fossem o mesmo observador. Avatares em terceira pessoa são independentes da visão do usuário, e durante a utilização do ambiente podem ser vistos por completo, como outra pessoa controlada pelo usuário da aplicação.

A figura 16 ilustra uma comparação entre os tipos de visão possíveis em um jogo.



Fonte: Autor

Figura 16: Comparação entre os tipos de visão

5.1.3. PERSONAGENS

Os personagens humanoides que figuram o aplicativo fazem parte do acervo gratuito do Adobe Mixamo disponível na internet. No site é possível baixar mais de 70 figuras com cerca de 300 diferentes animações possíveis.

5.1.4. ELEMENTOS DE FIGURAÇÃO

Para auxiliar no entendimento do conteúdo apresentado, até mesmo para melhor ilustrar alguma característica, é necessário colocar elementos no cenário que ajudem a contar a história, seja este elemento um carro, uma caixa, uma barraca ou mesmo uma placa sinalizadora. Alguns foram criados com o recurso da própria ferramenta de desenvolvimento, Unity3D, e outras criadas com SketchUp, dependendo apenas da complexidade da imagem.

A figura 17 ilustra a modelagem de uma torre de alta tensão no sketchUp.

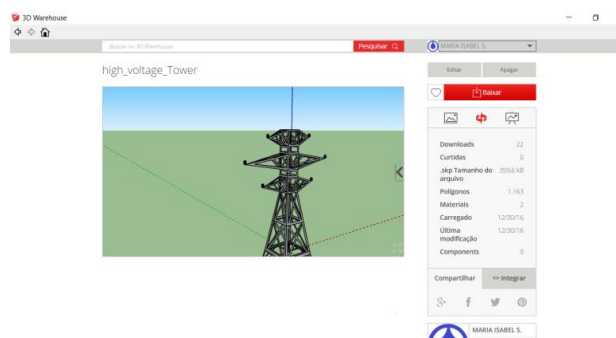


Figura 17: Modelagem da torre de alta tensão no SketchUp

5.1.5. SOM

Os sons utilizados no jogo são de 3 tipos: Músicas, narração e efeitos sonoros.

5.1.5.1. Músicas - Na abertura e algumas passagens do jogo, ocorre uma música de fundo para compor o clima da fase que está sendo jogada. Todas as músicas utilizadas são de domínio público e livre reprodução, baixadas do site Freesound.com.

5.1.5.2. Narração - várias partes do jogo apresentam elementos de média complexidade. Para melhorar o entendimento, o texto que está sendo apresentado também é narrado. Todas as falas usadas como narrativa do jogo foram obtidas por meio da gravação dos textos utilizando a ferramenta TTS Balabolka, disponível gratuitamente na Internet.

5.1.5.3. Efeitos sonoros - para melhor ilustrar e dar leveza ao conteúdo, algumas rotinas são complementadas com sons que caracterizam alguma ação. Todos os efeitos sonoros são de domínio público e livre reprodução, baixados do site Freesound.com.

5.2. IMPLEMENTAÇÕES

5.2.1. LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

A linguagem de programação utilizada para realização de implementações dentro deste núcleo de jogo foi C# (msdn.microsoft.com/vcsharp), pertencente ao Framework .NET, escolhida por sua simplicidade e robustez, por ser orientada a objeto e possuir tipagem segura.

5.2.2. H.U.D. (HEAD UP DISPLAY)

O HUD é composto por elementos que são apresentados na tela para auxiliar e informar o jogador como, por exemplo, barras de energia e indicação

de fase. Basicamente o aplicativo apresenta a seguinte H.U.D. no momento do jogo:

- a - Acertos - Perguntas acertadas pelo jogador;
- b - Vidas - Máxima quantidade de erros permitidos;
- c - Jogada - Quantidade de casas a ser avançadas;
- d - Instruções - Botões para acionar e parar o contador de passos.

A figura 18 apresenta os elementos de apoio usados pelo aplicativo.



