

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**SIMULADOR DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA PARA ENSINO DE PRINCÍPIOS  
BÁSICOS DE ELETRICIDADE**

HUDSON AFONSO BATISTA DA SILVA

**DM 08/2017**

UNIFESSPA/UFPA/PPGEE

Marabá-Pará-Brasil

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**HUDSON AFONSO BATISTA DA SILVA**

**SIMULADOR DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA PARA ENSINO  
DE PRINCÍPIOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE**

**DM 08/2017**

UNIFESSPA/UFPA/PPGEE

Marabá-Pará-Brasil

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**HUDSON AFONSO BATISTA DA SILVA**

**SIMULADOR DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA PARA ENSINO DE PRINCÍPIOS  
BÁSICOS DE ELETRICIDADE**

Dissertação submetida à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFPA para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica na de Computação Aplicada.

UNIFESSPA/UFPA/PPGEE

Marabá-Pará-Brasil

2017

---

Silva, Hudson Afonso Batista da, 1989-

Simulador de uma subestação elétrica para ensino de princípios básicos de eletricidade / Hudson Afonso Batista da Silva. - 2017.

Orientador : Manoel Ribeiro Filho

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2017.

1. Subestações elétricas – simulação por computador. 2. Eletricidade – ensino auxiliado por computador. 3. Sistemas de energia elétrica - testes.  
I.Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**SIMULADOR DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA PARA  
ENSINO DE PRINCÍPIOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE**

AUTOR: HUDSON AFONSO BATISTA DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ E JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA NA ÁREA DE COMPUTAÇÃO APLICADA.

APROVADA EM \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Manoel Ribeiro Filho- FACEEL/ UNIFESSPA  
Orientador

---

Prof. Dr. João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa  
(Avaliador Interno – PPGEE/UFPA)

---

Prof. Dr. Elias Fagury Neto  
(Avaliador Externo ao Programa – FACEEL/UNIFESSPA )

VISTO:

---

Prof. Dr. Evaldo Gonçalves Pelaes  
(Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de Agradecer a Deus em primeiro lugar, e posteriormente agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), que em parceria com a Universidade Federal do Pará (UFPA) e Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) me proporcionaram a oportunidade de fazer esta pesquisa através do Professor Manoel Ribeiro, que nos instigou para que o trabalho fosse desenvolvido. Agradecer também a Eletronorte/Eletrobrás Marabá, na pessoa do senhor Marcio Farias e José Renato, pelos materiais concedidos e as explicações a respeito de procedimentos na subestação de Marabá.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto e implementação de um simulador, composto de uma parte em software e outra em hardware, para o auxílio do professor no ensino de princípios de eletricidade e operação básica de uma subestação, tendo como caso de uso a subestação da Eletronorte no município de Marabá localizada na região Sudeste do estado do Pará. Para o desenvolvimento do simulador foram utilizados em conjunto a plataforma Unity em 2D e um mini circuito utilizando Arduino. O Simulador passou por avaliações em sala de aula com alunos e com o professor e se mostrou uma ferramenta capaz de auxiliar ao ensino de princípios básicos de eletricidade e operação básica de uma subestação.

**PALAVRAS-CHAVES:** Simuladores, Arduino, Educação, Subestação.

## ABSTRACT

This work presents the design and implementation of a simulator, composed of a part in software and a part in hardware, to help the teacher in the teaching of electricity principles and basic operation of a substation, using as a case of use the Eletronorte substation in the Municipality of Marabá located in the Southeast region of the state of Pará. For the development of the simulator were used together the Unity platform in 2D and a mini circuit using Arduino. The Simulator underwent classroom evaluations with students and the teacher and proved to be a tool capable of assisting in the teaching of basic principles of electricity and basic operation of a substation.

**KEYWORDS:** Simulators, Arduino, Education, Substation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1 – Exemplo ilustrativo de uma Subestação de Energia Elétrica**

**Figura 2 – Exemplo Ilustrativo de um Simulador Automobilístico**

**Figura 3 - Simulador da área de Física**

**Figura 4 - Simulador de Trânsito**

**Figura 5 - Simulador de Trânsito**

**Figura 6 - Simulador de Usina Eólica**

**Figura 7 - Interface SUEL**

**Figura 8 - Interface de uma Tela do SUEL**

**Figura 9 - Processo de Design Instrucional**

**Figura 10 - Níveis de avaliação**

**Figura 11 - Modelo de Avaliação ARCS**

**Figura 12 - Modelo de avaliação ARC (Modificado)**

**Figura 13 – Esquema Geral de Funcionamento do Simulador**

**Figura 14 - Interface do Unity**

**Figura 15 - Funções do Unity**

**Figura 16 - Project View**

**Figura 17 - Hierarchy view**

**Figura 18 - Scene view**

**Figura 19 - Inspector view**

**Figura 20 - Criação de scripts**

**Figura 21 - Plataforma Arduino**

**Figura 22 - Placa Arduino Uno**

**Figura 23 - Menu Inicial do Simulador**

**Figura 24 - Menu introdução**

**Figura 25 - Vídeo Introdução**

**Figura 26 – Vídeo sobre Disjuntores**

**Figura 27 - Chaves Seccionadoras**

**Figura 28 - Transformadores**

**Figura 29 - Ambiente Principal (Simulador)**

**Figura 30 - Execução de Comandos**

**Figura 31 – Simulador (Hardware + Software)**

**Figura 32 - Aplicação da Aula com Simulador**

**Figura 33 - Aplicação da Aula com Simulador**

**Figura 34 - Avaliação Simulador (Software)**

**Figura 35 - Avaliação Simulador (Hardware)**

**Figura 36 - Avaliação Conteúdo**

**Figura 37 - Avaliação Praticidade**

**Figura 38 - Avaliação sobre Conhecimento de Subestações**

**Figura 39 - Avaliação de Correlação com o Curso**

**Figura 40 - Avaliação quanto ao aprendizado**

**Figura 41 - Avaliação quanto ao atendimento das expectativas**

**Figura 42 - Avaliação quanto a organização da Aula**

**Figura 43 - Avaliação quanto a Participação**

**Figura 44 - Sugestões e Melhorias**

**Figura 45 - Gráfico de Ida a Subestação**

**Figura 46 - Gráfico de Erros e Acertos Pré e Pós Teste**

**Figura 47 - Respostas avaliação Professor**

**Figura 48 - Avaliação (Motivação)**

**Figura 49 - Avaliação (Aprendizagem)**

LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 - Estratégia Instrucional**

**Tabela 2 - Opiniões de uso do Simulador**

**Tabela 3 - Ida a Subestação**

**Tabela 4- Erros e Acertos Pré e Pós Teste**

**Tabela 5 - Conteúdos esclarecidos**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 MOTIVAÇÃO.....	17
1.2 OBJETIVO GERAL.....	18
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	19
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	21
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1.1 O Uso De Simuladores Na Educação .....	23
2.1.2 Um Método Para Motivar A Participação Em Sala De Aula.....	24
2.2 TRABALHOS RELACIONADOS .....	25
2.2.1 Simulador na disciplina de Física.....	25
2.2.2 Simulador de Transito .....	26
2.2.3 Ferramenta Computacional Didática Em 3d Para Simulação De Controle De Potencia .....	27
2.2.4 Suel Ferramenta Didática De Subestações Elétricas .....	28
2.3 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO .....	30
<b>3. METODOLOGIA E FERRAMENTAS</b> .....	42
3.1 METODOLOGIA .....	42
3.2 FERRAMENTAS .....	43
3.2.1 UNITY 2D.....	43
3.2.1.1 Barra de Tarefas .....	45
3.2.2 ARDUINO .....	51
<b>4. PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA</b> .....	55
4.1 ANÁLISE .....	55
4.1.1 Meta Instrucional .....	55
4.1.2 Analisar Aprendizizes e Contexto.....	55
4.1.3 Objetivo de Desempenho .....	55
4.2 PROJETO .....	55
4.3 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO .....	56
4.3.1 - Motivação .....	56
4.3.1– Os Ambientes .....	57
4.4 EXECUÇÃO .....	64
<b>5. RESULTADOS</b> .....	67

5.1 AVALIAÇÃO SOBRE A AULA E SUGESTÕES .....	67
5.2 AVALIAÇÃO DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM .....	73
5.3 AVALIAÇÃO FEITA PELO PROFESSOR SOBRE O USO DO SIMULADOR EM SALA DE AULA .....	75
5.4 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS .....	77
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
6.1 TRABALHOS FUTUROS .....	81
6.2 PUBLICAÇÕES .....	81
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>I ANEXOS .....</b>	<b>89</b>

## 1. INTRODUÇÃO

“Pode-se definir uma subestação, de forma genérica, como sendo um conjunto de sistemas específicos e interdependentes concebidos para atender a um objetivo comum: servir ao sistema elétrico da melhor maneira possível [...]. Frontin (2013).

As subestações têm como principal função efetuar estas transformações dos níveis de tensão. Uma subestação elétrica é constituída essencialmente pelo parque de aparelhagem exterior, pelo edifício de comando e rede de terras. Sendo o parque exterior composto por um conjunto de equipamentos de manobra, transformação, proteção e monitorização, enquanto o edifício de comando é onde estão instalados os equipamentos de comando e controlo. (TAVARES, F.A.M. 2015. p. 9)

Uma subestação (SE), conforme Figura 1, pode ser definida como um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação e ainda eventualmente de compensação de reativos usado para dirigir o fluxo de energia em sistema de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas, possuindo dispositivos de proteção capazes de detectar os diferentes tipos de faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde estas faltas correm.



**Figura 1 – Exemplo ilustrativo de uma Subestação de Energia Elétrica**

Subestações fazem parte de Sistemas Elétricos de Potência (SEP), que se caracterizam por ser grandes sistemas de energia englobando geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A geração da energia é feita em usinas Hidroelétricas com especificações próprias. Usinas hidrelétricas, que usam represamento de rios e lagos, são localizadas nos pontos dos rios e lagos considerados mais eficientes para o armazenamento do volume ideal de água. Uma localização em pontos mais convenientes para a transmissão e controle é encontrada em Usinas Térmicas. Geradores eólicos são localizados em locais com grande volume de ventos. Portanto um sistema elétrico de potência envolve todos os tipos de geração de energia elétrica e sua transmissão até os consumidores finais.

Segundo a norma regulamentadora nº 10, regulamentada pela Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, SEP trata-se do conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão, medição e distribuição de energia elétrica. Estão incluídos nos SEP: Subestações, Geradores, Linhas (Transmissão ou Distribuição), etc. Os maiores sistemas elétricos de potência representam as maiores e mais complexas máquinas já construídas pelo homem hoje em dia são representados pelos SEP, e técnicas e estudos cada vez mais precisos e refinados para construir, manter e operar estas máquinas são exigidos levando a uma maior demanda na formação de profissionais para o setor, os quais precisam ser bem qualificados e treinados, aptos para o desenvolvimento de funções que envolvem grandes riscos. Além de tudo ainda há exposição a condições adversas e imprevisíveis que em muitos casos podem

levar a situações de falha ou má operação, causando transtornos e problemas a todos que dependem da energia elétrica.

Portanto, é de grande importância para o funcionamento ideal do sistema elétrico as subestações elétricas. A modificação do nível de tensão da energia elétrica, bem como a sua frequência estão entre suas responsabilidades. E ainda, a conversão de energia elétrica entre contínua e alternada. E também são usadas para modificar a configuração de um sistema elétrico.

O Simulador apresentado neste trabalho foi desenvolvido para proporcionar aos estudantes da disciplina de eletricidade básica a oportunidade de executar e visualizar na prática a operação básica de uma subestação elétrica.

O Conjunto do simulador é composto por uma parte em software e outra hardware. A parte de software se constitui do desenvolvimento de uma tela semelhante a tela do SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), o qual é utilizado na Eletronorte Marabá, na qual o discente poderá executar manobras de operações básicas dentro de uma subestação nos disjuntores e ainda realizar testes da possibilidade de manutenções na mesma. Já a parte do Hardware, composto pelo Arduino e uma lâmpada de LED de indicação de corrente, servirá para que o discente possa visualizar as operações executadas na parte do software bem como a transmissão de corrente, simulando se determinada linha recebe ou não carga e se a corrente elétrica está ou não passando para determinado centro urbano.

Nesse cenário, este trabalho teve como objetivo propor primeiramente um software de simulação no auxílio em sala de aula e pode avaliar a reação dos alunos que estudam eletricidade básica quanto à utilização mais efetiva de softwares de simulação em sala de aula, como recurso didático para a exposição de conteúdo.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Atualmente existem simuladores para vários ambientes do mundo real. Temos simuladores automobilísticos, conforme Figura 2, simuladores de processos produtivos em indústrias, nas áreas de saúde, arquitetura, medicina, engenharia, etc. Nas escolas, aulas de matemática, física, química ou astronomia, contém tarefas que envolvem cenários simulados, tomando o lugar de atividades que seriam inicialmente realizadas nos laboratórios da instituição.



**Figura 2 – Exemplo Ilustrativo de um Simulador Automobilístico**

O Uso de simuladores podem tornar possíveis situações que nunca seriam possíveis na prática, diminuindo os riscos, aumentando o acesso a todos os que podem utilizá-lo. Subestações são áreas de muito risco envolvido, até de morte, o que faz com que esta pesquisa seja relevante, uma vez que comandos internos poderão ser executados em um simulador semelhante ao da vida real em que os profissionais de operação de energia utilizam. O uso deste simulador somado ao conteúdo ministrado em sala de aula pode aumentar a fixação de conhecimento e entendimento do aluno, fazendo a aula ser mais proveitosa (Silva. et all, 2016).

Esta ferramenta foi desenvolvida em um cenário 2D, no qual o aluno poderá ver vídeos introdutórios sobre disjuntores, transformadores e chaves seccionadoras e, além disso, praticar o que aprendeu na teoria ligando e desligando circuitos elétricos em um sistema baseado em uma subestação e visualizar em um mini circuito a transmissão ou não de carga a um centro urbano que no simulador foi utilizado uma luz LED para esta representação, através dos comandos enviados através do simulador (SILVA. ET ALL, 2016).

Portanto esse trabalho se justifica com base nessas afirmações acima de que o uso de um simulador faz com que os aprendizes se sintam mais estimulados e conseqüentemente tenham um melhor aprendizado voltado para a prática e não somente para a teoria.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O Objetivo deste trabalho foi apresentar Desenvolvimento de um simulador de auxílio ao ensino de eletricidade básica, que simule alguns procedimentos básicos realizados em uma

subestação.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proporcionar o estudo de alguns princípios de uma subestação através do simulador, especificamente disjuntores, chaves seccionadoras e transformadores.
- Proporcionar ambientação a uma tarefa prática de controle das Subestações;
- Analisar do comportamento da transmissão de energia em uma subestação.
- Simular os Conhecimentos dos procedimentos de operação em situação normal.
- Integrar a teoria à prática.
- Apresentar uma ferramenta de auxílio ao professor em sala de aula na disciplina eletricidade básica.
- Motivar os alunos a aprenderem através do simulador de forma palpável e lúdica.
- Garantir aos discentes facilidade para assimilar conceitos e, além disso, gerar motivação por atividades extras fora de sala de aula.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Além dessa introdução, esta dissertação se compõe dos seguintes tópicos:

**Referencial Bibliográfico:** Será apresentado Referencial Bibliográfico sobre o ensino utilizando simuladores e trabalhos relacionados na área de simulação para o aprendizado de disciplinas específicas.

**Metodologias e Ferramentas:** Serão apresentados os métodos de desenvolvimento do simulador, bem como as ferramentas utilizadas.

**Projeto e Implementação:** Serão apresentados a análise do projeto e a implementação do sistema bem como os métodos de aplicação em sala de aula e de avaliação utilizados.

**Resultados:** Serão apresentados os Resultados do uso do Simulador em sala de aula e os resultados dos métodos de avaliação aplicados.

**Conclusões:** Serão apresentados as conclusões bem como os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Kapp e O'Driscoll (2010), simulação possui vários sentidos, entre eles o mais difundido inclui o uso de softwares que procuram emular equipamentos atuais para treinamento, como o que ocorre com o Flight Simulator por exemplo, onde há um aprendizado por parte dos pilotos em treinamento, utilizando um meio realista. O sistema imita uma parte do meio real, o qual o estudante irá conhecer, aprender e executar.

Para Aldrich (2009), Simulações Educacionais são como cenários organizados, abstraídos de alguma tarefa da vida real, que faz com que os participantes pratiquem suas habilidades de forma real, e ainda tem feedback específicos com resultados controlados e previsíveis no ambiente desejado.

Laroza e Seabra (2015), apontam resultados sobre REA-UML: Recurso Educacional Aberto para Ensino da UML, concluindo que pode-se explorar conteúdos de ensino extra classe obtendo melhores resultados e maiores ganhos na aprendizagem dos estudantes através de softwares com diferentes mídias computacionais.

A partir da ideia de que a aprendizagem representa uma mudança de comportamento (GIUSTA 1985), buscam-se formas de prover experiência aos alunos. Nesta busca pelo conhecimento, os simuladores têm sido grandes aliados, evoluindo e atraindo estudantes das mais variadas áreas do conhecimento. Busca-se, normalmente, nestas simulações, prover informações com características da vida real, permitindo a participação em cenários e situações próximas às vivenciadas no dia a dia.

Atualmente, não existem definições precisas sobre o termo simulação. Para Machado, Moraes e Nunes (2009), estas visam apresentar situações práticas vivenciadas no dia-a-dia e tem como objetivo principal proporcionar o treinamento de profissionais, em várias áreas do conhecimento, situações críticas, conscientização de crianças, jovens e adultos. Ziv et al. (2003) definem simulação como uma “técnica em que se utiliza um simulador, considerando-se simulador como um objeto ou representação parcial ou total de uma tarefa a ser replicada”. De acordo com Bass (2006) simulação se refere à aplicação de modelos computacionais para estudo e previsão de eventos ou comportamentos, disponibilizado para uma ampla gama de aplicações e sendo utilizada principalmente na área da educação. Para fins de treinamento, os simuladores podem ser aplicados para apresentar situações críticas, que envolvam algum

tipo de risco, tomada de decisões ou desenvolver habilidades específicas. Com base nisso, os simuladores para a área médica tem evoluído muito. Em estudos de Muller (1990) e Vozeniek et al (2004) é evidenciado que a simulação pode ser aplicada tanto no ensino como na avaliação, pois em função de atividades práticas é possível avaliar tanto o conhecimento quanto a competência. Bergeron (2006) cita algumas características importantes no desenvolvimento de simuladores para a área da educação, que são:

a) Precisão de conteúdo (*Content accuracy*): Estudo preciso sobre o tema abordado para que o usuário possa aprender conforme a realidade do caso estudado, ou seja, simulando realmente a vida real.

b) Conhecimento do domínio (*Domain experts*): Relacionado à precisão e a detalhes que devem ser observados no desenvolvimento do simulador.

c) Princípio do projeto (*Design principles*): O projeto deve refletir uma especificação de requisitos que define a interação dos usuários levando em consideração estilos, facilidade de uso, entre outros.

d) Pessoal (*Staffing*): A necessidade de especialização de domínio e precisão do conteúdo coloca exigências específicas sobre as necessidades de pessoal.

Segundo Rankin e Vargas (2008), muitas vezes os simuladores utilizam recursos gráficos avançados para envolver o usuário em um ambiente similar ao real para tomadas de decisão. Podem ser simulados: um ambiente, uma situação, uma ação e reação que envolva o assunto. Parte do pressuposto de que textos longos explicativos podem ser substituídos pela ilustração de processos. Normalmente, o simulador busca reproduzir fielmente a realidade, contextualizando o assunto e deixando o usuário explorar possibilidades em um ambiente semelhante ao encontrado na realidade. O aperfeiçoamento de simuladores para determinada área se dá, em grande parte, no uso e refinamento da Inteligência Artificial (IA). Nos simuladores a IA pode ser resumida como algoritmos que podem manipular conceitos, uso de heurística, representação do conhecimento, suporte a dados imprecisos, múltiplas soluções e integrar mecanismos de aprendizado de máquina (GAMBERINI et. al. 2009).