Fonte: Autor

Figura 18: H.U.D. do aplicativo

5.2.3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O método de IA utilizado é o Máquina de Estados. Isso porque o estado do jogo e elementos alteram conforme as ações tomadas pelo jogador. Os possíveis estados que os elementos terão são:

5.2.3.1. Desativado: Enquanto os elementos estão fora do alcance da visão do jogador, eles estarão desativados;

5.2.3.2. Patrulha: Elementos autônomos com rotas definidas. Esta rota é definida por uma origem e um ou mais destinos, programados previamente para cada elemento. Um destino é uma área invisível que o elemento deve atingir. Chegando ao primeiro destino, o elemento deve seguir para o próximo destino, ou se a rota acabar, o elemento é desativado ou regressa ao primeiro ponto. Geralmente a patrulha é acionada quando o jogador se aproxima da

origem do elemento em certa distância, definida também para cada elemento. O avatar principal percorre uma trajetória previamente definida, mas seu avanço ou retrocesso irá depender da resposta do jogador. Outros elementos autônomos, como pássaros ou humanoides que figuram o cenário também possuem suas ações predefinidas.

5.3. COLETA DE DADOS

Na busca pela caracterização do aplicativo como uma ferramenta educacional, foi realizada uma demonstração do Jogo à professores, que após a apresentação, responderam um breve questionário baseado na escala Likert.

Os resultados deste questionamento são apresentados no capítulo 6 desta dissertação.

5.3.1. Escala Likert

Ao contrário das perguntas sim/não, a escala de Likert permite medir as atitudes e conhecer o grau de conformidade do entrevistado com qualquer afirmação proposta. [19]

É totalmente útil para situações em que é necessário que o entrevistado expresse com detalhes a sua opinião. Neste sentido, as categorias de resposta servem para capturar a intensidade dos sentimentos dos respondentes.

A escala Likert é representada por uma escala que pode variar de 4 a 10 níveis de intensidade. Quanto maior a escala, melhor será o detalhamento e consequentemente a análise da resposta.

Para este trabalho, foi utilizada uma escala Likert composta de cinco níveis, onde o nível 1 corresponde ao sentimento de não concordar com a afirmação e o 5 de concordar totalmente com a afirmação.

5.3.2. Questionário

Dividido em três partes:

- Formação e idade do respondente (professor, pedagogo, graduado, etc.).
- Respostas fechadas (Escala Likert).
- Respostas abertas (Detalhas ou exemplificar outra resposta).

O respondente deve falar um pouco de sua formação, se nível médio, superior ou pós-graduado.

As perguntas abaixo se encontram na forma de escala Likert para melhor medir a intensidade do conhecimento do respondente sobre cada questão apresentada.

- Afirmações 1 e 2 – Você utiliza objetos de aprendizagem nas suas aulas. Se não, gostaria de utilizar objetos de aprendizagem em suas aulas. O que se pretende com esta afirmação é verificar, mais uma vez considerando o nível de formação do educador, o quanto de objeto de aprendizagem é aplicado em sala de aula.
- Afirmação 3 – Você conhece algum repositório de objetos de aprendizagem. O que se pretende com esta afirmação é a verificar o alcance desses repositórios, para concluir o quanto seria eficaz publicar nesses repositórios dedicados ou se colocar o jogo em uma plataforma pública o tornaria mais interessante.
- Afirmação 4 – Você já utilizou algum objeto contido num repositório. O que se pretende com esta afirmação é a pertinência dos repositórios.
- Afirmação 5 – Você acha que o jogo apresentado serve como objeto de aprendizagem. O que se pretende com esta afirmação é verificar o cumprimento do objetivo desta dissertação.
- Afirmação 6 - Você conhece realidade virtual. O que se pretende com esta afirmação é verificar o quanto o educador está familiarizado com o tema.
- Afirmação 7 – Você gostaria de usar a realidade virtual nas suas aulas. O que se pretende com esta afirmação é verificar o grau de aceitação dos educadores para os assuntos que envolvam RV.

As perguntas abertas complementam algumas afirmações, como citar qual repositório de objeto de aprendizagem o respondente mais utiliza.