De acordo com Bourg e Seemann (VOSS et al. 2005) é possível dividir as técnicas de IA em dois grupos: determinísticas e não determinísticas. As primeiras são previsíveis, fáceis e rápidas de implementar, porém, a previsibilidade restringe a simulação, depois de algumas iterações o usuário perceberá quais os próximos estados e eventos. As não determinísticas facilitam a aprendizagem proporcionando uma simulação com final imprevisível. A

dificuldade está na implementação e na depuração dos erros e testes de eventos específicos comparados aos determinísticos. Os tipos de simuladores com o uso de IA são divididos por Machado et al. (2009) de acordo com sua atuação em dois níveis: controle de nível superior e o controle de nível inferior, este se referindo às decisões relacionadas ao enredo e aquele a decisões descentralizadas nas tomadas de decisão internas do simulador.

O aprendizado do que é visto na teoria costuma ser complementado com a prática. Porém, existem casos em que o exercício prático é dispendioso e com altos custos e também pode colocar em risco investimentos altos ou vidas humanas. Nessas situações os simuladores entram em cena, como jogos e cenários físicos artificiais desenvolvidos afim de facilitar o entendimento dos conteúdos expostos na teoria (GIFFONI, 2010).

### 2.1.1 O Uso De Simuladores Na Educação

Buscou-se estudar neste trabalho as possibilidades de possuir uma alternativa com uma nova metodologia, fazendo o uso de ferramentas que auxiliem o aluno a desenvolver sua capacidade cognitiva, sua criatividade e lhe gere uma motivação que o faça sair do estado passivo em que se encontra.

Segundo Belhot (2001) o uso de simulação e modelagem proporciona a elaboração de uma visão sistêmica, estimulando a prática de pensar de forma estratégica, motivando o trabalho em equipe gerando reflexos no compartilhamento de saberes e da aprendizagem em equipe.

A utilização de softwares para criação, análise e simulação de modelos matemáticos se encontra presente nos ambientes de trabalho de forma cada vez mais forte e generalizada devido a presença massiva e cada vez mais crescente dos recursos computacionais que se tornam mais poderosos em poder de processamento e de memória (MATSUMOTO, 2004).

Mas ainda, podemos acrescentar que o uso destas ferramentas como instrumentos pedagógicos, encontra algumas dificuldades que impedem a sua utilização, pelos professores. Dentre elas podemos pontuar:

- Desconhecimento por parte do corpo docente do que se pode obter de determinadas ferramentas quando usadas como apoio pedagógico às suas disciplinas.
- Ferramentas proprietárias, com custos elevados.
- Existência no laboratório, mas em número reduzido, de máquinas.

- Ausência de versões acadêmicas destes softwares proprietários para uso pedagógico.
- Desconhecimento das versões similares baseadas em softwares livres.

Na educação para o trânsito, a possibilidade de criar ambientes com esses recursos favorece a aprendizagem, a interação sujeito-ambiente, como, por exemplo, simular situações perigosas e, então, verificar a reação do sujeito – isso em um ambiente controlado e sem riscos.

Desta maneira, torna-se muito importante especificar o sentido considerado para o termo simulação, não estando este restrito apenas a uma animação ou a uma navegação orientada através de um ambiente construído digitalmente. Está sim relacionado diretamente à possibilidade do usuário de interagir com os recursos de software e hardware oferecidos pela plataforma que está sendo utilizada. Esta ação do usuário sobre o ambiente simulado interfere nos resultados observáveis. Também estamos considerando as trocas e significações entre os participantes, as possibilitadas propostas por esta mídia social, que instiga a colaboração e a interação entre alunos.

Aldrich (2009), delimita Simulações Educacionais como ambientes estruturados, abstraídos de alguma atividade da vida real, que permitem aos participantes praticar suas habilidades no mundo real, pois fornecem feedback apropriados em um ambiente cujos resultados são controlados e previsíveis.

As vantagens em se trabalhar com modelos simulados por computador no campo educacional são muitas. Desde a oportunidade de tornar possível a reprodução de processos muito lentos ou muito perigosos para serem reproduzidos no ambiente natural, passando pelo controle das etapas necessárias para a observação dos fenômenos e até mesmo pela redução dos custos envolvidos no projeto.

### 2.1.2 Um Método Para Motivar A Participação Em Sala De Aula

A interatividade, que pode ser classificada de acordo com níveis pré-estabelecidos (MILLER, 2004), indica a potencialidade de o aparato permitir a interação entre o homem e a máquina, ou a possibilidade do usuário exercer no ambiente uma influência sobre seu conteúdo e a forma como a comunicação está sendo mediada (JENSEN, 1998). Através de uma ação interativa direta sobre elementos do ambiente, pode-se alterar valores de variáveis

que foram inicialmente previstas por aquele conjunto de alternativas, agindo diretamente sobre a informação dada e alcançando diferentes resultados. Já para Piaget (1978), o conceito de interação considera a relação entre indivíduos e os processos complexos de trocas e significações.

Dentro desta ideia a aula deve encontrar em seus caminhos o método adequado para articular a curiosidade natural da juventude, este seu apego às ferramentas tecnológicas e acrescentar a isto, sem perda de brilho e de profundidade, o pensamento sistematizado e reflexivo, necessário para a construção do conhecimento no âmago de cada ser. O desafio está na descoberta deste caminho que utilize a velocidade do processamento, a alta capacidade de armazenamento e o grande encantamento que temos através de jogos e simuladores para construir um novo momento de interação professor aluno capaz de despertar prazer pelo aprendizado, alegria pela descoberta e crescimento com a construção e reconstrução do conhecimento.

Para Aldrich (2009), alguns elementos que encontramos nos jogos de vídeo-game podem favorecer a motivação, criando em modelos de software pedagógicos situações equivalentes as que encontramos nos modelos de jogos criados para entretenimento. Para o autor, aprender a partir de um jogo é mais natural do que em uma sala de aula tradicional. A motivação do aluno para aprender neste ambiente é maior, e parte das incertezas geradas pelos diversos níveis de dificuldade do jogo. Informações ocultas e desafios, o apelo emocional da fantasia criada pela história que envolve esta atividade e a curiosidade, são componentes cognitivos que fazem parte do contexto deste ambiente.

## 2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nos tópicos a seguir são apresentados trabalhos científicos que se referem a simuladores na área educacional, os mesmo buscam através da ambientação virtual de um cenário proporcionar aos usuário o entendimento e a prática de conceitos teóricos.

### 2.2.1 Simulador na disciplina de Física

Greis E Reategui (2010) apresentam um simulador educacional na Figura 3, desenvolvido pra a disciplina de física, construído em um Mundo Virtual. O conteúdo abordado por este simulador é a colisão de dois corpos, no qual estão envolvidos os conceitos físicos de massa, velocidade e coeficiente de elasticidade. A ambientação deste fenômeno de

colisão utiliza uma situação que pode ser encontrada no mundo real, a colisão de dois carros em uma montanha russa.



**Figura 3 - Simulador da área de Física**

Fonte: Greis e Reategui (2010)

Nesta simulação, um ou dois alunos podem participar diretamente da simulação, já que o sistema permite que ambos os objetos que irão colidir na simulação tenham suas variáveis definidas independentemente. Interessante observar que inserimos um componente de colaboração na atividade, visto que os alunos e professores envolvidos na simulação podem estar fisicamente distantes entre si, mas irão acionar a simulação em conjunto e observar o mesmo fenômeno simultaneamente.

### 2.2.2 Simulador de Transito

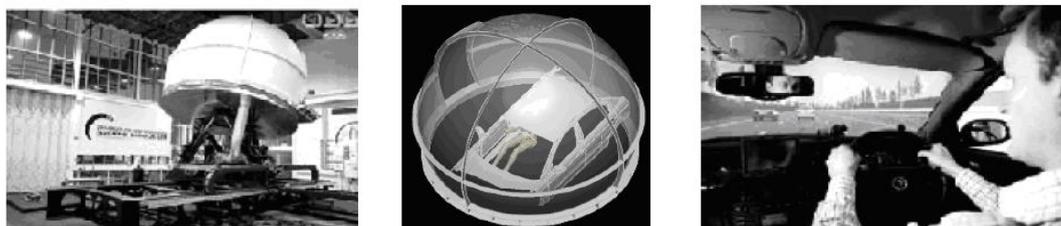
(Balbinot et. al., 2009) relata que em São Paulo, algumas empresas contam, para a realização da Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho (SIPAT), com o Simulador de trânsito e direção defensiva, na Figura 4, desenvolvido nos rígidos padrões estadunidenses e aprovado pela legislação do Departamento de Veículos a Motor da Califórnia. Esse simulador apresenta situações reais de trânsito, em simulação com carro, com painel configurado para avaliar o desempenho do motorista, o movimento dos olhos e da cabeça, o estado de alerta com carga progressiva de trabalho e o tempo de reação de motoristas.



**Figura 4 - Simulador de Trânsito**

Fonte: Balbinot et. al., (2009)

A Universidade de Leeds conta com o simulador de condução, o Jaguar *S-type vehicle* na Figura 5, para o desenvolvimento de pesquisas sobre o comportamento de condutores como frente a controladores de velocidade, respostas psicofisiológicas, efeitos de neblina, dificuldades frente ao baixo atrito na pista, dentre outros projetos. Este é um exemplo de simulador de alta fidelidade, na cabine encontram-se todas as funções inerentes a um painel e instrumentação de um veículo e o motorista pode sentir a carga de todos os controles normais, incluindo o volante e os pedais.



**Figura 5 - Simulador de Trânsito**

Fonte: Balbinot et. al., (2009)

### 2.2.3 Ferramenta Computacional Didática Em 3d Para Simulação De Controle De Potencia

(CRISÓSTOMO et. al. 2016) objetivando contribuir para uma reforma educacional através de novos instrumentos de ensino, propõe uma ferramenta computacional de simulação didática em 3 dimensões na plataforma *Unity*, com função de simular o controle de potência e geração de energia de um gerador eólico através do parâmetro de entrada como velocidade do vento, além da realização e visualização das técnicas de controle de passo e sua influência no sistema, com acompanhamento de gráficos em tempo real dos parâmetros como potência e ângulo de passo, paralelamente à visualização das mudanças físicas no aero gerador.

No intuito de tornar a experiência de simulação real não somente em aspectos técnicos,

mas também físicos, o Parque Eólico Alegria foi tomado como modelo em termos de sua geografia e disposição das torres, além das especificações dos aerogeradores que o compõem. O Parque Eólico Alegria está localizado no município de Guamaré, no estado do Rio Grande do Norte. Com capacidade instalada total de 151,9 MW, Alegria ocupará uma área total de cerca de 1.900 hectares, na Praia do Minhoto, a aproximadamente 170Km de Natal (PARQUE EÓLICO ALEGRIA, 2016). Os aerogeradores que estão instalados no parque são do modelo *Vestas V82-1.65*. Assim, toda a modelagem da torre eólica será realizada a partir da ficha técnica de seu modelo.

Finalizado o aerogerador, o próximo passo será visualizar seu funcionamento. A ideia de um simulador advém de uma proposta de metodologia de ensino superior à que utiliza recursos como livros, figuras ou vídeos. O principal objetivo é tornar interativo, permitir a ação livre do usuário do simulador para que este obtenha respostas imediatas aos estímulos gerados por ele próprio.

A interface da ferramenta de simulação de controle de potência em aerogeradores, na Figura 6, possibilita que o usuário varie livremente a velocidade do vento através de uma barra de rolagem que tem os valores de 0 e 25 m/s como seus extremos. A partir daí o simulador recebe as informações, e fornece as saídas (velocidade do vento, ângulo de passo e potência) a serem visualizadas e interpretadas.



**Figura 6 - Simulador de Usina Eólica**

Fonte: Crisóstomo et. al (2016)

#### 2.2.4 Suel Ferramenta Didática De Subestações Eléctricas

(HOLANDA E COSTA, 2016) propõem o desenvolvimento de uma ferramenta

computacional de apoio que proporcione ao aluno meios de fixar o conhecimento de maneira gráfica e interativa. É proposto uma ferramenta didática, denominada de SUEL, ilustração na Figura 7. Para a criação do programa fez-se uso da plataforma de desenvolvimento Adobe Animate CC 2015. O programa traz a representação de diferentes arranjos de subestações elétricas, dando ao aluno informações sobre os diferentes equipamentos que compõem a subestação, seus arranjos físicos e a opção de executar manobras na planta.

Diante da importância do aprendizado, entendimento e da necessidade de executar um projeto de uma subestação foi criada a *Ferramenta Didática de Subestações Elétricas, SUEL* que tem como objetivo agregar, de forma prática e fácil, as informações relevantes quanto aos diferentes tipos de arranjos dessas plantas.



**Figura 7 - Interface SUEL**  
Fonte: Holanda e Costa, 2016

Ao se selecionar a primeira opção de configuração de subestação elétrica, Barramento Simples, o usuário passa a visualizar a Figura 8 abaixo:

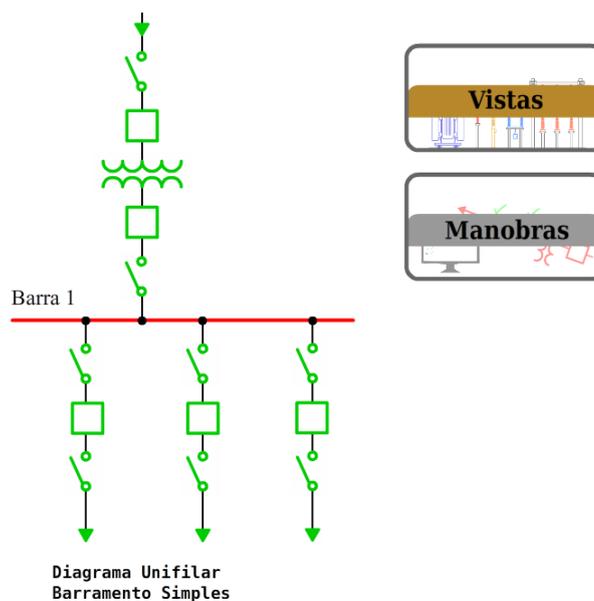
## Barramento Simples

Um dos arranjos mais simples de uma subestação, possuindo o número mínimo de equipamentos.

O barramento é utilizado em subestações de pequeno porte, em média e alta tensão.

Ocupa pouco espaço, tem baixo custo de implementação e facilidade na operação.

Apresenta baixa confiabilidade, devido à perda dos circuitos na presença de uma falta ou na manutenção dos equipamentos.



**Figura 8 - Interface de uma Tela do SUEL**

Fonte: Holanda e Costa, 2016

## 2.3 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO

Atualmente o suporte para o projeto e desenvolvimento de jogos e simuladores é dado por diferentes opções de processos, como por exemplo (CRAWFORD, 1982; FLOOD, 2003; FULLERTON, SWAIN, HOFFMAN, 2004; ALMEIDA, 2006; ADAMS, 2010), que são utilizados de acordo com as preferências dos desenvolvedores e as características do simulador ou jogo a ser desenvolvido. Estes processos organizam a criação de conceitos, roteiros e histórias dos jogos, criação de ambientes, personagens, regras, arte, entre outras tarefas.

Um dos suportes é o Design instrucional (*instructional design*), que significa uma série de passos para pontuar as necessidades de aprendizagem e ajustar elementos de conteúdo para atender essas necessidades (QUINN, 2005). Especialistas de domínio e designers instrucionais geralmente compõem as equipes de design instrucional (QUINN, 2005), que tem o objetivo de facilitar a aprendizagem e, sistematicamente, transformar objetivos de aprendizagem em experiências de estudo.

O design instrucional identifica os princípios educacionais para o projeto e fornece elementos chave para o projeto se tornar atraente e instrucional (IUPPA; BORST, 2009). Sem um trabalho de design instrucional no projeto, pode-se ter o problema dos objetivos

educacionais serem abordados de uma maneira pobre (IUPPA; BORST, 2009). Também é uma área preocupada com o planejamento de currículos, programas de capacitação e materiais didáticos em diferentes mídias e contextos de aprendizagem. Neste âmbito são realizados projetos instrucionais com base em princípios de ensino-aprendizagem comprovados por pesquisas científicas (SMITH; RAGAN, 1999; ROMISZOWSKI; ROMISZOWSKI, 2005).

Para Fardanesh (2006) o design instrucional propõe métodos de instrução otimizados com o objetivo de se alcançar as mudanças desejadas em conhecimento, habilidades e atitudes em um grupo de estudantes.

É um processo que procura compreender o conhecimento corrente e as necessidades de um determinado público, estabelece metas para serem alcançadas por meio da instrução e cria uma intervenção para auxiliar nessa transição, como um curso, por exemplo, buscando apoio nas teorias educacionais e de psicologia (DESIGN, 2010).

Filatro (2008) considera que design instrucional é uma ação sistemática de planejamento e desenvolvimento onde se aplica métodos, técnicas, atividades, materiais eventos e produtos educacionais para promover a aprendizagem humana. A autora complementa: “definimos design instrucional como o processo (conjunto de atividades) de identificar um problema (uma necessidade) de aprendizagem e desenhar, implementar e avaliar uma solução para esse problema” (FILATRO, 2008, p. 3).

Os processos de design instrucional são definidos por diferentes modelos existentes na literatura desta área, sendo que entre os mais citados estão o modelo de Dick e Carey e o modelo ADDIE, que são apresentados nas próximas seções.

### **Modelo Dick & Carey – Design sistêmico de instrução**

Dick & Carey começaram a trazer para o campo de design instrucional uma visão sistêmica, em oposição a uma soma de partes isoladas. O modelo criado por eles tem um conjunto de passos que representam os procedimentos para utilizar a abordagem sistêmica de design instrucional. Esse conjunto de passos é considerado um sistema porque há interação entre eles, e cada passo tem entradas, um processo, e saídas. Durante a produção da instrução há coleta de informações nesse sistema, que servem de *feedback* para que os módulos sejam revisados frequentemente para tornarem-se mais eficazes e eficientes (DICK; CAREY, 1996).

Dick & Carrey defendem que o instrutor, estudantes, materiais, atividades instrucionais, aprendizagem e performance são elementos que interagem e trabalham em

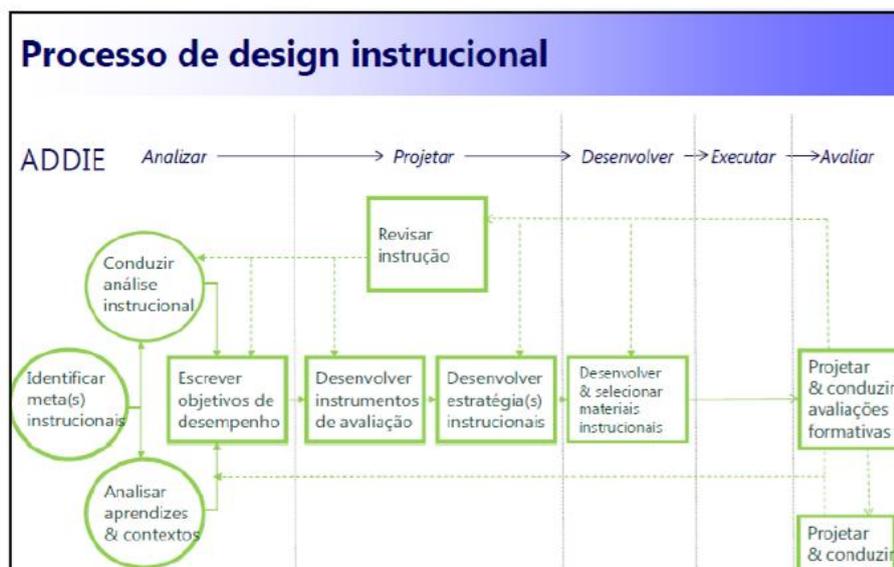
conjunto para que os alunos alcancem os resultados de aprendizagem desejados (DICK; CAREY, 1976). O modelo inclui nove fases, cada uma com um conjunto de procedimentos e técnicas destinadas ao design, produção, avaliação e revisão de materiais instrucionais. Suas fases são apresentadas a seguir (DICK; CAREY, 1996).

1. **Definição dos objetivos instrucionais** – O primeiro passo do modelo é determinar o que os estudantes deverão saber ao completarem o curso ou atividade. A definição das metas instrucionais pode derivar de uma avaliação de necessidades considerando o desempenho existente e o desempenho desejado do aprendiz.
2. **Análise instrucional** – Depois de definir os objetivos instrucionais é necessário analisar quais são as habilidades que um estudante precisa aprender para alcançar as metas propostas. Esse processo indica os conceitos, regras e informações que são necessárias para um estudante que participará do curso ou atividade.
3. **Identificação dos pré-requisitos e características** – Será necessário identificar as habilidades que os estudantes deverão ter antes de começar o curso ou atividade, ou seja, os pré-requisitos. Além dos conhecimentos e habilidades que são necessárias para um indivíduo iniciar a usar o material instrucional, também se faz necessário conhecer o público-alvo e suas características gerais, que podem ser importantes para o designer fazer o projeto dos materiais.
4. **Objetivos de performance** – Com base na análise instrucional e nas características dos estudantes, deve-se definir o que eles serão capazes de fazer quando completarem o curso ou atividade. Essa definição identifica as habilidades que os estudantes aprenderão e os critérios de performance bem sucedida.
5. **Desenvolvimento de testes** – Com base nos objetivos que foram definidos, deve-se desenvolver instrumentos de avaliação para medir a aprendizagem que cada estudante alcançou.
6. **Desenvolver uma estratégia instrucional** – Utilizando as informações dos cinco primeiros passos, deve-se definir a estratégia que será usada no curso ou atividade para alcançar os objetivos que foram estabelecidos. Essa estratégia deve incluir atividades pré-instrucionais, prática e feedback, testes e atividades.

7. **Desenvolvimento da instrução** – Nessa fase a estratégia instrucional é usada para produzir os materiais do curso ou atividade, que deve incluir um manual do estudante, materiais instrucionais, testes e guia do professor.
8. **Avaliação formativa** – Depois de completar uma versão inicial de um módulo, recomenda-se realizar uma série de avaliações para determinar a eficiência do que foi produzido e coletar dados para a melhoria do material.
9. **Revisão** – Os dados das avaliações formativas são sumarizados e interpretados para se identificar as dificuldades experimentadas pelos estudantes enquanto eles procuram alcançar os objetivos do curso ou atividade. Deve-se relacionar as dificuldades com as deficiências do material que foi produzido. São feitas revisões permanentes das estratégias, dos materiais e dos procedimentos de acordo com os resultados verificados.
10. **Avaliação somativa** – Acontece depois que o curso ou atividade são suficientemente revisados e tem o objetivo de avaliar a eficiência instrucional do que foi produzido.

### **Modelo ADDIE**

O modelo **ADDIE**, na Figura 9, é um dos modelos mais conhecidos e utilizados de design instrucional. ADDIE é a sigla para *Analyze, Design, Develop, Implement e Evaluate* (Análise, Projeto, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação) (FILATRO, 2008), muitas vezes também chamado de ISD (*Intructional System Design*), principalmente no meio acadêmico, que considera ADDIE o termo coloquial para o ISD (MOLEND, 2003).



**Figura 9 - Processo de Design Instrucional**

Fonte: Clarck (1995); Castagnolo (2008)

O modelo ADDIE é um processo genérico, usado por designers instrucionais e por desenvolvedores de treinamento. Esta metodologia é empregada para identificar as necessidades do público-alvo, projetar a solução e avaliar os resultados. A maioria dos modelos de design instrucional atuais são *spin-offs* ou variações do modelo ADDIE (CLARCK, 1995; CASTAGNOLO, 2008). Suas cinco fases – análise, projeto, desenvolvimento, implementação e avaliação – representam um guia dinâmico e flexível para o desenvolvimento de treinamentos e instrumentos de apoio. No modelo ADDIE, cada fase tem um produto que se encaixa na fase subsequente.

A seguir são descritas cada uma dessas fases, com base em trabalhos de Clarck (1995), Filatro (2008) e Intulogy (2009):

### **Análise:**

Durante a análise, deve-se compreender qual é o problema educacional do público-alvo e, para isso, realiza-se um levantamento detalhado das necessidades de aprendizagem que corresponderão aos objetivos e metas instrucionais.

Também se procura identificar as características do público-alvo, levantando os conhecimentos e habilidades atuais dos alunos e suas restrições. Algumas questões que devem ser levantadas durante a fase de análise (INTULOGY, 2009):

1) determinar qual o objetivo que se deseja alcançar com o curso, (porque ele é necessário?)

- 2) caracterizar o público-alvo;
- 3) determinar o conhecimento atual que o público-alvo possui em relação aos tópicos que serão abordados no curso;
- 4) determinar os conhecimentos e habilidades que o público-alvo deverá ter ao final do curso para realizar as tarefas associadas aos seus trabalhos;
- 5) listar metas/objetivos do curso em ordem de prioridade;
- 6) identificar os recursos disponíveis e as limitações técnicas, orçamentárias e administrativas.

Para realizar a análise utiliza-se entrevistas e questionários, feitos por e-mail, telefone ou presencialmente, com os clientes/financiadores, especialistas do domínio de conhecimento e representantes do público alvo. O resultado desta etapa é um relatório de análise (CLARCK, 1995; FILATRO, 2008; INTULOGY, 2009).

### **Projeto:**

Segundo Clark (1995), Filatro (2008) e Intulogy (2009), depois de ter as informações da análise documentadas e os objetivos definidos, começa a fase de projeto, onde o designer instrucional especifica como o curso deve ficar depois de produzido. É um momento de planejamento, muito importante para se alcançar o sucesso do projeto, já que muitos projetos falham por não terem sido adequadamente planejados.

Nesta etapa, realiza-se o mapeamento e sequenciamento dos conteúdos que serão abordados, define-se as estratégias e atividades de aprendizagem apropriados para que se atinja os objetivos, seleciona-se as mídias, ferramentas e materiais que deverão ser providenciados para uso dos professores e alunos. Esta etapa normalmente gera um relatório de especificações que pode conter roteiros e *storyboards*.

Algumas questões que devem ser levantadas durante a fase de projeto (INTULOGY, 2009):

- Como o conteúdo deve ser organizado e apresentado aos alunos?
- Qual formato de distribuição deve ser usado?
- Qual tipo de atividades e exercícios mais indicados para ajudar os alunos?
- Como o curso deve medir o progresso e performance dos alunos?

Para isso, há basicamente três momentos na fase de projeto:

- *Planejamento do projeto instrucional*: procura responder como o material do curso, módulo ou unidade será agrupado e qual o sequenciamento dos conteúdos, quais métodos e táticas serão utilizados para a apresentação do material, e como será realizada a avaliação para medir o nível de sucesso dos alunos.

- *Seleção do formato do curso*: a forma em que o curso será oferecido precisa ser definido logo no início da etapa de projeto porque esta decisão influenciará diversos aspectos do documento de design. O formato do curso deve estar compatível com as necessidades e características dos alunos. Alguns exemplos de formatos podem ser citados, como aulas presenciais, aulas a distância com material baseado em livros e apostilas, *e-learning* síncrono, *e-learning* assíncrono, jogos educacionais, entre outros.

- *Redação do documento de projeto instrucional*: é um relatório que contém uma visão geral de todo o projeto instrucional, trazendo informações de como o curso, módulo ou unidade deve ser construído.

Ele descreve a abordagem de aprendizagem a ser utilizada, identifica as opções de mídias instrucionais, agrupa e sequencia objetivos, descreve os exercícios, atividades a serem realizadas e avaliações dos cursos e módulos.

O relatório resultante da etapa de projeto contém a descrição do curso, mas não contém o conteúdo dele. É um documento similar às plantas de engenharia e arquitetura, ou ao projeto da engenharia de *software*. Os materiais e conteúdos serão criados na fase de desenvolvimento, que será apresentada a seguir. O resultado da fase de projeto é um documento de especificação do curso que geralmente indica:

- um cronograma de criação e execução do curso;
- a equipe do projeto e seus papéis;
- detalhamento das tecnologias e especificação de mídias do curso;
- ementa dos cursos;
- detalhamento do controle de versões e configurações dos materiais.

### **Desenvolvimento:**

Nesta fase os desenvolvedores criam e montam os conteúdos, que devem seguir as especificações da etapa de projeto, sempre buscando atender aos objetivos e necessidades que foram levantados durante a análise. Ao chegar na etapa de desenvolvimento, já deve haver

definição sobre o propósito do curso, estrutura e conteúdo. Os desenvolvedores trabalham para criar e integrar materiais didáticos impressos e/ou digitais, configuram ambientes virtuais e preparam suporte tecnológico e administrativo. Há também a possibilidade de se envolver testadores, que fazem a conferência dos conteúdos, e assim, o projeto é revisado de acordo com o *feedback* recebido. Nesta etapa, pode haver a criação de protótipos e execução de pilotos de testes (CLARCK, 1995; FILATRO, 2008; INTULOGY, 2009).

### **Implementação:**

É na fase de implementação que os alunos ganham acesso aos conteúdos para interagirem com os materiais didáticos, ferramentas, professores e outros alunos, visando à realização das atividades que foram programadas no projeto do curso. Neste momento, deve-se assegurar que materiais estão disponíveis e o ambiente de ensino totalmente funcional.

Nas situações em que houver demanda por facilitadores, estes devem receber treinamento antecipado sobre o currículo do curso, utilização do material de ensino e procedimentos de testes.

Quando existir uso de *softwares* e *hardwares*, deve-se preparar os alunos oferecendo treinamento e informações sobre a utilização da plataforma de aprendizagem.

Feito isso, os alunos são convocados e o curso, módulo ou unidade começa a ser executado conforme o planejado (CLARCK, 1995; FILATRO, 2008; INTULOGY, 2009).

### **Avaliação:**

A etapa de avaliação busca medir o nível de sucesso de uma solução educacional, ou seja, se ela possibilita alcançar os objetivos que foram estabelecidos. Para isso, são avaliados tanto a aprendizagem dos alunos (com testes e acompanhamentos, etc.) como o projeto instrucional em si, onde o designer instrucional deve fazer considerações, por exemplo, sobre o relatório de análise, *storyboards*, roteiros, interfaces ou diagramação dos materiais de estudo, relatórios de acompanhamento e relatórios finais de avaliação. Às vezes, a avaliação pode iniciar até mesmo antes do design instrucional, por meio de um diagnóstico da competência atual de um público-alvo sobre determinados tópicos.

Nas avaliações são utilizadas técnicas de coleta de dados como questionários, entrevistas, observação e experimentos (CLARCK, 1995; FILATRO, 2008; INTULOGY, 2009).

WANGENHEM (2012) descreve um modelo de implementação de ferramentas

educacionais baseado no processo de design Instrucional, representado na Figura 10.

Níveis de avaliação			
Nível	Avaliação	Avalia ...	Como?
4	Resultados	efeitos do treinamento do aluno no negócio da empresa.	Observação e medição ao longo prazo (retrabalho, erros), entrevistas com gerentes e clientes.
3	Comportamento	efeitos da nova aprendizagem no ambiente de trabalho.	Observações e entrevistas ao longo do tempo para avaliar mudanças.
2	Aprendizagem	aumento de competências.	Avaliações e testes antes e depois do treinamento; entrevistas e observações.
1	Reação	como os alunos se sentiram após a experiência de aprendizagem.	Formulários de <i>feedback</i> e/ou reações verbais

[D. L. Kirkpatrick & J. D. Kirkpatrick. Evaluating Training Programs: The Four Levels (3rd Edition), Berrett-Koehler Publishers, 2006]

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
C3 C. G. v. Wangenheim

Fonte: (WANGENHEIM, 2012)

Figura 10 - Níveis de avaliação

Nesta fase foi feita a avaliação do projeto educacional, com o objetivo de aperfeiçoá-lo, com possíveis revisões e verificar se o mesmo alcança os níveis os objetivos educacionais definidos.

Para Savi (2011, p. 67) o objetivo da avaliação é determinar “o nível de sucesso de uma solução educacional, ou seja, se ela possibilita alcançar os objetivos que foram estabelecidos”.

Um modelo de avaliação adequado para avaliar este objeto de aprendizagem é apresentado por Savi (2011) e devidamente testado na avaliação de jogos de tabuleiro e dinâmicas. Avaliar um objeto de aprendizagem é compreender de forma mais precisa os resultados alcançados em seu uso (SAVI, 2011). Sendo assim, o modelo tem o objetivo de avaliar a qualidade de jogos educacionais através da percepção dos alunos a respeito dos níveis de motivação, experiência do usuário e aprendizagem promovidos por um jogo.

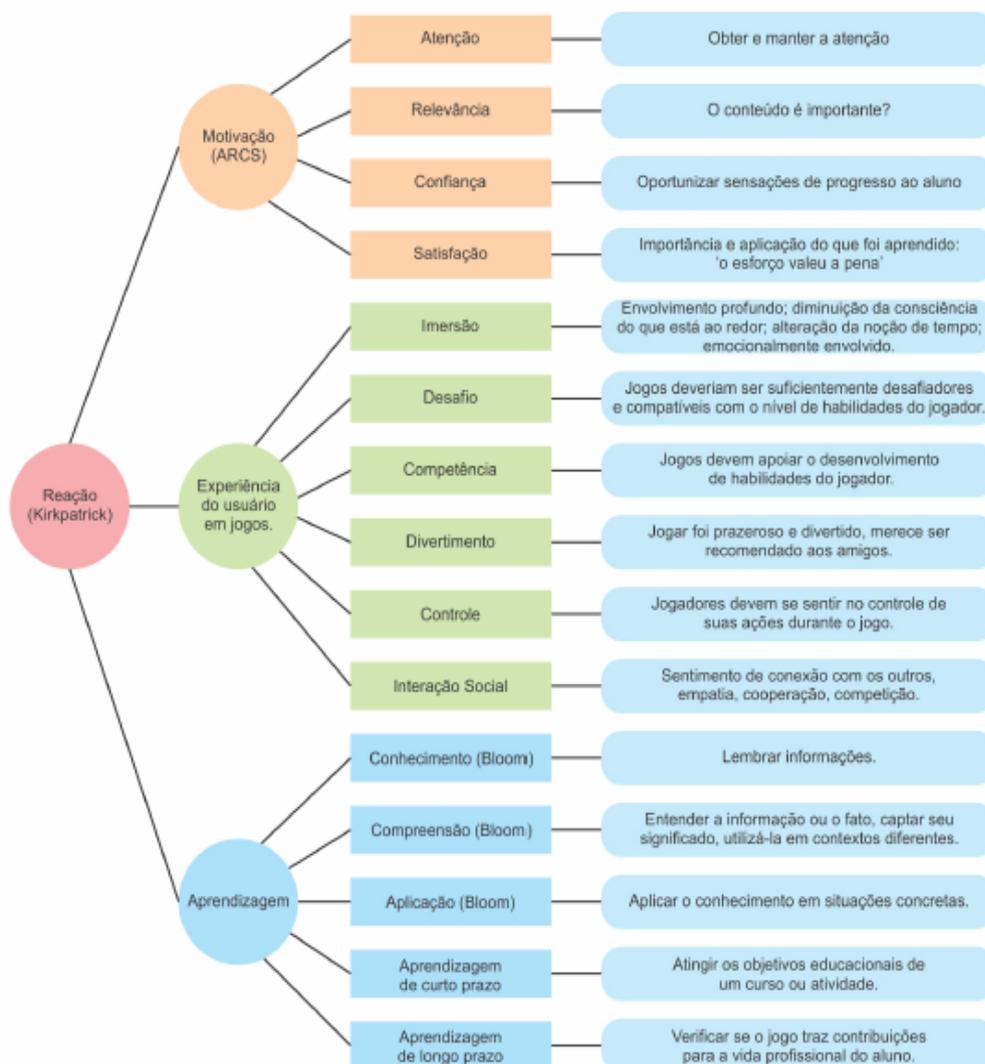
O modelo adotado tem como base o modelo de avaliação de Kirkpatrick (1994, *apud* SAVI, 2011) onde são definidos 4 níveis de avaliação: reação, aprendizagem, comportamento

e resultados. O modelo de Savi (2011) baseia-se nas percepções dos alunos, ou seja, no nível de reação. O modelo, na Figura 11, está dividido em três subcomponentes, cada um deles com as suas referências teóricas específicas:

A **motivação**, com base no modelo motivacional ARCS (*Attention, Relevance, Confidence e Satisfaction*) desenvolvido por Keller (1987) com foco na interação dos alunos com os materiais e ambientes de aprendizagem é composto pelos componentes atenção, relevância, confiança e satisfação.

A **experiência do usuário** é medida através de um modelo com base em outros 4 modelos, sendo uma convergência desses e uma redução para os seis elementos mais consolidados: imersão, interação social, desafio, divertimento, controle e competência (SAVI, 2011).

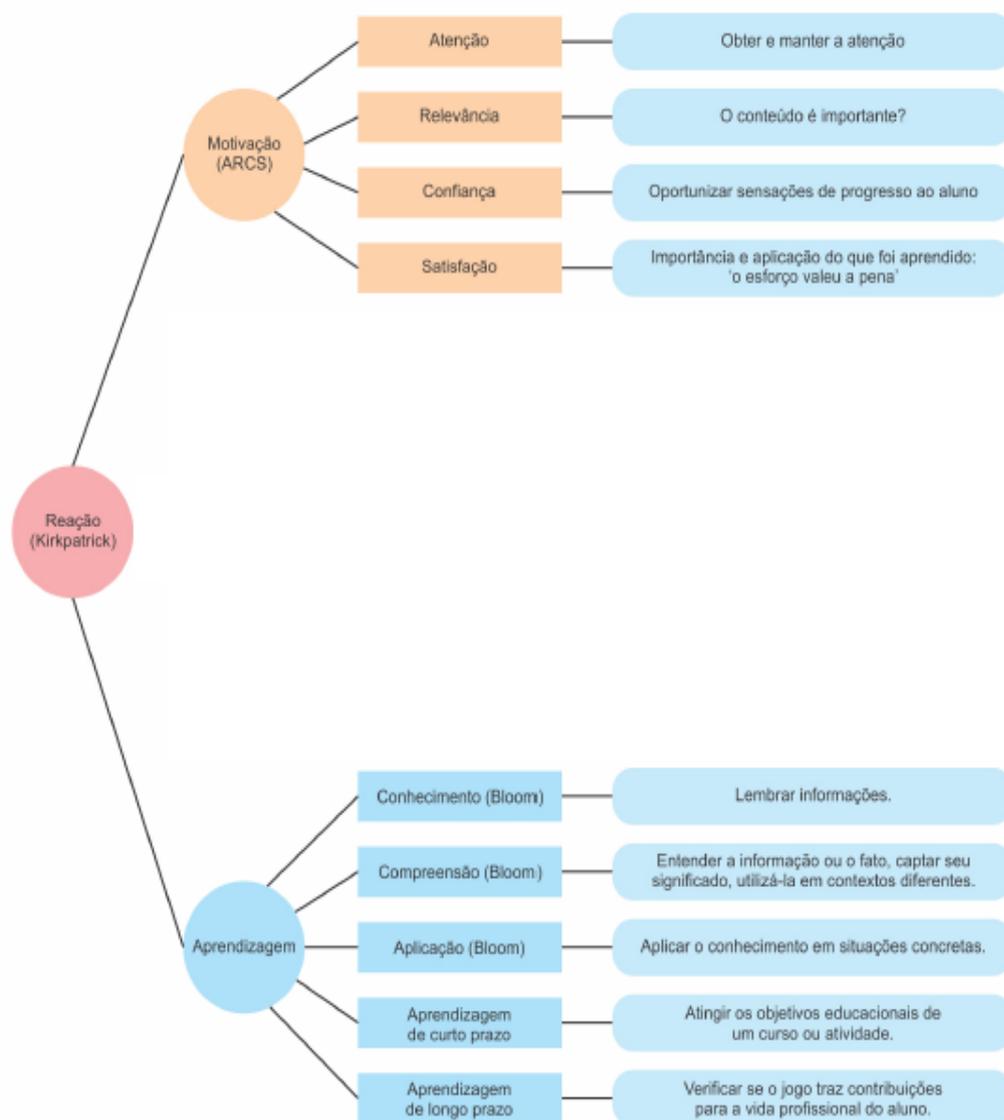
A **aprendizagem** faz uso dos níveis de conhecimento, compreensão e aplicação da Taxonomia de Bloom do domínio cognitivo, além das variáveis aprendizagem de curto prazo e aprendizagem de longo prazo do modelo de Sindre e Moody (2003).