Para fazer a tabulação das respostas foi utilizado o recurso matemático e gráfico do Microsoft Excel, instalado na máquina do autor, dentro do pacote profissional oferecido aos usuários de computadores do IEN.

CAPÍTULO 6

TESTES E RESULTADOS

6.1. OS TESTES E AVALIAÇÕES

Como a proposta é oferecer o Jogo como uma ferramenta de aprendizagem, este foi apresentado à professores que avaliaram sua aplicação e caracterização junto ao universo acadêmico infanto-juvenil, ajudando a definir a faixa etária e a escolaridade do público final do jogo. Assim, levou-se aos professores o questionário descrito o item 5.3. e uma versão Android do jogo, executando em tabletes e celulares.

Os dados apresentados aqui representam a primeira fase dessa pesquisa de adequação do jogo, mas já representa um forte avanço no sentido de tornar a ferramenta mais acessível e realmente útil para professores e alunos.

Esta primeira fase, na verdade, representou não só uma fase para adaptação do jogo, mas também do questionário utilizado para obter os dados que ajudarão a concluir definitivamente a aplicabilidade da ferramenta, identificando a forma mais apropriada para abordar os professores, elaborando perguntas que tenham como resposta o real interesse da proposta.

6.1.1. Os Testes do Jogo

Trinta e um professores tiveram acesso ao jogo instalado em celulares e tabletes pertencentes ao PPGIEN e tiveram a oportunidade de realizar uma exploração assistida, para implementar maior dinamismo à pesquisa. Tiveram oportunidade de conhecer o conteúdo ilustrativo do tema e depois explorar o jogo proposto, de perguntas e respostas.

Houve dois grupos de professores distintos. Um grupo bastante homogêneo, formado por professores que são alunos de pós graduação. Este grupo teve um entendimento bastante parecido em relação ao exposto. O outro grupo era um pouco mais heterogêneo, formado por professores, na sua maioria apenas com formação clássica (Normal), que lecionam em uma pequena escola de bairro. Este grupo, em função da diversidade experiências

vividas, apresentou respostas mais simples, menos elaboradas, mas também bastante relevantes para entender o cenário da Energia Nuclear e a RV dentro de um contexto acadêmico.

Não houve distinção entre os grupos na hora de compilar os dados porque o fator que os uni, na verdade, é o real objeto deste estudo, que é o fato de serem professores de crianças e jovem. Por isso os dados aqui apresentados referem-se ao grupo como um todo.

6.1.2. O Resultado Inicial do Questionário

Para definir estratégias de melhoramento e de adequação, os professores responderam as questões apresentadas no item 5.3. e as respostas obtidas são apresentadas abaixo. A escala Likert ficou prejudicada por conta da formulação errônea dos questionamentos, por isso as respostas obtidas apresentaram características de respostas binárias (sim/não).

6.1.2.1. Primeiro questionamento: Você utiliza objetos de aprendizagem nas suas aulas

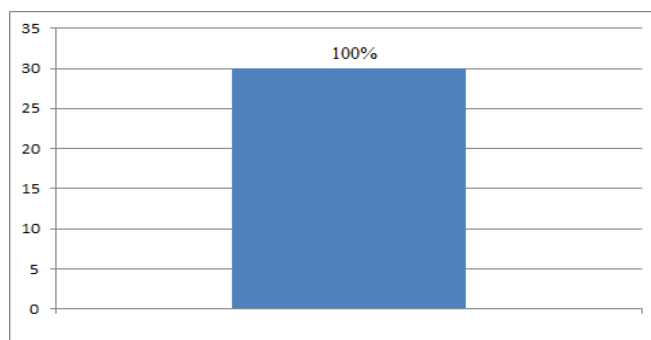


Figura 19: Gráfico sobre utilização de O.A. em sala de aula

Este primeiro questionamento já apresentou um erro de formulação. Faltou especificar o tipo de objeto de aprendizagem, pois todos os professores tem o entendimento que qualquer material usado em sala de aula com o objetivo de transmitir o conhecimento, é um objeto de aprendizagem. Para isso deveria especificar que o objetivo é saber quanto ao uso de objeto de aprendizagem digital, por exemplo. Assim, esta resposta ficou prejudicada e apresentou um resultado pouco importante ao estudo.