Fonte: (SAVI,2011)

**Figura 11 - Modelo de Avaliação ARCS**

Ao avaliar, por ser um simulador, levou-se em conta apenas os conceitos de motivação e aprendizagem (ARCS), uma vez que o conceito de Experiência do usuário em jogos não é tão relevante para a avaliação do simulador neste momento. Na Figura 12 destaca-se o modelo de avaliação proposto, sem a experiência do usuário em jogos.



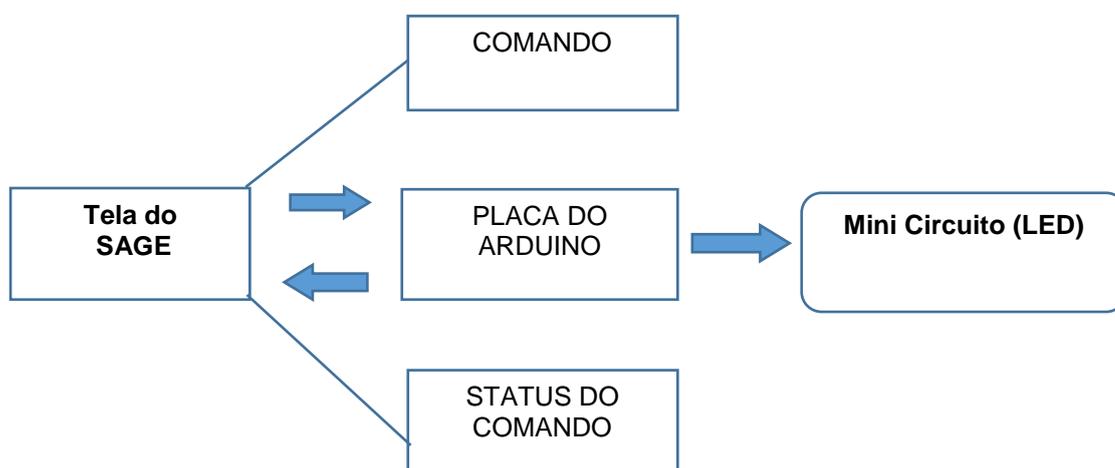
**Figura 12 - Modelo de avaliação ARC (Modificado)**

Fonte: Savi (2011) Modificado

### 3. METODOLOGIA E FERRAMENTAS

#### 3.1 METODOLOGIA

O projeto do simulador tem como base o sistema de transmissão de energia da Eletrobrás/Eletronorte. Neste simulador, o aluno poderá através de uma tela simulada do SAGE fazer operações com os disjuntores, com abertura e fechamento de carga. O simulador construído executa parte do circuito da SE Marabá, de forma mais específica, comandos poderão ser executados em disjuntores interligados a duas linhas de 500KV que entram na subestação e que na sequência seguem para transformadores que irão reduzir essa tensão para 230KV para seguir para outros centros urbanos e de acordo com o tamanho do centro urbano na qual se quer transmitir essa energia.



**Figura 13 – Esquema Geral de Funcionamento do Simulador**

Fonte: Silva et. al (2016)

Na Figura 13 é representado o funcionamento do simulador. O Sistema é um modelo que executa alguns comandos básicos de uma subestação e sua finalidade é reproduzir na prática as atividades técnicas de abertura e fechamento de disjuntores referentes ao SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), integrando-o a uma plataforma ARDUINO que terá o papel de interpretar os comandos da parte do software do simulador (SAGE) e convertê-los em sinais analógicos que acionarão o LED que representará a passagem de carga, em caso de ativado, ou não em caso de desativado para um determinado centro urbano. Serão seguidos os passos a seguir no uso do simulador:

- 1- Visualização da Tela do SAGE;
- 2- Envios de Comandos a Placa do Arduino (abertura ou fechamento de Disjuntores);

- 3- Interpretação dos Comandos pelo Arduino;
- 4- Ação de acendimento do LED no Arduino;

## 3.2 FERRAMENTAS

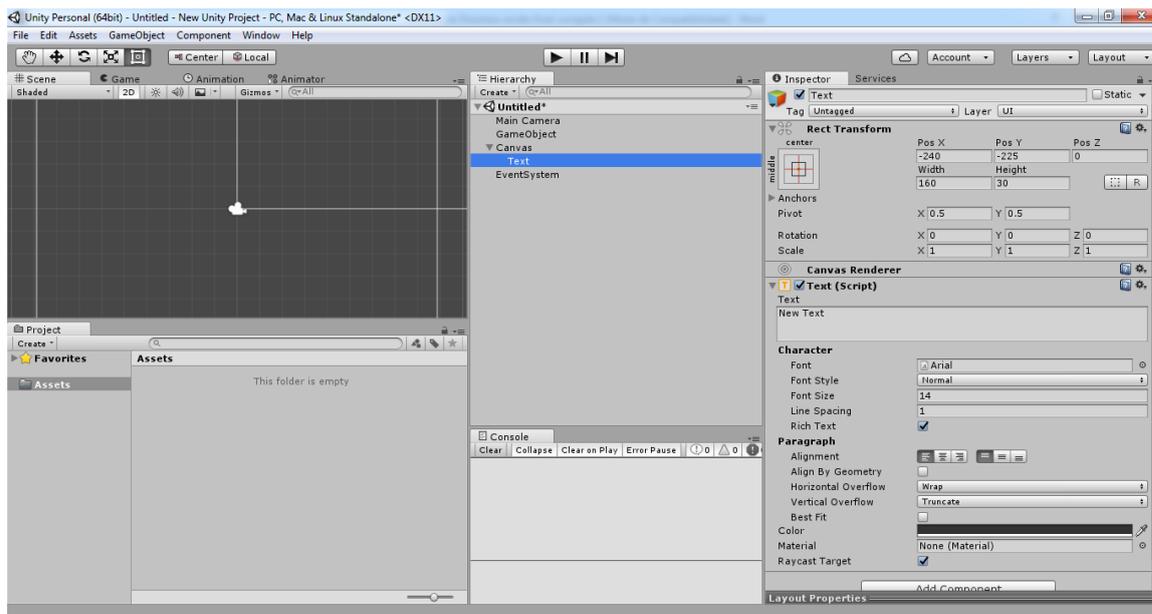
Nas seções seguintes são apresentadas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do projeto.

### 3.2.1 UNITY 2D

O Unity permite a criação e jogos e simuladores em 2D. Portanto nesta seção ele será referido como Unity. Neste simulador utilizou-se do ambiente 2D que a plataforma possui para o desenvolvimento da parte de software do simulador. Foi desenvolvido com o Unity em 2D uma tela principal semelhante a do SAGE para que algumas operações básicas da subestação fossem simuladas.

Esse motor de jogos possui uma interface muito simples e amigável e tem como objetivo permitir a facilidade no desenvolvimento de jogos ou simuladores de diversos tipos e ainda outros sistemas de visualização.

Janelas chamadas **views** compõem sua área de trabalho, cada uma com um objetivo específico. A Figura 14 é uma captura que contém uma exposição esquemática de cada uma dessas janelas no editor de cenas da Unity.



**Figura 14 - Interface do Unity**

Fonte: Unity Community (2009)

Sobre a escolha do Unity, dentre outras opções para o desenvolvimento do simulador, se dá por uma comparação que é feita em Silva e Silva (2011) entre as tecnologias encontradas no mercado e conclui que apesar de possuir uma versão gratuita com menos recursos, o motor Unity se mostra mais adequado ao projeto proposto. Apesar da ampla aceitação na comunidade, a Linguagem VRML deixa a desejar nas questões de motor de física e comunicação com o SGDB. A conexão com o banco de dados é possível, desde que se use a linguagem Java. Mas, como não são lançadas atualizações do VRML há muitos anos, a versão do Java suportada é antiga. Segundo Silva e Silva (2011) o motor de jogos Unity se mostra a alternativa mais adequada, uma vez que suporta a criação de ambientes virtuais elaborados, oferece suporte a comportamentos físicos, é portátil para web e dispositivos móveis. Além disso, ele também permite a comunicação com um banco de dados (SGDB) através do uso de uma página web Java ou PHP como uma camada intermediária. Apesar de sua versão mais completa ser paga, o uso da versão gratuita da ferramenta é totalmente possível e não compromete em nada a construção do projeto.

Dentre as utilidades da plataforma, na Figura 15 encontramos os mais variados tipos de animação com possibilidades de controle do passo da animação em tempo de execução e chamadas de eventos dentro da reprodução da animação, gráficos com sondas de reflexão e sistema de partículas modular orientado por curva e gradiente além de ferramentas UI Intuitivas. Conta-se ainda com um avançado perfil de memória para otimização e nível de suporte de detalhes, ainda com suporte à mistura e masterização de áudios em tempo real, físicas 2D e 3D e criação de scripts com C# ou JavaScript.

The image shows a grid of six feature categories for Unity, each with a list of capabilities and two buttons: 'Saiba mais' and 'Tutoriais'.

- Animação**
  - ✓ Animações com retarget
  - ✓ Total controle do peso da animação em tempo de execução
  - ✓ Chamada de evento de dentro da reprodução da animação
  - ✓ Sofisticadas hierarquias e transições da máquina de estado
  - ✓ Blend Shapes para animações faciais
- Gráficos**
  - ✓ Real-time Global Illumination da Enlighten
  - ✓ Shading com base física
  - ✓ Sondagens de reflexão
  - ✓ Sistema de partículas modular orientado por curva e gradiente
  - ✓ Ferramentas UI intuitivas
- Otimização**
  - ✓ Avançado perfil de memória
  - ✓ Occlusion Culling da Umbra
  - ✓ Asset Bundles
  - ✓ Nível de suporte do detalhe
  - ✓ Redução do tamanho da construção
  - ✓ Sistema de trabalho multi-threaded
- Áudio**
  - ✓ Mistura e masterização em tempo real
  - ✓ Hierarquias de mixers, snapshots e efeitos predefinidos
- Física 2D e 3D**
  - ✓ Box2D com uma ampla série de mecanismos efetores, junções e colliders
  - ✓ NVIDIA® PhysX® 3.3
- Criação de scripts**
  - ✓ C# e JavaScript
  - ✓ Native Visual Studio integration
  - ✓ Todos os recursos com Path Finding e Navigation Meshes avançados e automatizados

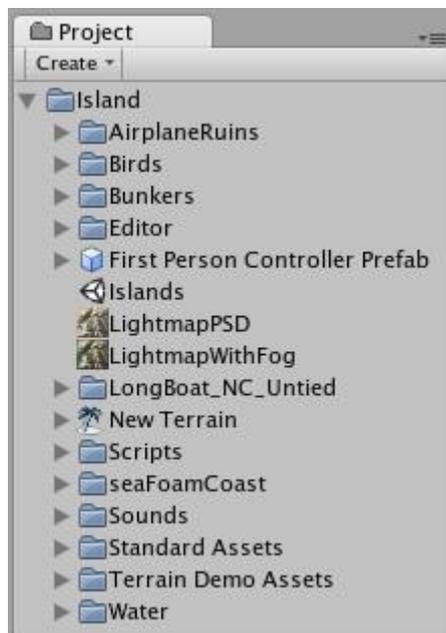
**Figura 15 - Funções do Unity**  
Fonte: Unity Comunity (2009)

### 3.2.1.1 Barra de Tarefas

#### **Project view**

A janela *Project* na Figura 16 é a interface para manipulação e organização dos vários arquivos (*Assets*) que compõem um projeto tais como *scripts*, modelos, texturas, efeitos de áudio e *Prefabs*, os quais serão detalhados mais adiante na seção de *scripting*. A estrutura exibida na janela *Project* é correspondente à sub-pasta *Assets* dentro da pasta do projeto no sistema de arquivos do computador. Recomenda-se que a manipulação de sua estrutura e conteúdo seja efetuada somente dentro da Unity, a fim de manter a integridade dos metadados que são associados a estes elementos. Entretanto, certas mudanças, como atualização de uma

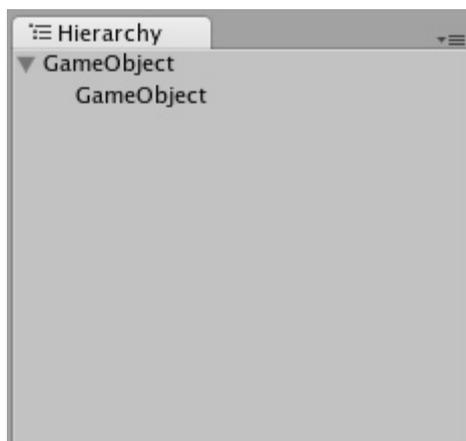
textura por um editor de imagens por exemplo, ou mesmo a adição de novos *Assets*, pode ser feita de forma segura diretamente no sistema de arquivos.



**Figura 16 - Project View**  
Fonte: Unity Community (2009)

### **Hierarchy view**

A janela *Hierarchy*, na Figura 17, exibe todos os elementos da cena que encontram-se na cena que se está editando. Além disso, nessa janela pode-se organizar e visualizar a hierarquia de composição entre os vários objetos que compõem a cena (grafo de cena).



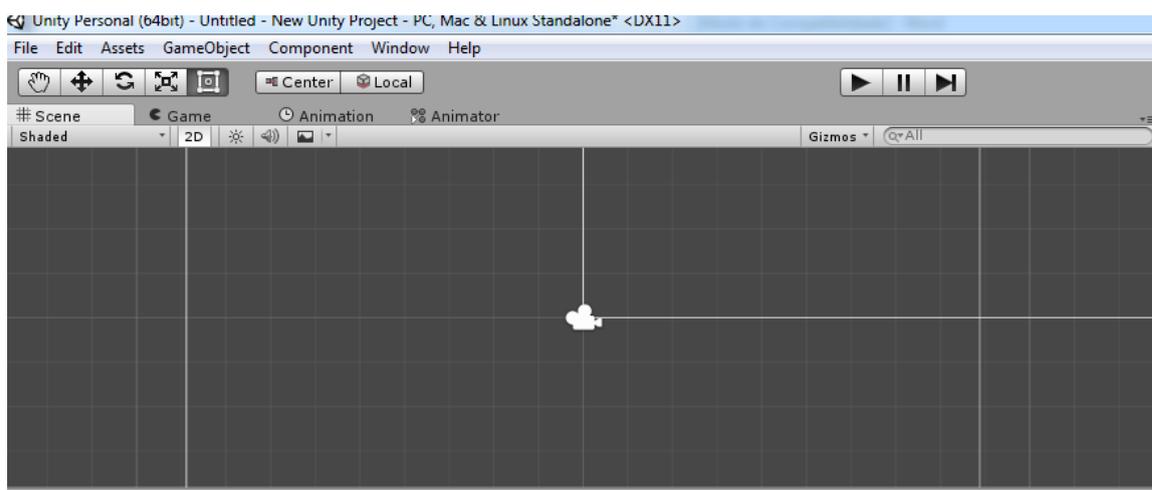
**Figura 17 - Hierarchy view**  
Fonte: Unity Community (2009)

## Scene view

A janela *Scene* na Figura 18 é a forma principal de manipulação dos elementos visuais no editor de cenas da Unity, possibilitando a orientação e posicionamento desses elementos com um *feedback* imediato do efeito das alterações efetuadas. Nesta janela, pode-se manipular graficamente os objetos através das opções de arrastar e soltar com o mouse. Essa manipulação é semelhante àquela de ferramentas de modelagem 2D e pode-se manipular objetos tais como câmeras, cenários, personagens e todos os elementos que compõem a cena.

Devido a sua grande importância durante o desenvolvimento de uma aplicação, várias formas de navegação são oferecidas a fim de aumentar ainda mais a produtividade do desenvolvedor.

Além disso, as ferramentas básicas de manipulação dos elementos da cena, tais como *pan*, translação, rotação e escala também estão disponíveis para utilização nesta janela através de atalhos de teclado (teclas Q, W, E e R).



**Figura 18 - Scene view**  
Fonte: Unity Community (2009)

## Game view

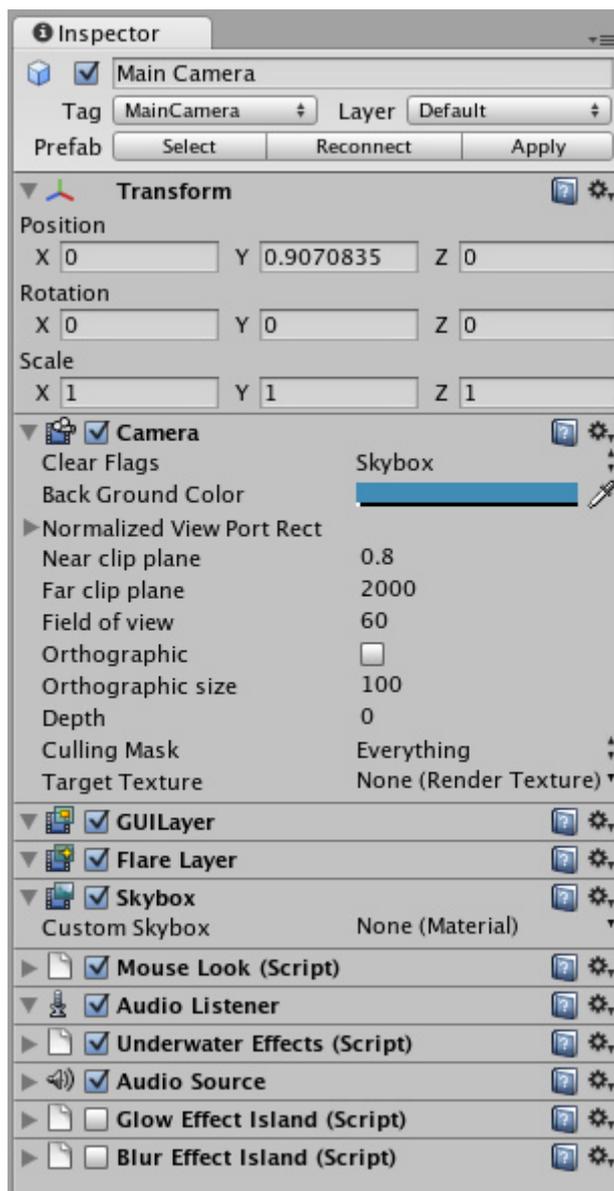
A janela *Game* é responsável pela visualização da aplicação em desenvolvimento da forma que ela será exibida quando finalizada. Nessa janela, pode-se rapidamente ter uma prévia de como os elementos estão se comportando dentro da aplicação. Além disso, a Unity fornece a opção de se paralisar (botão *pause*) a simulação enquanto ela estiver em depuração, de forma a possibilitar que os parâmetros dos vários elementos possam ser ajustados para

experimentação. Lembramos que o ajuste desses parâmetros não necessitam que a simulação esteja paralisada, podendo ser alterados inclusive enquanto a simulação esteja em execução.

Nesta janela, também pode-se visualizar várias informações estatísticas (*stats*) sobre a simulação, tais como tempo de processamento e número de frames por segundo, número de triângulos e vértices renderizados, memória de textura utilizada, entre outras. Esta opção é importante para a depuração do desempenho da simulação para uma posterior otimização, caso seja necessário.

### **Inspector view**

Na janela *Inspector*, na Figura 19, tem-se acesso aos vários parâmetros de um objeto presente no cenário, bem como aos atributos de seus componentes (*Components*). Ainda na janela *Inspector*, pode-se ajustar os atributos públicos (parâmetros) de cada componente, inclusive durante a execução da aplicação.



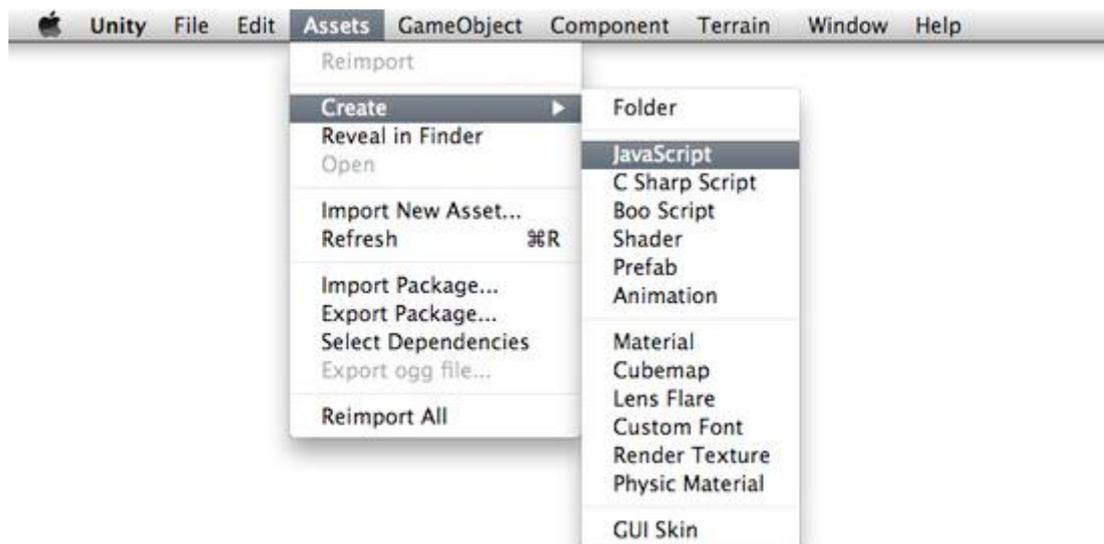
**Figura 19 - Inspector view**  
 Fonte: Unity Community (2009)

### Criação de scripts

Para criar um *script*, conforme Figura 20, basta escolher a opção *Assets -> Create -> Javascript* no menu principal.

Também é possível se criar *scripts* usando o botão direito do mouse sobre a janela *project*.

Existe a opção de se criar o *script* em qualquer uma das três linguagens disponíveis.



**Figura 20 - Criação de scripts**

Fonte: Unity Community (2009)

É possível se editar o *script* clicando duas vezes sobre o mesmo na janela *Project*. Isso irá abrir o editor padrão (UniScite no Windows ou Unitron no Mac OSX). A edição de *scripts* sempre é feita em um programa externo e não diretamente pela Unity3D, que pode ser alterado nas preferências de usuário. Esse é o conteúdo de um *Javascript* recém-criado na Unity:

```
function Update () {  
  
}
```

Um *script* novo não realiza tarefa alguma ainda, então pode-se adicionar funcionalidade ao mesmo. O código a seguir serve como um exemplo básico:

```
function Update () {  
  
print("Hello World");  
  
}
```

Ao ser executado, esse código irá exibir a expressão "Hello World" no console. Mas ainda não existe nada que causa a execução desse código. É necessário se acoplar esse *script* a um *Game Object* ativo na cena para que isso ocorra. Isso pode ser feito se arrastando o arquivo do script para o objeto escolhido tanto na janela *Hierarchy*, quanto diretamente ao mesmo na janela *Scene*.

### 3.2.2 ARDUINO

O Arduino foi utilizado neste trabalho para o desenvolvimento da parte do hardware (parte física), onde utilizou-se uma lâmpada de LED para representar a transmissão ou não de carga a determinado centro urbano de acordo com os comandos executados pelo simulador do SAGE (parte do software).

Criado em 2005 a plataforma Arduino, conforme Figura 21, vem sendo utilizada em várias aplicações. Por se tratar de uma plataforma livre e de baixo custo é muito utilizada no ensino, seja de crianças, adolescentes, jovens ou adultos.



**Figura 21 - Plataforma Arduino**

Fonte: Mcroberts (2011)

Arduino é uma plataforma de eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fácil de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativar um motor, ligar um LED, publicar algo on-line. Você pode dizer a sua placa o que fazer, enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador na placa. Para isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada em Fiação) e o Arduino Software (IDE), baseado em Processamento.

Em termos de praticidade, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes que estejam

conectados a ele externamente (MCROBERTS, 2011). Para tanto, pode também ser utilizado para o desenvolvimento de objetos interativos de formas independentes ou pode estar conectado a um computador, a uma rede local ou, ainda, à Internet.

Ao longo dos anos milhares de projetos tem utilizado arduino como cérebros, desde objetos cotidianos até complexos instrumentos científicos. Uma comunidade mundial de criadores - estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais - reuniu-se em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma quantidade incrível de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas.

Arduino nasceu no Ivrea Interaction Design Institute como uma ferramenta fácil para a prototipagem rápida, dirigida a estudantes sem formação em eletrônica e programação. Assim que chegou a uma comunidade mais ampla, a placa Arduino começou a mudar para se adaptar a novas necessidades e desafios, diferenciando sua oferta de placas de 8 bits simples para produtos para aplicações IoT, wearable, impressão 3D e ambientes embutidos. Todas as placas Arduino são totalmente open-source, capacitando os usuários a construí-los de forma independente e eventualmente adaptá-los às suas necessidades específicas. O software, também, é open-source, e está crescendo através das contribuições dos usuários em todo o mundo.

Graças à sua experiência de utilizador simples e acessível, o Arduino tem sido utilizado em milhares de projectos e aplicações diferentes. O software Arduino é fácil de usar para iniciantes, mas flexível o suficiente para usuários avançados. Ele é executado em Mac, Windows e Linux. Professores e alunos usam-no para construir instrumentos científicos de baixo custo, para provar princípios de química e física, ou para começar com programação e robótica. Desenhadores e arquitetos constroem protótipos interativos, músicos e artistas usam-no para instalações e experimentam com novos instrumentos musicais. Fabricantes, é claro, usá-lo para construir muitos dos projetos exibidos na Maker Faire, por exemplo. Arduino é uma ferramenta chave para aprender coisas novas. Qualquer pessoa - crianças, amadores, artistas, programadores - pode começar a mexer apenas seguindo as instruções passo a passo de um kit ou compartilhando idéias on-line com outros membros da comunidade Arduino.

Existem muitos outros microcontroladores e plataformas de microcontroladores disponíveis para computação física. Parallax Basic Stamp, BX-24 da Netmedia, Phidgets, Handyboard do MIT e muitos outros oferecem funcionalidade semelhante. Todas essas ferramentas levam os detalhes sujos de programação de microcontrolador e envolvê-lo em um pacote fácil de usar. Arduino também simplifica o processo de trabalhar com microcontroladores, mas oferece

alguma vantagem para professores, alunos e amadores interessados sobre outros sistemas:

- **Custo** - Placas Arduino possuem relativamente custos menores em comparação com outras plataformas de microcontroladores. A versão mais barata do módulo Arduino pode ser montada manualmente, e mesmo os módulos Arduino pré-montados custam menos de US \$ 50.
- **Cross-platform** - O software Arduino (IDE) é executado em sistemas operacionais Windows, Macintosh OSX e Linux. A maioria dos sistemas de microcontroladores são limitados ao Windows.
- **Ambiente de programação simples e claro** - O software Arduino (IDE) é fácil de usar para iniciantes, mas flexível o suficiente para que os usuários avançados também possam aproveitar. Para os professores, é convenientemente baseado no ambiente de programação de Processamento, para que os alunos aprendam a programar nesse ambiente estarão familiarizados com o funcionamento do IDE do Arduino.
- **Software de código aberto e extensível** - O software Arduino é publicado como ferramentas de código aberto, disponíveis para a extensão por programadores experientes. A linguagem pode ser expandida através de bibliotecas C ++, e as pessoas que desejam entender os detalhes técnicos podem dar o salto do Arduino para a linguagem de programação AVR C em que se baseia. Da mesma forma, você pode adicionar AVR-C código diretamente em seus programas Arduino se você quiser.
- **Open source e hardware extensível** - Os planos das placas Arduino são publicados sob uma licença Creative Commons, para que designers de circuitos experientes possam fazer sua própria versão do módulo, estendendo-a e melhorando-a. Mesmo os usuários relativamente inexperientes podem construir a versão de painéis do módulo, a fim de entender como ele funciona e economizar dinheiro.

O Arduino utilizado no projeto é o modelo Uno equipado com um microcontrolador AVR Atmel 328 de 8 bits. A Figura 22 ilustra a placa de prototipação modelo Arduino Uno.



**Figura 22 - Placa Arduino Uno**

Fonte: Mcroberts (2011)

A seguir é demonstrado o código Arduino utilizado para a execução dos comandos de fecha e abre o circuito na maquete, onde o recebimento da letra “L” acende o LED e a letra “D” desliga o mesmo:

```
const int LED = 12;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (Serial.available())
  {
    switch(Serial.read())
    {
      case 'L':
        digitalWrite(LED, HIGH);
        break;
      case 'D':
        digitalWrite(LED, LOW);
        break;
    }
  }
}
```

## **4. PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA**

### **4.1 ANÁLISE**

#### **4.1.1 Meta Instrucional**

A Meta Instrucional deste projeto de pesquisa baseia-se em levar o aluno a entender o funcionamento básico de operação de uma subestação e transmissão de energia, possibilitando ao aluno, através do ensino dirigido do professor em conjunto com o simulador o aprendizado prático de rotinas básicas dentro dessas subestações, simplificando o que na maioria das vezes parece muito complexo e de difícil entendimento. E ainda, o ensino dos princípios básicos de disjuntores, transformadores e chaves seccionadoras. Permitindo ainda que o aluno veja a seriedade de uma subestação e visualize as graves consequências decorrentes de operações incorretas.

#### **4.1.2 Analisar Aprendizagem e Contexto**

Para que o objetivo do simulador seja alcançado o aluno precisará utilizá-lo com o auxílio do professor em sala de aula e seguir as instruções operacionais, conhecer princípios básicos de eletricidade, entender sobre os principais elementos dos sistemas de potência e perceber a forma correta de se fazer operações no sistema. O público a que se destina esse simulador são alunos do ensino técnico em eletrotécnica e alunos de eletricidade básica.

#### **4.1.3 Objetivo de Desempenho**

Com o uso do simulador os alunos serão aptos a identificar os principais elementos de uma subestação, o seu funcionamento, suas operações e manutenções. Para que esses objetivos sejam alcançados os alunos precisarão seguir as instruções do simulador juntamente com as instruções do professor em sala de aula.

### **4.2 PROJETO**

Este projeto foi desenvolvido com base em uma estratégia instrucional. A estratégia que foi usada no simulador deste projeto, é apresentada através do plano da unidade

instrucional conforme Tabela 1, no qual o sequenciamento dos conteúdos foram definidos, os materiais usados pelos professores e alunos e as estratégias de aprendizagem.

Propósito	Auxiliar em sala de aula no aprendizado de princípios básicos de eletricidade em uma subestação de energia elétrica.
Objetivo de Desempenho e Aprendizagem	Após a ministração da aula com o Simulador, espera-se que o aluno saiba: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar os principais componentes de uma Subestação</li> <li>- Entender o princípio de transmissão e distribuição de energia</li> <li>- Entender o princípio de funcionamento sobre manobras em subestações</li> <li>- Entender os riscos de uma subestação no que diz respeito às suas manutenções</li> <li>- Ambientar o aluno com o sistema de operações de subestações utilizados no Brasil.</li> </ul>
Ambiente e Recursos	Laboratório de Informática com 22 computadores
Estratégia Instrucional	Utilização de Simulador educacional
Interação	De 1 a 2 Alunos por computador
Restrições	Duração no máximo 5 minutos
Percepção do aprendizado	Preenchimento de questionários

**Tabela 1 - Estratégia Instrucional**

Fonte: do autor

### 4.3 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

#### 4.3.1 - Motivação

O Simulador proposto “**Simulador de uma Subestação Elétrica Para Ensino de Princípios Básicos de Eletricidade**” tem como motivação o desenvolvimento de um cenário 2D, onde o aluno poderá ver vídeos introdutórios sobre disjuntores, transformadores e chaves seccionadoras e além disso praticar o que aprendeu na teoria ligando e desligando circuitos elétricos em um sistema baseado em uma subestação e visualizar em um mini circuito a transmissão ou não de carga a um centro urbano que no simulador foi utilizado uma luz LED para esta representação, através dos comandos enviados através do simulador (Silva. et all, 2016).

E está motivado pelo fato de que uma ferramenta que possibilite a praticar a teoria em lugares de difícil acesso leva o aluno a aprender com mais qualidade e a estar mais preparado para o mercado de trabalho.

### 4.3.1– Os Ambientes

#### 4.3.1.1 Menu Inicial

Ao iniciar o simulador, o aluno terá disponível um menu simples, conforme Figura 23, com opções de visualizar uma introdução, assistir vídeos sobre chaves seccionados, disjuntores ou transformados e ainda também, se desejar, ir direto para tela do simulador, onde ele poderá praticar a teoria aprendida através dos vídeos e da aula.

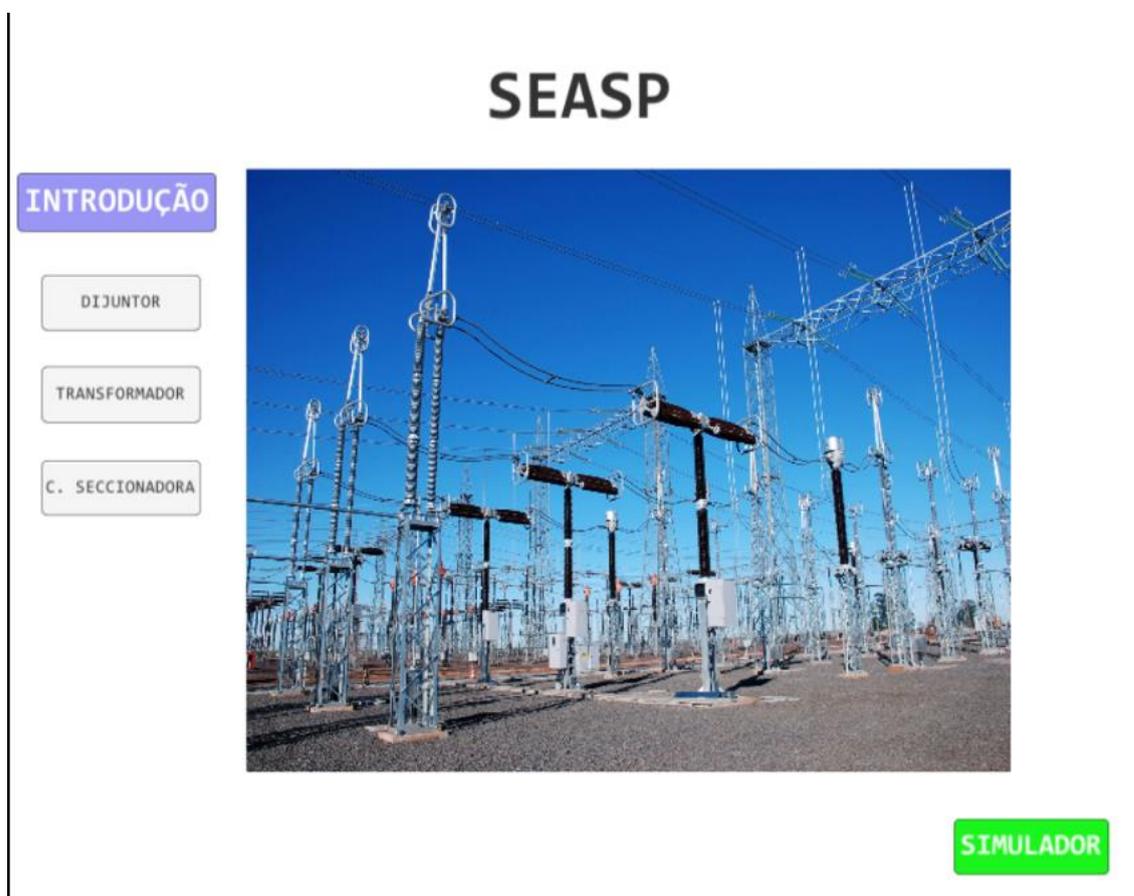


Figura 23 - Menu Inicial do Simulador

#### 4.3.1.2 Introdução

Na parte de introdução, na Figura 24 é apresentado ao usuário uma pequena introdução com as boas vindas e a apresentação dos objetivos básicos do simulador.

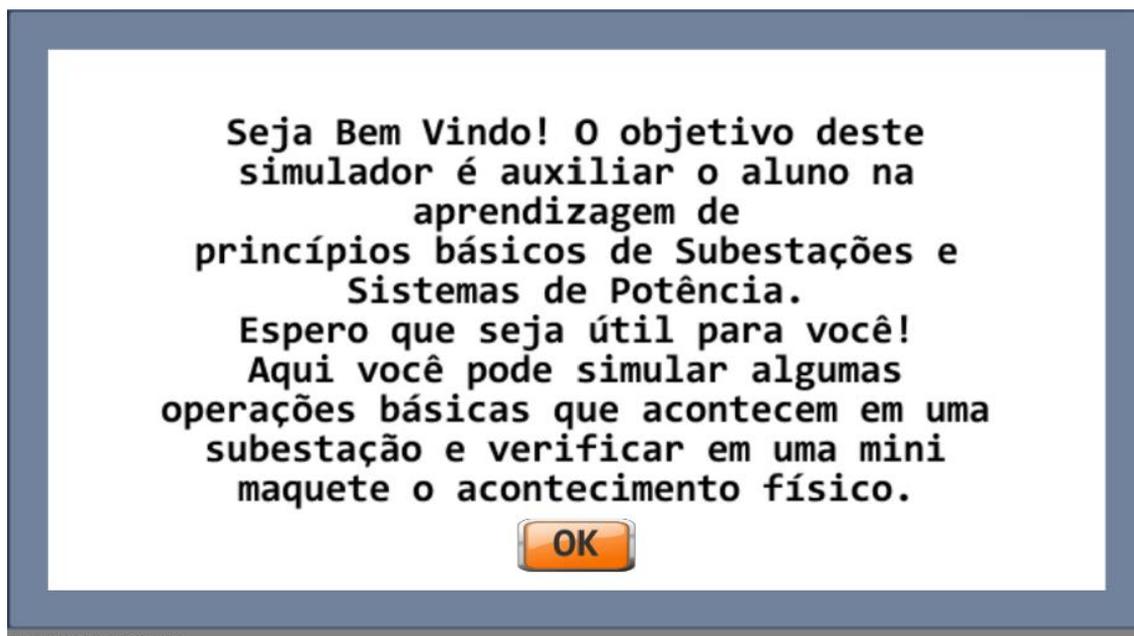


Figura 24 - Menu introdução

#### 4.3.1.3 Vídeo de Introdução

Ainda no menu inicial, na Figura 25, o usuário poderá assistir um vídeo educacional que apresentará conceitos básicos de uma subestação, o qual tem o objetivo de ambientar o aluno para a operação de simulação e ensinar alguns conceitos básicos.