6.1.2.2. Segundo questionamento: Se não, você gostaria de utilizar objetos de aprendizados em suas aulas.

Como esta questão é complemento da primeira, que já apresentou problemas, é obvio que esta se tornou não aplicável.

6.1.2.3. Terceiro questionamento: Você conhece algum repositório de objeto de aprendizagem.

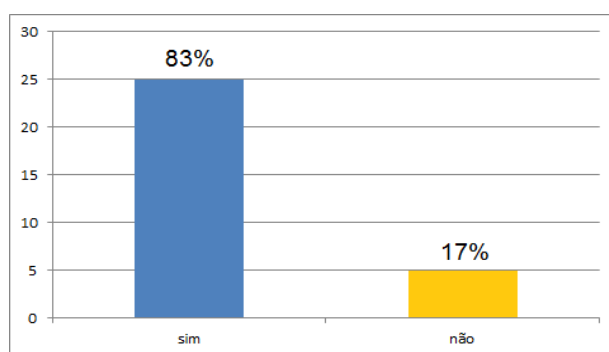


Figura 20: Gráfico sobre conhecimento de repositórios de O.A.

Esta questão mostrou que embora não seja ainda uma realidade absoluta em sala de aula, os repositórios podem sim, ser usados como canais de acesso à comunidade acadêmica quando o interesse é apresentar uma ferramenta para auxiliar na propagação de uma informação.

6.1.2.4. Quarto questionamento: Você já utilizou material desses repositórios

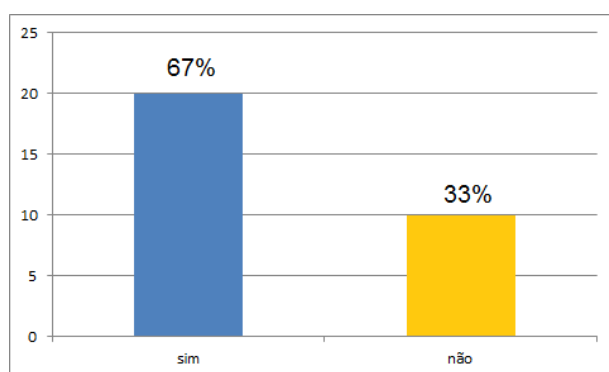


Figura 21: Gráfico sobre utilização de material de repositório de O.A.

Esta questão aponta para um fato bastante interessante, a eficácia em se publicar um conteúdo em um repositório. Essa resposta não foi pior porque parte dos entrevistados pertence à um Grupo de ensino conhecido como Positivo. Este Grupo possui um repositório próprio, onde os professores buscam suas aulas com a finalidade de manter uniformidade entre eles, e assim preservar as premissas do Grupo e sua metodologia. É claro que isso poderá se evidenciar em próximas etapas da pesquisa, mas acredito que faltou complementar esta pergunta com acessibilidade, fato que deve ser corrigido nos próximos questionamentos,

6.1.2.5. Quinto questionamento: Você acha que o jogo apresentado serve como objeto de aprendizagem

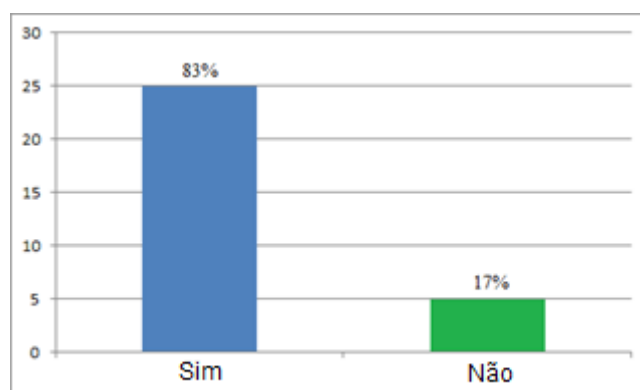


Figura 22: Gráfico sobre caracterização do jogo como O.A.

Embora alguns educadores ainda resistam ao que se torna tendência mundial, a gameificação das rotinas educacionais, nesta análise superficial já se pode observar a aplicabilidade do Jogo EFE como objeto de aprendizado, ou seja, atendendo ao principal objetivo deste trabalho.

6.1.2.6. Sexto questionamento: Você conhece realidade virtual

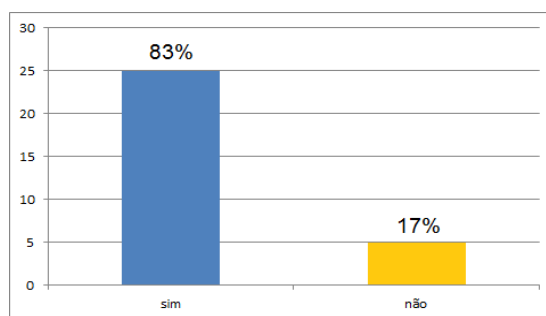


Figura 23: Gráfico sobre conhecimento de RV.

Aqui, mais uma vez, talvez fosse interessante observar o questionário de forma mais detalhada. Entre o grupo de professores que estavam fazendo pós-graduação o indicador bateu 100%, ou seja, todos conhecem RV. Infelizmente não foi o observado entre os professores apenas com a formação normalista, por isso o indicador teve o resultado acima. Foram observados que apenas 50% daquele universo teve algum contato com RV, e quase todos de forma incipiente. Após a apresentação do Jogo através dos óculos de RV a reação foi de deslumbre quase que em todos os casos.

6.1.2.7. Sétimo questionamento: Você gostaria de usar a RV em algum tema.

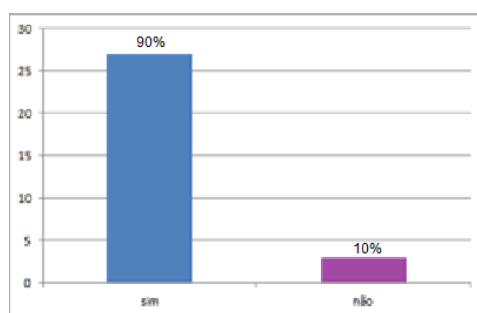


Figura 24: Gráfico sobre utilização de RV em sala de aula.

Nesta questão a unanimidade só não foi alcançada por conta de compreensivo conservadorismo de alguns professores em aguardar uma completa aceitação da comunidade a que pertencem e consequente recomendação quanto ao uso de novas ferramentas de ensino.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs a verificação da viabilidade do uso de um jogo computacional para ser utilizado como objeto de aprendizagem de maneira que a energia nuclear pudesse ser apresentada entre as outras fontes de energia, traçando paralelos e proporcionando ao indivíduo a oportunidade de ver a energia nuclear como uma alternativa concreta dentro da matriz energética brasileira no sentido de cumprir os acordos ambientais internacionais, e porque não, o compromisso moral com as futuras gerações.

O primeiro objetivo, o de desenvolver a ferramenta, foi cumprido em alguns meses, e o resultado foi sua apresentação em duas plataformas digitais, Windows e Android. A primeira voltada para um público mais acadêmico, pois disponibiliza recursos de avaliação estatísticos que podem orientar as aulas dos professores. A segunda tem um caráter menos pretensioso, direcionado à qualquer indivíduo com um celular ou tablete Android, não devendo ficar limitado aos repositórios de educação, mas também incluídos e disponibilizados gratuitamente em sítios de busca e baixa de arquivos mais amplos, como o Google Store.

O segundo objetivo, o de verificar se o jogo desenvolvido pode ser classificado como um objeto de aprendizagem. Conforme apresentado no item 4.4., o Jogo EFE atende aos requisitos considerados essenciais para que uma ferramenta seja considerada objeto de aprendizagem. Faltava então, leva-lo àqueles que possuíam na prática, real condição de avaliar o jogo.