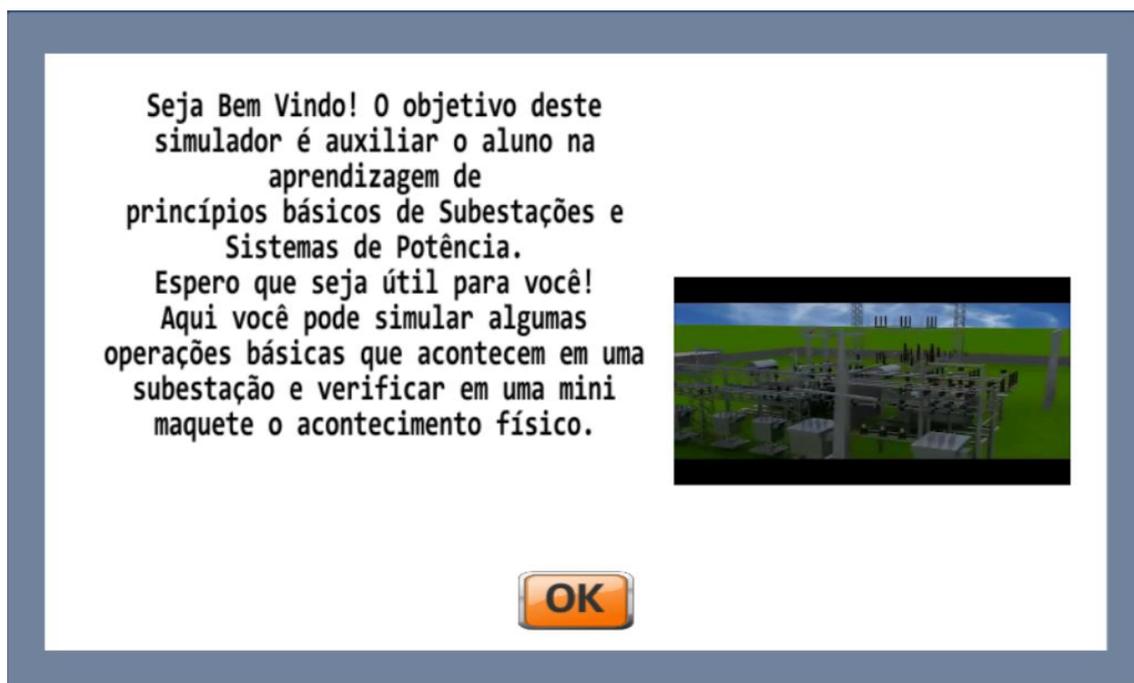


Figura 25 - Vídeo Introdução

#### 4.3.1.4 Disjuntores

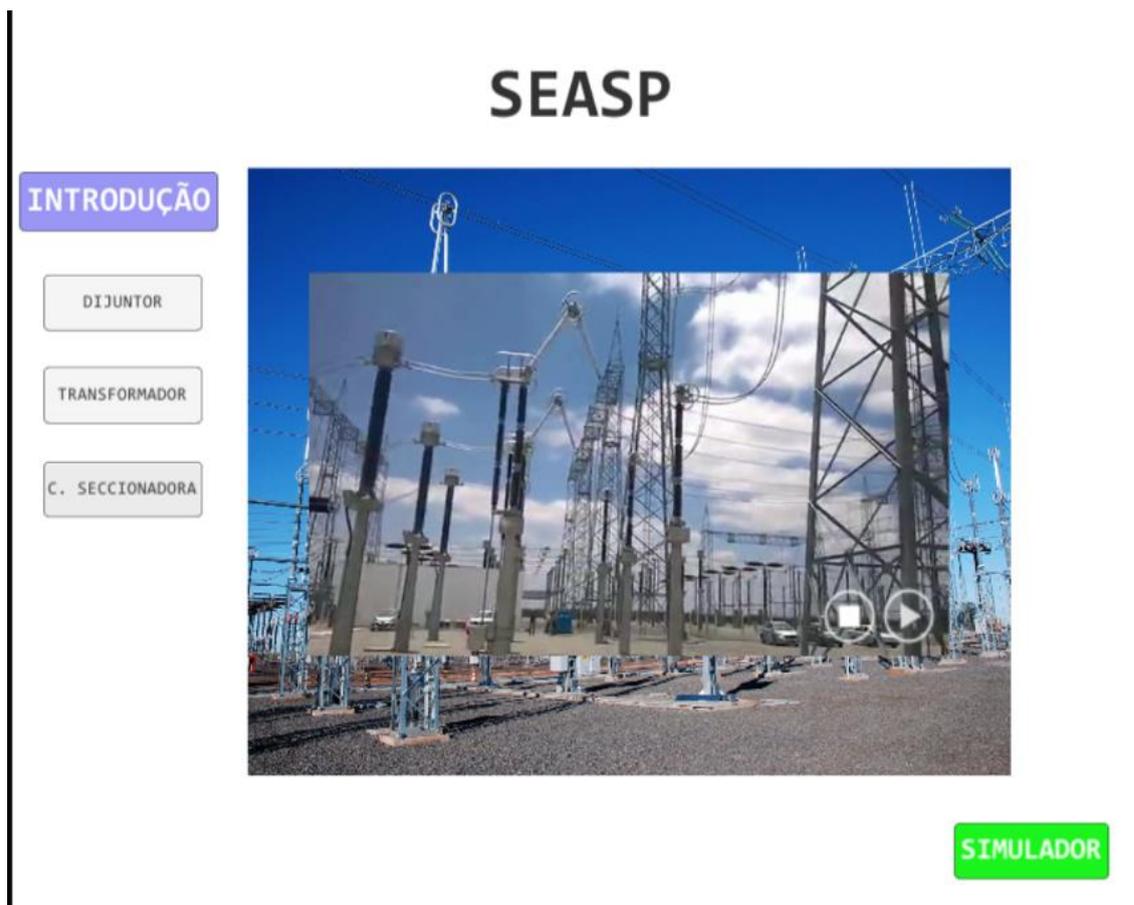
Nesta parte do simulador é apresentado aos alunos o componente disjuntor na Figura 26, que é um dispositivo eletromecânico, que funciona como um interruptor automático, destinado a proteger uma determinada instalação elétrica contra possíveis danos causados por curtos-circuitos e sobrecargas elétricas. A sua função básica é a de detectar picos de corrente que ultrapassem o adequado para o circuito, interrompendo-a imediatamente antes que os seus efeitos térmicos e mecânicos possam causar danos à instalação elétrica protegida.



**Figura 26 – Vídeo sobre Disjuntores**

#### 4.3.1.5 Chaves Seccionadoras

Nesta parte do simulador é apresentado aos alunos o componente chave seccionadora, na Figura 27, e seu funcionamento, que é um dispositivo mecânico de manobra capaz de seccionar um circuito elétrico, desenvolvidos de acordo com as normas vigentes atendendo aos requisitos da NR12 e conforme normas internacionais IEC 60947-1 e 3.



**Figura 27 - Chaves Seccionadoras**

#### 4.3.1.6 Transformadores

Nesta parte do simulador é apresentado aos alunos o componente transformador, na Figura 28, que são equipamentos utilizados na transformação de valores de tensão e corrente, além de serem usados na modificação de impedâncias em circuitos elétricos.



Figura 28 - Transformadores

#### 4.3.1.7 Ambiente Principal

No ambiente principal de simulação na Figura 29, é feito uma réplica da tela do sistema SAGE utilizado pela Eletronorte. Neste ambiente, são apresentados os disjuntores em um circuito unifilar que faz parte da tela principal do sistema SAGE. São simulados na tela os disjuntores que se situam em duas linhas de transmissão L1 e L2 que recebem carga externa vinda de uma usina hidroelétrica. A tarefa do aluno, após a ministração da aula, será abrir ou interromper a corrente em uma dessas linhas de transmissão através da abertura ou fechamento dos disjuntores. E conseqüentemente simular, através do botão manutenção, se é possível ou não um operador de pátio realizar a manutenção em umas das linhas. Caso o aluno faça a operação correta será dada uma mensagem para ele avisando que a manutenção pode ser efetuada, caso contrário aparecerá um efeito de explosão com uma mensagem indicando que a manutenção não é permitida. Ao lado, direito o usuário pode visualizar seis instruções técnicas, correspondentes aos seis disjuntores ligados nas linhas de transmissão, as quais trazem nomenclatura idêntica ao do manual utilizado na própria Eletronorte para familiarização com os termos técnicos, que auxiliam quais disjuntores devem ser selecionados para a realização da tarefa.

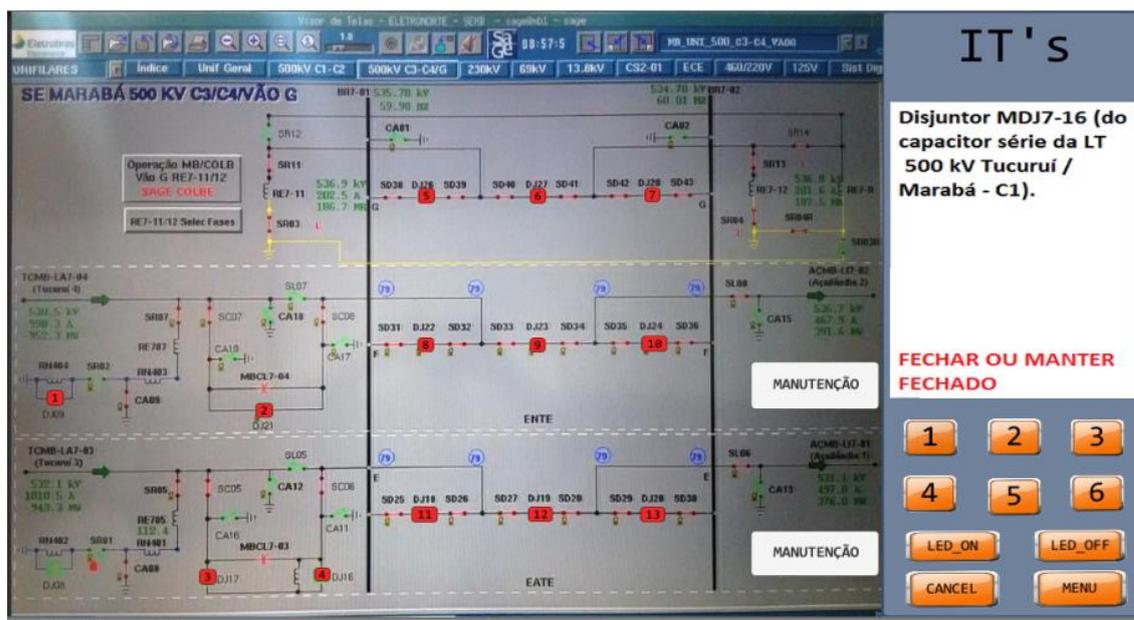


Figura 29 - Ambiente Principal (Simulador)

Fonte: Silva et. al (2016)

#### 4.3.1.8 Execução de Comandos

Na tela de execução de comandos na Figura 30, o usuário poderá optar por fechar ou abrir determinado disjuntor, afim de que seja feito uma manobra ou manutenção na subestação. De acordo com a seleção do usuário o disjuntor poderá abrir ou fechar implicando no item 4.3.1.9 que será a interligação com o mini circuito através do Arduino.

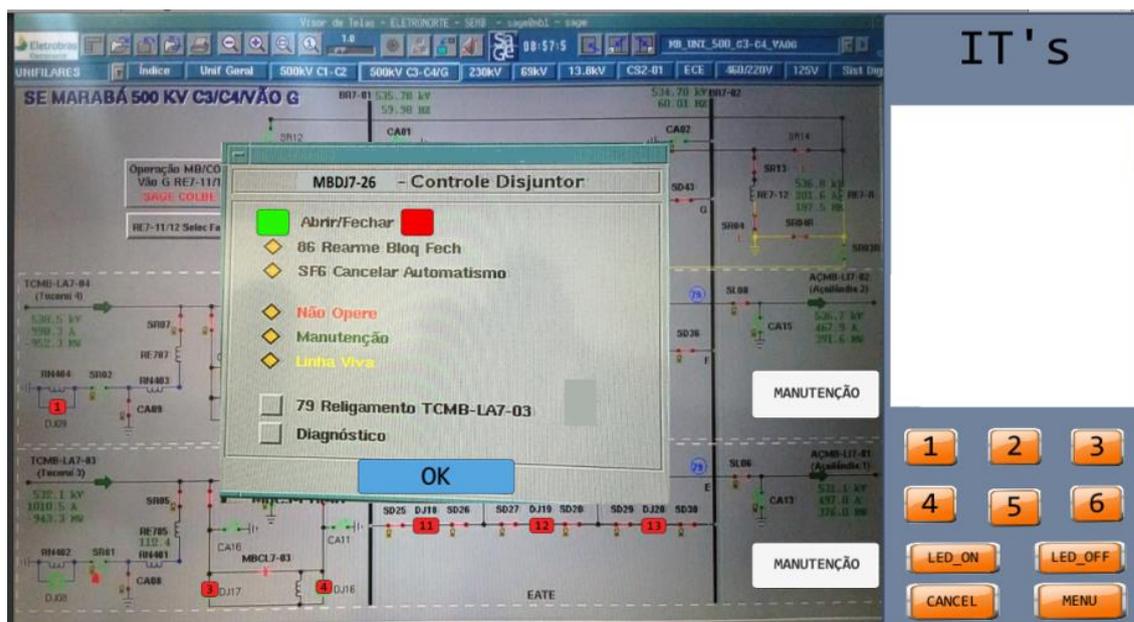
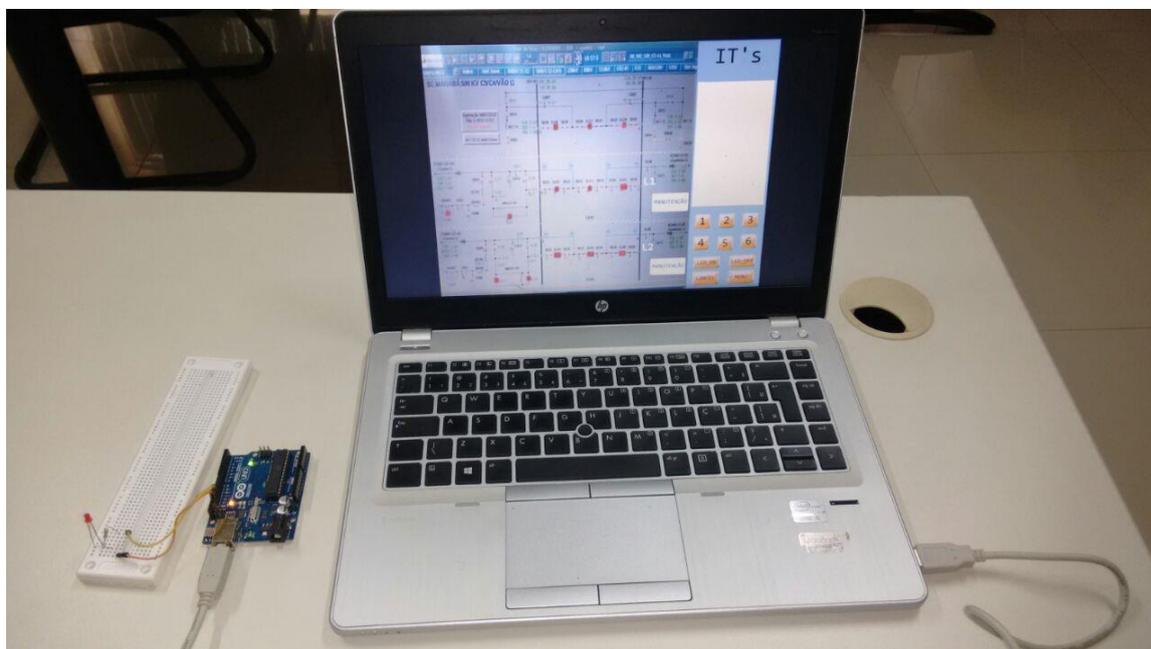


Figura 30 - Execução de Comandos

Fonte: Silva et. al (2016)

#### 4.3.1.9 Simulador (Hardware - Arduino Com LED)

Na Figura 31 é apresentada a ligação do hardware (Arduino com LED) com o software serve para possibilitar ao usuário a visualização das suas decisões (comandos em disjuntores e disposição das ligações dos mesmos), sendo que, se os disjuntores estiverem fechados na linha de Transmissão L1 ou L2, o LED ficará ligado. Porém, no momento em que pelo menos um disjuntor em uma das linhas de transmissão estiver desligado, o LED ficará desligado, simulando o corte da corrente elétrica em determinada linha de transmissão de um centro urbano.



**Figura 31 – Simulador (Hardware + Software)**  
Fonte: Silva et. al (2016)

## 4.4 EXECUÇÃO

O Simulador tem como objetivo auxiliar o professor no ensino das disciplinas de eletricidade e sistemas de potência. Para a comprovação da eficácia do simulador como auxílio na aprendizagem em sala de aula, foi executado um experimento em uma aula pré-agendada com os alunos para estudar conceitos aprendidos em sala de aula na teoria com o uso do simulador com um professor de eletricidade.

Este experimento contou com a presença de 15 alunos do curso técnico de informática integrado ao ensino médio com idades entre 14 e 18 anos no Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia (IFPA), Campus Industrial Marabá localizado na Folha 22 Quadra especial Lote especial 2.

A amostra de alunos foi definida de acordo com a disponibilidade dos mesmos e do professor para que não prejudicasse os mesmos com a carga horária das disciplinas em andamento. A pesquisa foi realizada no laboratório, conforme Figuras 32 e 33, onde cada aluno pode utilizar o simulador e responder, após o uso, os questionários de avaliação.



**Figura 32 - Aplicação da Aula com Simulador**



**Figura 33 - Aplicação da Aula com Simulador**

O Recrutamento para a aula com o simulador foi feito em sala de aula, onde se expos os objetivos da pesquisa e as tarefas que iriam ser realizadas, a participação foi opcional aos alunos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 AVALIAÇÃO SOBRE A AULA E SUGESTÕES

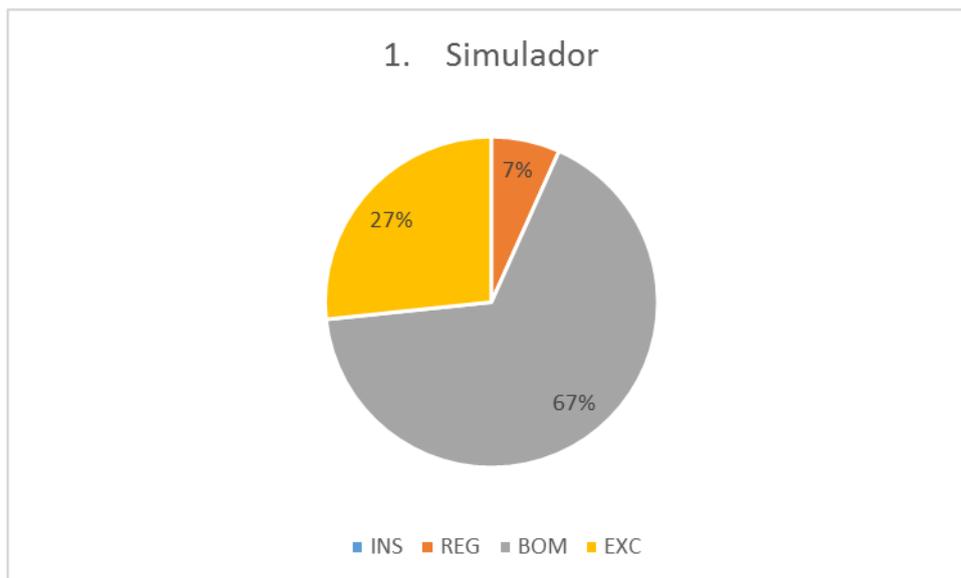
Para avaliação do objeto de pesquisa, foram feitos 4 momentos: 1- realização de questionário Pré-teste, 2- Introdução do tema da pesquisa com uma aula teórica, 3- execução do simulador, 4- aplicação do questionário pós-teste para comparar o crescimento do índice de conhecimento com o pré-teste e 5- Implementação do questionário para a coleta de dados do modelo de Christiane Gresse Von Wangenheim modificado para os fins de avaliação do simulador.

Após a aplicação do simulador foram colocadas na Tabela 2 as seguintes opiniões dos alunos sobre a aula com o uso do simulador e todos os procedimentos.

<b>NOTA</b>	<b>INS</b>	<b>REG</b>	<b>BOM</b>	<b>EXC</b>
1. Simulador (Software)		7%	67%	27%
2. Simulador (Hardware – mini circuito)			53%	47%
3. Conteúdo Aplicado			60%	40%
4. Praticidade		13%	47%	40%
5. Conhecimento de Subestações		7%	67%	27%
6. Correlação com seu curso		27%	40%	33%
7. Aprendizado		7%	53%	40%
8. Atendimento às expectativas		7%	60%	33%
9. Organização			60%	40%
10. Sua Participação		7%	33%	60%

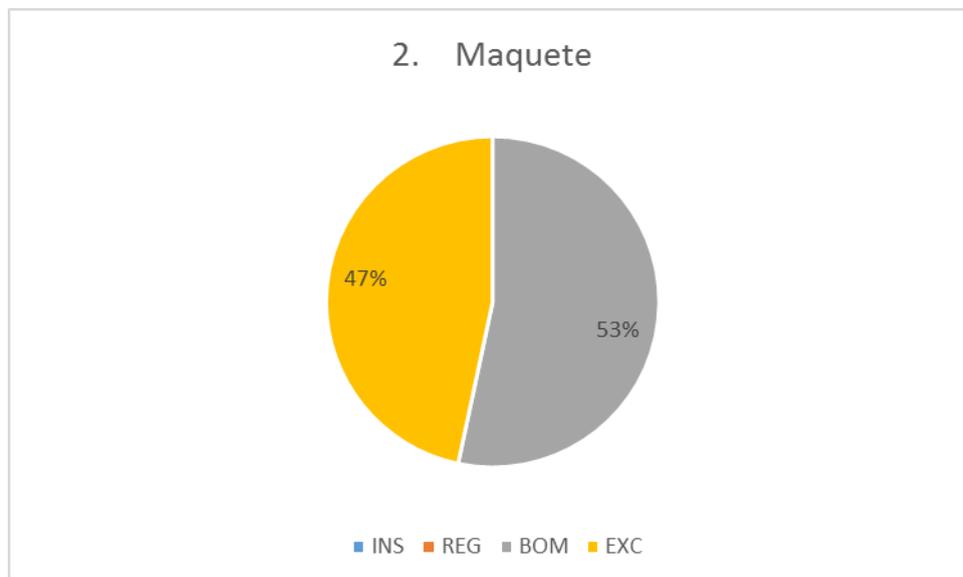
**Tabela 2 - Opiniões de uso do Simulador**

As informações a respeito das opiniões são apresentadas abaixo para melhor visualização.



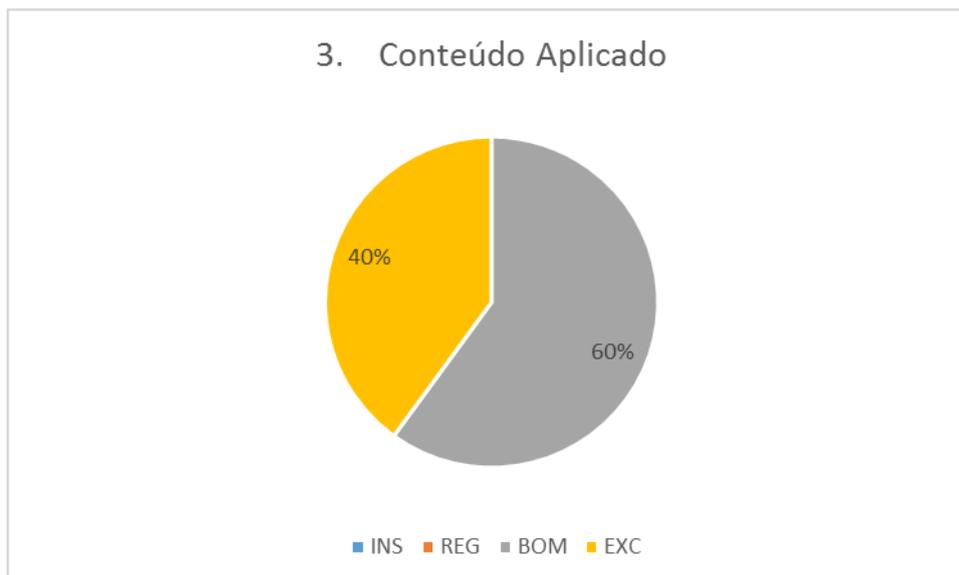
**Figura 34 - Avaliação Simulador (Software)**

Sobre a avaliação do simulador, na Figura 34 mostra que 27% dos alunos acharam excelente, 67% acharam Bom e 7% dos alunos concordaram que o uso do simulador foi regular.



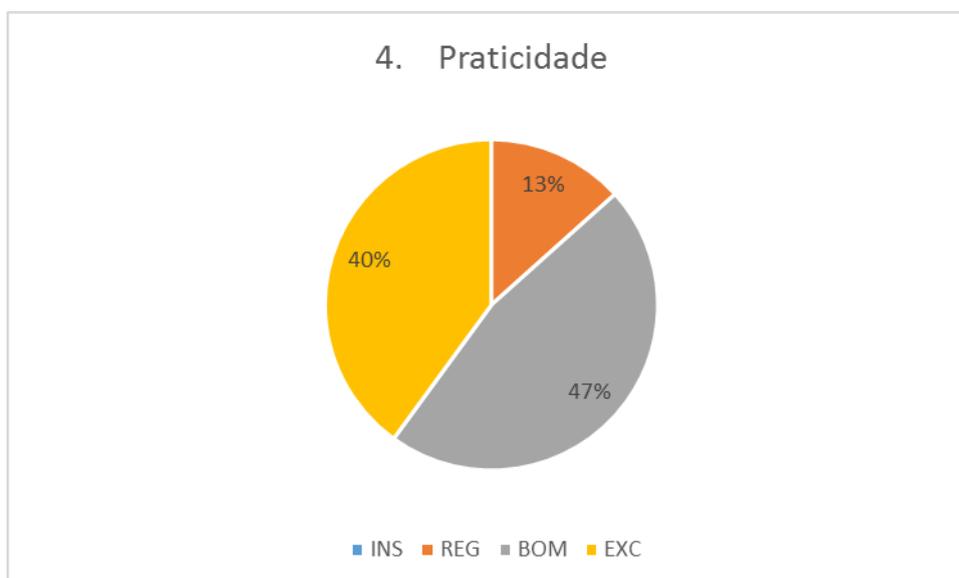
**Figura 35 - Avaliação Simulador (Hardware)**

Quanto ao uso da maquete que é o mini circuito, na Figura 35 mostra que 47% acharam excelente enquanto 53% opinaram Bom sobre o uso da mesma.



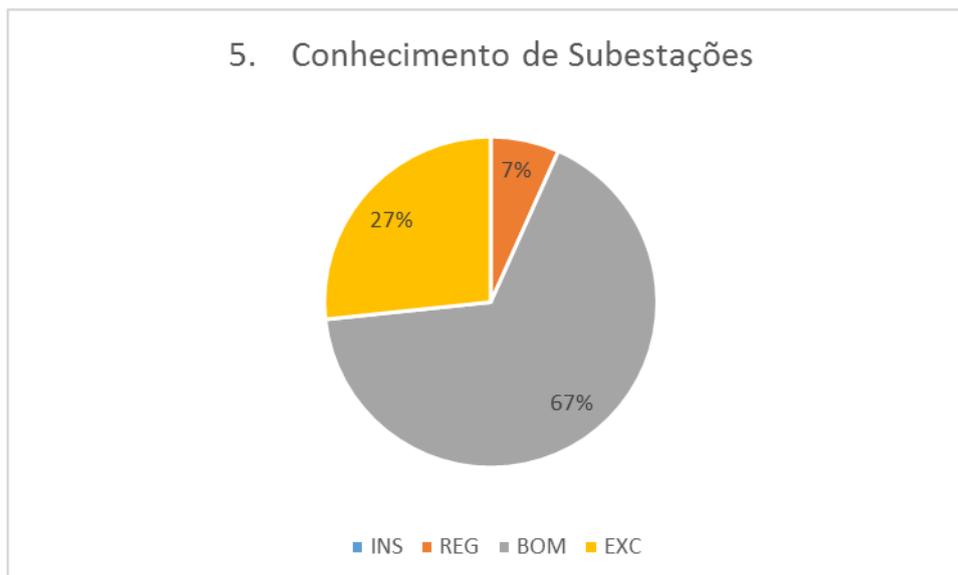
**Figura 36 - Avaliação Conteúdo**

Quanto ao conteúdo aplicado, na Figura 36 mostra que 60% acharam Bom enquanto 40% concordaram que o conteúdo aplicado foi excelente.



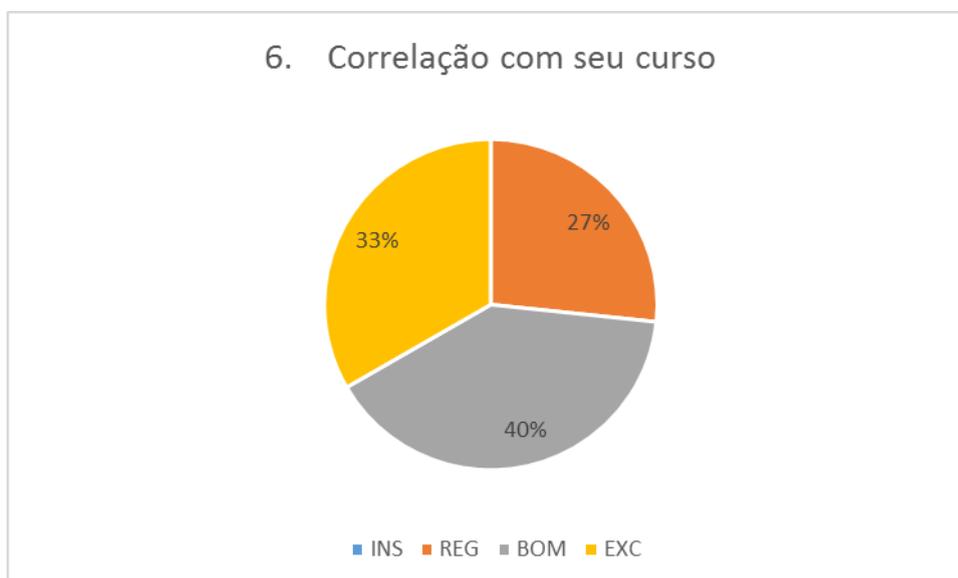
**Figura 37 - Avaliação Praticidade**

Quanto a Praticidade, na Figura 37 mostra que 47% acharam Bom, 40% acharam excelente, enquanto 13% concordaram que a praticidade foi regular.



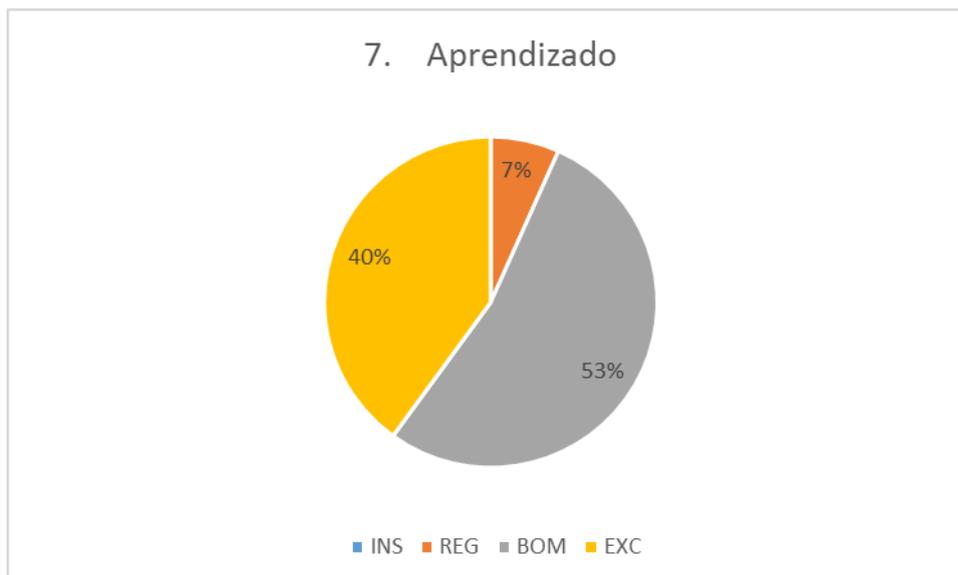
**Figura 38 - Avaliação sobre Conhecimento de Subestações**

Quanto ao Conhecimento de Subestações e seus equipamentos estudados, no uso do simulador, na Figura 38 mostra que 67% acharam Bom, 27% acharam excelente, enquanto 7% concordaram que o Conhecimento de Subestações foi regular.



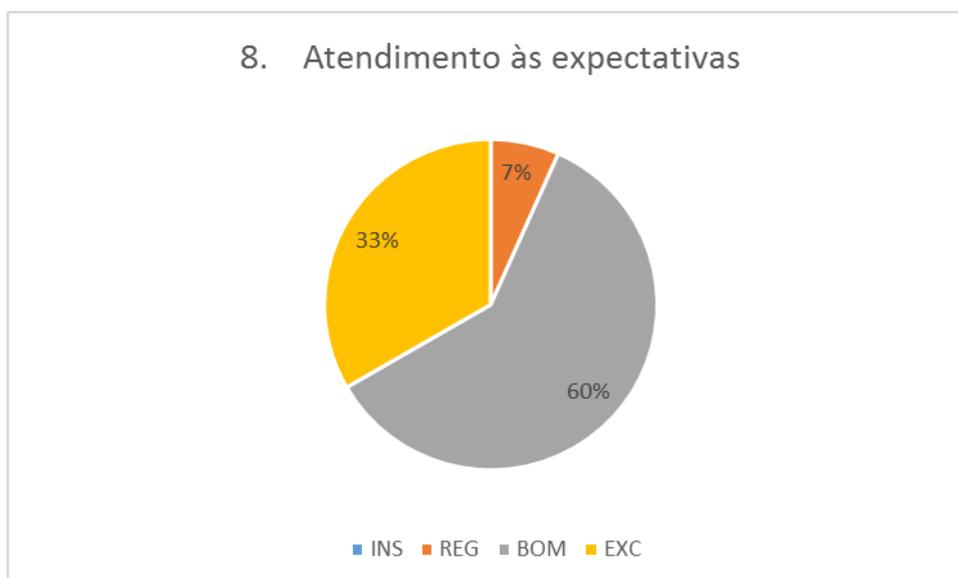
**Figura 39 - Avaliação de Correlação com o Curso**

Quanto a Correlação com seu Curso, ou seja a correlação com o curso do aluno, na Figura 39 mostra que 40% acharam Bom, 33% acharam excelente, enquanto 27% concordaram que o Conhecimento de Subestações foi regular.



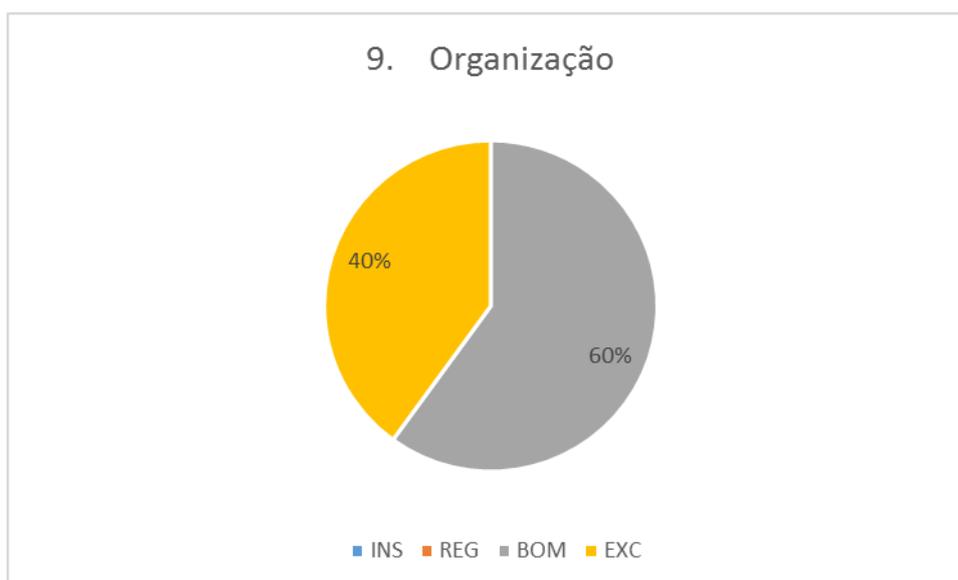
**Figura 40 - Avaliação quanto ao aprendizado**

Quanto ao Aprendizado de conceitos novos sobre subestações e seus componentes, na Figura 40 mostra que 53% acharam Bom, 40% acharam excelente, enquanto 7% concordaram que o Aprendizado foi regular.



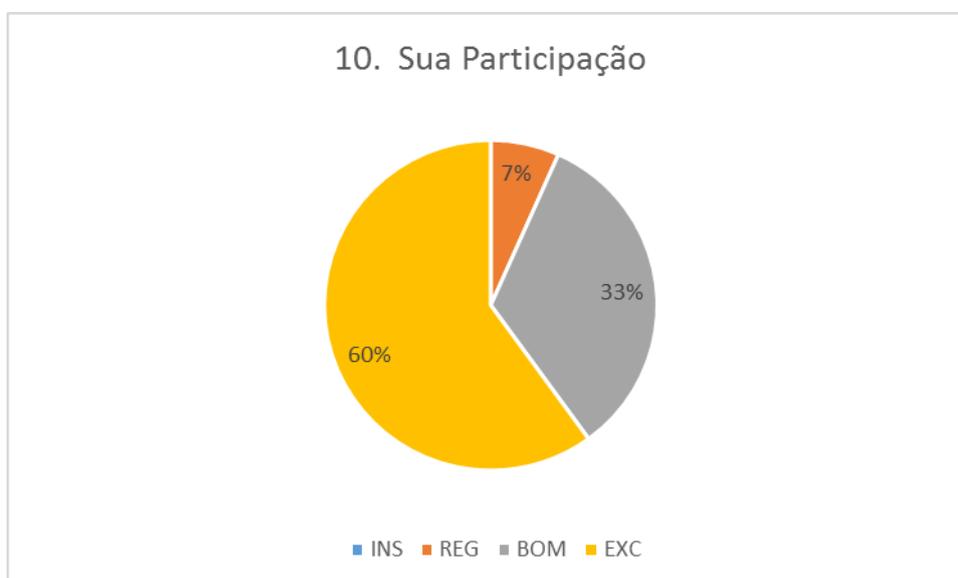
**Figura 41 - Avaliação quanto ao atendimento das expectativas**

Quanto ao Atendimento às expectativas, na Figura 41 mostra que 60% acharam Bom, 33% acharam excelente, enquanto 7% concordaram que o Atendimento às expectativas foi regular.



**Figura 42 - Avaliação quanto a organização da Aula**

Quanto a Organização da aula, na Figura 42 mostra que 60% acharam Bom, 40% acharam excelente.

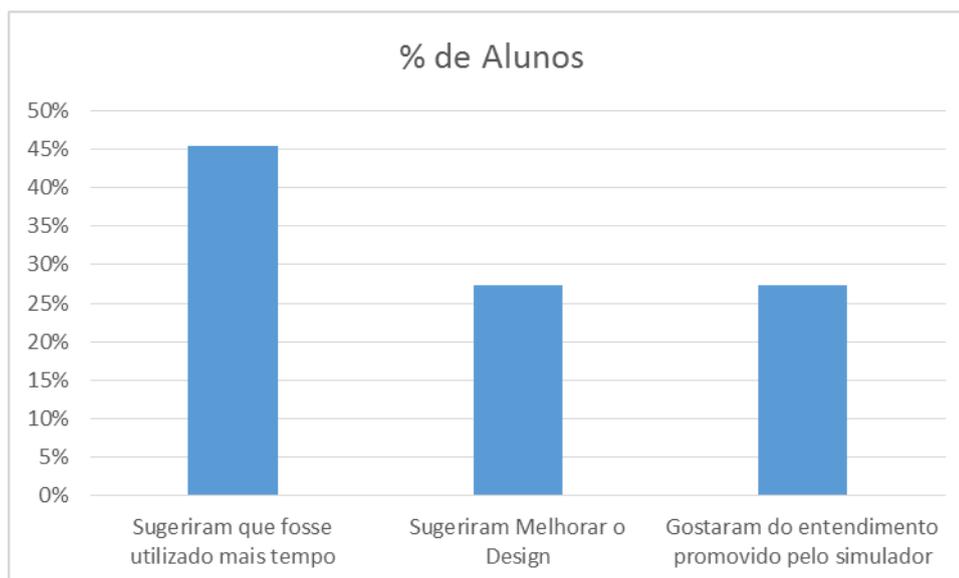


**Figura 43 - Avaliação quanto a Participação**

Quanto a participação, na Figura 43 mostra que 33% acharam Bom, 60% acharam excelente, enquanto 7% concordaram que a participação foi regular.