O terceiro e não menos importante objetivo, o de verificar sua aplicabilidade junto aos professores. Durante dois meses foram ouvido professores do ensino fundamental e médio. Esse primeiro contato teve o objetivo de testar o jogo e a abordagem junto aos professores. Várias respostas foram obtidas nesta fase preliminar como, talvez a principal de que o Jogo tem características importantes e fundamentais para exercer sua função maior que é a de levar a informação ao público jovem. Assim, o objetivo maior deste trabalho, o de mostrar a energia nuclear não como uma vilã, como muitas vezes ela aparece, mas como de fato é, uma alternativa factível para as futuras gerações e que os mitos em torno dela são, como não

poderia deixar de ser, somente mitos.

7.1. TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se:

1. Finalização de novas fases do Jogo EFE para RV;
2. Implementar nova pesquisa, agora com questionário corrigido, a fim de coletar mais e melhores impressões sobre o trabalho e o uso da RV na educação;
3. Analisar os dados que podem ser coletados através do jogo apresentado em computador, com estatísticas elaboradas junto ao consumidor final, o aluno.
4. Desenvolver um jogo dinâmico, estilo Real Life, capaz de alcançar um público mais velho, considerando fatores econômicos e sociais que impactam na implantação de uma usina de produção de energia, independente do combustível.
5. Possibilitar uma interatividade maior entre jogador e avatar, proporcionando maior imersão na realidade apresentada.
6. Desenvolver um jogo em RV que viabilize uma visita à uma usina nuclear com um olhar mais infantil, abordando o tema de maneira bem elementar, informando aspectos importantes sem perder a simplicidade que o conteúdo infantil precisa.
7. Assim como no item anterior, desenvolver um jogo em RV que mostre a aplicação da energia nuclear no cotidiano das pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Código de Prática para a Gestão da Segurança da Informação**. NBR ISO/IEC 17799. São Paulo. 2001.
- [2] CHATAM, R.E. *Games for training*. **Communications of the Association for Computing Machinery**, v.7, p. 36–43. 2007.
- [3] FRANCIS, G. A.; TAN, H. S. **Virtual Reality as a training instrument**. In *The Temasek Journal*, v. 7, p.4-15, 1999.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Status and Trends In Nuclear Education**. NG-T-6.1., 2011.
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The Impact Of Knowledge Management Practices In NPP Organization Performance – Results of a Global Survey**. 2013.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The Nuclear Power Industry's Ageing Workforce: Transfer of knowledge to the next generation**. 2004.
- [7] BOOG, G.G. **Manual de Treinamento e Desenvolvimento: Processos e Operações**. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.
- [8] ANTUNES, C. **Inteligências Múltiplas e Seus Jogos: Inteligência especial** (V.4). Editora Vozes, Petrópolis, 2003.
- [9] HORACHEK, D. **Creating E-Learning Games With Unity**. PacktPub, Birmingham – UK, 2014.
- [10] MÓL, ACA. et al., **Virtual Reality for scientific dissemination of nuclear energy benefits**, Instituto de Engenharia Nuclear, RJ, 2013d.

- [11] SMITH, M., QUEIROZ, C., **Unity 4..x Cookbook**. 1 ed. Packt Publishing, 2013.
- [12] STANNEY, K. M. **“Handbook of virtual environments: design, implementation and applications”** New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- [13] TRENHOLME, D.; SMITH, S. P. **Computer Game Engines for Developing FirstPerson Virtual Environments**. Virtual Reality, 2008.
- [14] UNESCO. **Políticas Culturais para o Desenvolvimento Uma base de dados para a cultura**. Brasília: UNESCO BRASIL, 2003. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001318/131873por.pdf>.
- [15] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. **Resenha Energética Brasileira: Exercício 2016**. Brasília-DF, 2017.
- [16] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, **Energia Nuclear e Suas Aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.
- [17] GODDNIGHT, C.T. Human Resource Requirements for Nuclear Power Operating Organizations. On International Conference on Human Resource Development for Nuclear Power Programmes. Austria. 2014.
- [18] TAROUÇO, L.M.R. **Objetos de Aprendizagem: teoria e prática**. Evangraf. Porto Alegre, Brasil, 2014.
- [19] LLAURADÓ, O. Escala Likert: O que é e como utilizá-la. Gauss Consulting Group. São Paulo, Brasil, 2015.
- [20] LEGEY, AP., MÓL ACA., et al. **FRAMEWORK PARA DESENVOLVIMENTO DE JOGOS COMPUTACIONAIS EDUCATIVOS**. Revista de Ciencia e Tecnologia, 2013.

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO

JOGO Externalidades de Fontes de Energia (EFE)

Formação:

- () nível médio (normal)
- () nível superior _____
- () Pós graduação: _____

Responda, numa escala de 1(discordo totalmente) a 7(concordo totalmente), qual o seu grau de concordância com as seguintes afirmações:

PESQUISA	1	2	3	4	5	6	7
1- Você utiliza objetos de aprendizagem nas suas aulas.							
2- Se não, você gostaria de utilizar Objetos de aprendizagem na sua aula.							
3- Você conhece algum repositório de objeto de aprendizagem.							
Cite:							
4- Você já utilizou material desses repositórios.							
5- Você acha que o jogo apresentado serve como objeto de aprendizagem.							
6- A partir de que série você acredita que ele seria útil?							
Você tem alguma crítica em relação ao jogo?							
7- Você conhece realidade virtual.							
8- Você gostaria de usar a realidade virtual em algum tema.							
Cite:							

APÊNDICE II

Captura das telas do jogo



Figura 1 - Tela de abertura do jogo



Figura 2 – Personagem apresenta jogo



Figura 3 – Apresentação das perguntas



Figura 4 – Nível 1: Energia eólica



Figura 5 – Nível 2: Energia solar

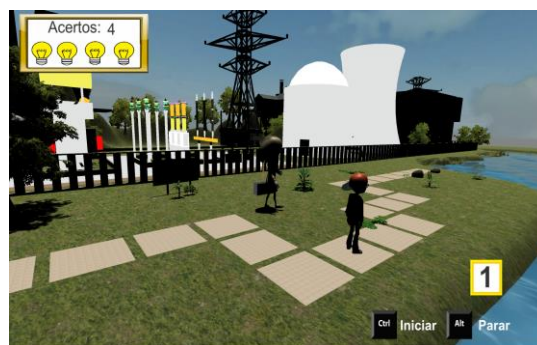


Figura 6 – Nível 3: Energia nuclear



Figura 7 – Nível 4: Energia hídrica



Figura 8 – Energia Termo fóssil



Figura 9 – Tela de resultados

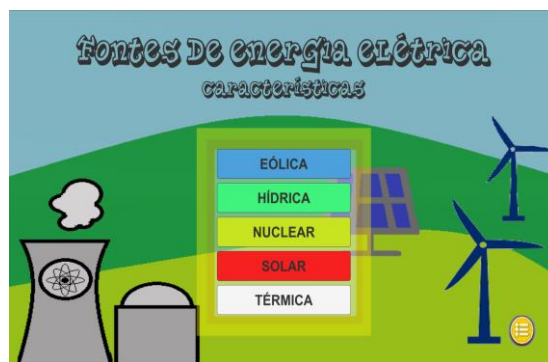


Figura 10: Tele do menu de conceitos

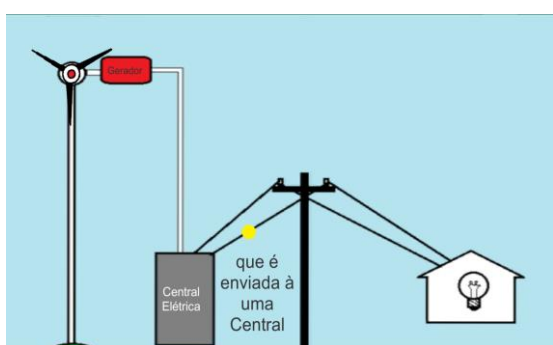


Figura 11: Conceitos da produção de energia eólica



Figura 12: Conceitos de externalidades da energia eólica

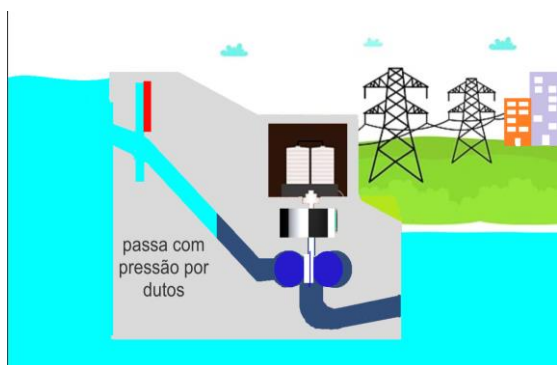


Figura 13: Conceitos da produção de energia hídrica



Figura 14: Conceitos de externalidades da energia hídrica

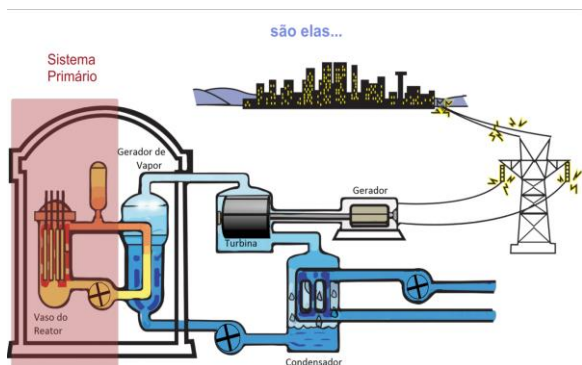


Figura 15: Conceitos da produção de energia nuclear



Figura 16: Conceitos de externalidades da energia nuclear

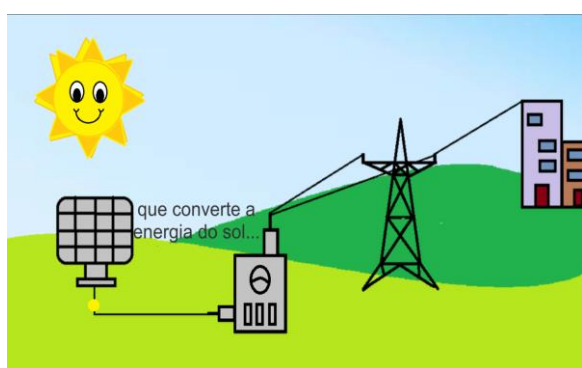


Figura 17: Conceitos da produção de energia solar

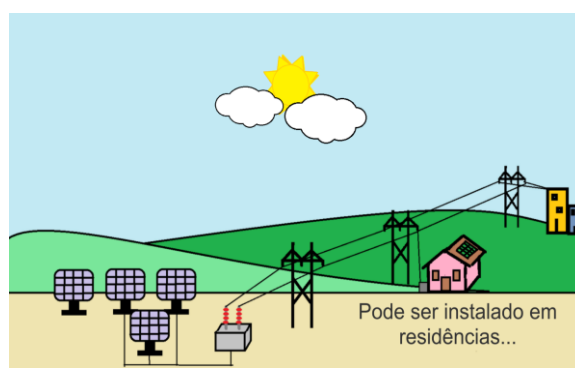


Figura 18: Conceitos de externalidades da energia solar

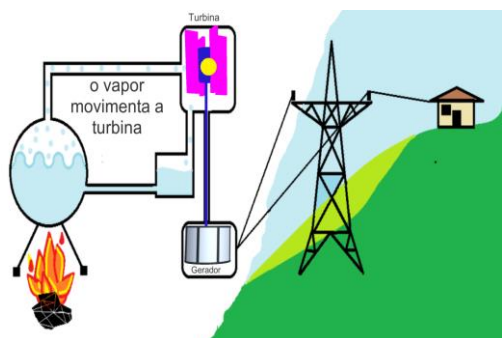


Figura 19: Conceitos da produção de energia termo fóssil



Figura 20: Conceitos de externalidades da energia termo fóssil