## Sugestões e Melhorias

Para que se pudessem ser feitas melhorias e até atualizações no simulador ou nas aulas, foi perguntado aos alunos sugestões para a aula e também para o aplicativo, obtendo-se as seguintes sugestões, conforme Figura 44:



**Figura 44 - Sugestões e Melhorias**

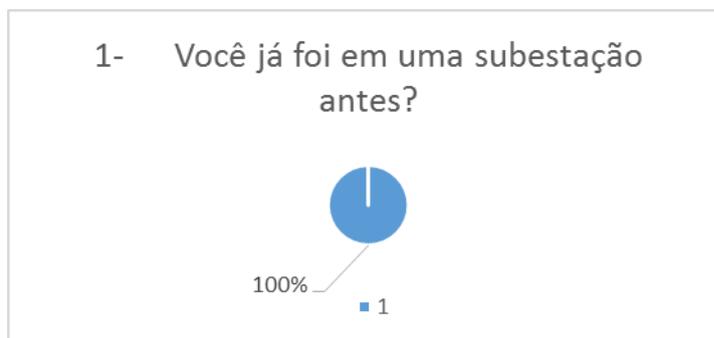
Dentro das sugestões feitas 45% dos alunos gostariam que a aula com a utilização do simulador durasse mais tempo, outros 27% sugeriram que o design do simulador fosse melhorado e ainda outros 27% gostaram do entendimento promovido pelo simulador.

## 5.2 AVALIAÇÃO DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Com o objetivo de medir o grau de conhecimento adquirido depois do uso do simulador, foram aplicados questionários antes e depois do uso. Segue a seguir resultados do crescimento do índice de conhecimento após a prática com o simulador. Primeiramente foi perguntado aos alunos se já tinham visitado uma subestação antes e como resultado nenhum aluno havia antes visitado uma subestação conforme Tabela 3 e Figura 45 a seguir:

	SIM	NÃO
<b>1- Você já foi em uma subestação antes?</b>		100%

**Tabela 3 - Ida a Subestação**

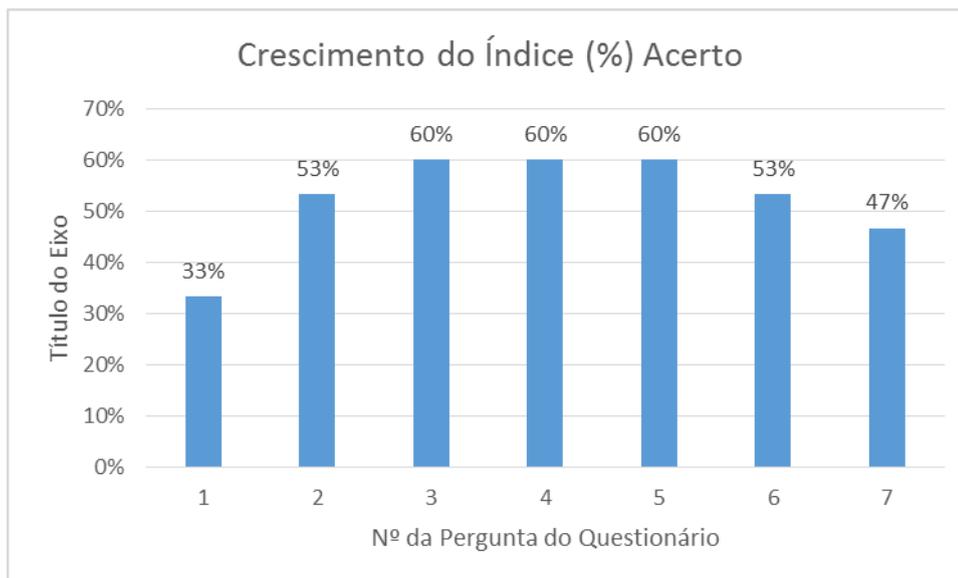


**Figura 45 - Gráfico de Ida a Subestação**

Quanto as perguntas para testes de conhecimento, erros e acertos, na Tabela 4 e na Figura 46, verificou-se que houve um bom índice de aumento do conhecimento do aluno a respeito dos temas e das perguntas realizadas antes e depois do uso do simulador, com índices de até 60% de crescimento dos acertos, demonstrando assim que o uso do simulador contribuiu significativamente para o aprendizado dos assuntos aqui propostos.

PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE		Crescimento do Índice (%) Acerto
Nº ACERTOS	Nº ERROS	Nº ACERTOS	Nº ERROS	
67%	33%	100%	0%	33%
53%	47%	93%	7%	53%
53%	47%	87%	13%	60%
53%	47%	87%	7%	60%
47%	53%	93%	7%	60%
60%	40%	87%	13%	53%
60%	40%	93%	7%	47%

**Tabela 4- Erros e Acertos Pré e Pós Teste**



**Figura 46 - Gráfico de Erros e Acertos Pré e Pós Teste**

Após o uso do simulador foi sondado sobre os conteúdos que mais ficaram claros para os alunos. A Tabela 5 apresenta os resultados mostrando que muitos dos objetivos propostos pelo simulador foram atingidos.

**3- Após o uso do simulador assinale um X no que ficou mais claro pra você:**

Conteúdo	Quantidade Assinadas	%
A forma como a energia é transmitida	13	87%
A forma como são realizadas as manutenções em subestações	11	73%
O Funcionamento dos Disjuntores	9	60%
O Funcionamento dos Transformadores	10	67%
O Funcionamento das Chaves Seccionadoras	13	87%
A real função de uma subestação	10	67%
Como e por onde vem as linhas de transmissão para nossa região	9	60%
O Perigo de se realizar manutenções em subestações sem o correto desligamento das linhas de transmissão	13	87%

**Tabela 5 - Conteúdos esclarecidos**

### 5.3 AVALIAÇÃO FEITA PELO PROFESSOR SOBRE O USO DO SIMULADOR EM SALA DE AULA



- 1- Poderia conter mais informações
- 2- Poderia ter algo em 3D
- 3- Poderia ser mais interativo

#### 5.4 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS

De maneira geral, o simulador gerou um efeito positivo no aprendizado dos alunos na maior parte dos itens, como podemos perceber conforme gráfico de sequências na Figura 48 a seguir:

##### Motivação

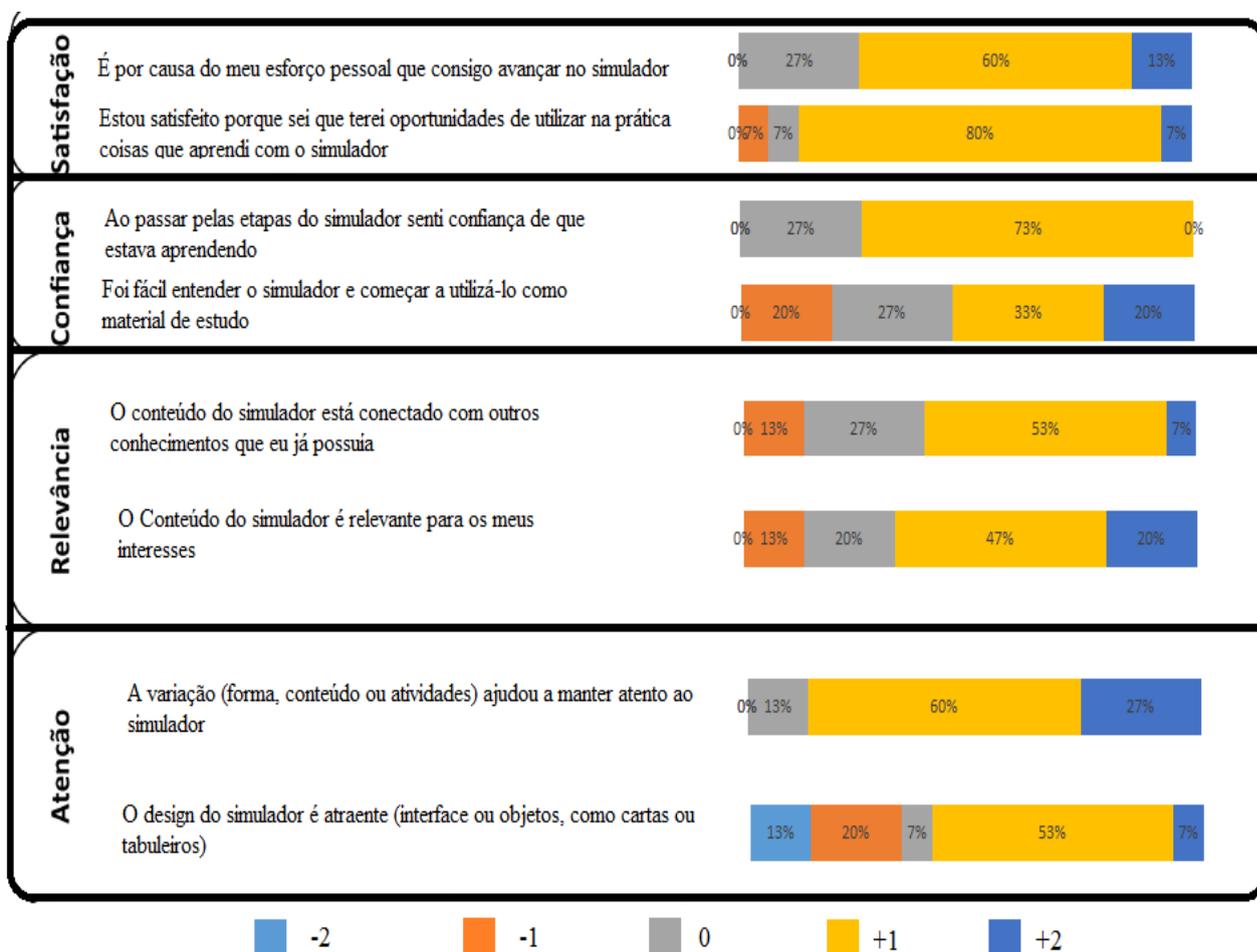


Figura 48 - Avaliação (Motivação)

Ao observar todos os parâmetros avaliados, notamos que a maior concentração de

notas atribuídas foi nos índices +1 e +2, a média total dos discentes que atribuíram a nota +1 foi de 59,87%, +2 foi atribuída por 12,62% dos alunos, 0 foi avaliado por 14,25% e -1 foi escolhida por 8,25% dos discentes que responderam o questionário. É possível ainda verificar que os índices de satisfação e confiança foram os que obtiveram melhores resultados na avaliação. Especificando mais de acordo com a o gráfico acima dividido em 4 partes (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação), podemos perceber:

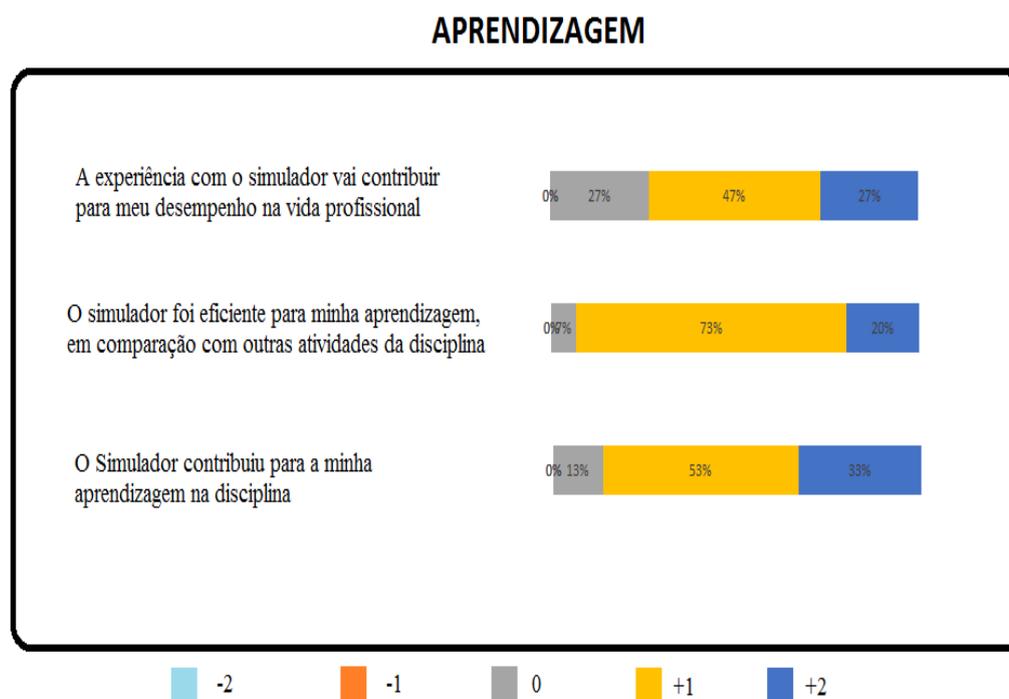
**a) Atenção:** Na consolidação dos dados percebeu-se que 60% acharam o design do simulador atraente e 87% acharam que a variação de forma conteúdo ou atividades ajudou a mantê-los atentos ao simulador. Apesar do quesito atenção ter notas boas notou-se que alguns estudantes não avaliaram bem o design do simulador que na consolidação ficou com 33% de conceitos negativos, provavelmente devido a tela do SAGE, uma vez que a mesma foi utilizada para aproximar mais os alunos da realidade, fazendo com que talvez o design não fosse tão atraente, e ainda um percentual de 7% que não souberam opinar sobre o item e 13% não souberam opinar sobre a variação de forma ou conteúdo do simulador na ajuda de mantê-los atentos.

**b) Relevância:** 87% dos alunos dizem que o simulador tem conteúdo relevante para os seus interesses, enquanto o conteúdo do simulador está conectado com outros conhecimentos que já possuíam cerca de 60% dos estudantes.

**c) Confiança:** O simulador foi considerado fácil de entender por 53% dos estudantes, porém 27% não souberam opinar e ainda outros 20% acharam difícil o entendimento. No entanto, 73% acharam que ao passar pelas etapas do simulador sentiam confiança que estavam aprendendo e ainda 27% não souberam opinar.

**d) Satisfação:** Neste item 87% dos alunos ficaram satisfeitos porque teriam oportunidades de ver na prática coisas que aprenderam com o simulador, porém 7% não souberam opinar e ainda 7% não ficaram satisfeitos. Quanto ao esforço pessoal para avançar no simulador 73% concordaram que o controle do simulador pode ser aprendido com esforço do aluno sem necessidade de muitas instruções considerando-o uma ferramenta de fácil uso. Porém 27% não souberam opinar sobre esse tema.

Especificadamente, podemos avaliar o item aprendizagem com o intervalo de tempo de aprendizagem em dois tempos: a curto prazo e a longo prazo, e percebe-se conforme Figura 49 abaixo:



**Figura 49 - Avaliação (Aprendizagem)**

**Dimensão Aprendizado de curto termo:** Em média 88% dos alunos avaliaram, atribuindo notas +1 e +2, que o simulador contribuiu para aprendizagem na disciplina e que foi eficiente o seu uso em comparação com outras atividades da disciplina. E, em média, apenas 6,5% não souberam opinar. O que mais uma vez faz com que se atinja o objetivo deste trabalho que é auxiliar os alunos a receberem de melhor forma os conhecimentos propostos pelo simulador com a maquete desenvolvida.

**Dimensão de Aprendizado de longo termo:** 74% dos alunos opinaram que a experiência com o simulador vai contribuir para o desempenho da vida profissional, enquanto 27% não souberam opinar, fato este que se deve por serem alunos do ensino médio que ainda não tem perspectivas de carreira formadas.

A ferramenta permitiu ao aluno enxergar à frente da disciplina, além da teoria, possibilitando empregá-las em situações reais, que podem ser encontradas "fora da sala de aula".

## 6. CONCLUSÕES

Com este trabalho, percebemos que a utilização de um simulador como auxílio em sala de aula, ou seja, um sistema reduzido que permite simular procedimentos básicos em uma subestação, leva a uma melhor compreensão e fixação entre os estudantes sobre os componentes estudados do sistema elétrico e sobre o funcionamento da distribuição e transmissão de energia. Levando conceitos estudados em sala de aula a serem vistos na prática e ainda, além da visualização, oferece também aos discentes a possibilidade de execução de operações específicas, fato esse que não seria possível através de visitas a subestação e aulas expositivas. Portanto esse sistema permite a fixação dos conhecimentos aprendidos em sala de aula, fazendo com que os alunos absorvam maior parte dos conceitos teóricos estudados e dando uma visibilidade da importância do sistema elétrico e entendimento prático do mesmo, se tornando uma ferramenta adequada para a complementação do ensino em sala de aula, uma vez que as visitas em uma subestação não permitiriam que os mesmos interagissem com o SAGE na forma que poderão através do simulador.

Este trabalho abre um leque de opções que podem ser estudadas em uma subestação. A tecnologia de simulação utilizada em sala de aula pode resultar em melhores níveis educacionais e também possibilitar os professores a utilização de ferramentas específicas que aproximem seus alunos da realidade daquela disciplina estudada na teoria.

A utilização do Arduino demonstrou ser uma alternativa viável para o desenvolvimento de tecnologias específicas aplicadas em controle de sistemas analógicos e digitais, pois atendem as principais necessidades do projeto como, preço, versatilidade no desenvolvimento, fácil integração com outros circuitos e a possibilidade de desenvolvimento de uma interface amigável tanto para PC como para o operador do ambiente virtual e possibilitou ainda a visualização através de uma lâmpada de LED das consequências da realização de alguns procedimentos feitos via software.

Ao utilizar o Arduino e os demais componentes interligados entre si ficou claro a viabilidade no desenvolvimento de soluções, principalmente em relação a construção dos circuitos e na codificação de software responsável por coletar e processar os dados do Software. No desenvolvimento percebeu-se também o potencial da plataforma Arduino para solucionar os mais diferentes tipos de problemas não somente de sua aplicação ao SAGE que é o sistema aplicado no setor elétrico, como nas áreas agrícolas e na indústria.

A grande contribuição deste trabalho é a aproximação da área técnica com a

educacional, uma vez que muitas vezes essas andam em caminhos diferentes. Dentre as dificuldades encontradas, salientamos a obtenção de dados específicos sobre os detalhes das subestações e os componentes elétricos para integrarem ao Arduino o que impossibilitou a construção de um circuito que englobasse mais componentes.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, está sendo desenvolvido em conjunto com o simulador e o mini circuito, modelagens 3d de equipamentos do sistema de potência dentro da subestação para que o estudante seja inserido em uma realidade virtual e perceba, além do princípio de funcionamento, o equipamento em escala de proporções reais e detalhes para que seja enriquecido ainda mais o aprendizado.

- Desenvolver parte 3d (Unity3d) do pátio e equipamentos da subestação de marabá (ensino de princípios básicos dos equipamentos de subestações).
- Criação de um game, onde o personagem percorre todo o trajeto da transmissão de energia mostrando ao jogador (aluno) os princípios de sistemas de energia de forma lúdica.
- Acrescentar ao simulador equações matemáticas de transformação de energia para auxílio em sala de aula no ensino superior.
- Fazer uma avaliação com maior número de alunos e professores em diferentes instituições.

## 6.2 PUBLICAÇÕES

Silva, H.A.B, Filho, M.R, Kalebe, A.,Ribas, W., Marinho, A.L. Simulador Com Mini Subestação Para Ensino Da Disciplina Sistemas De Potência Em Cursos De Engenharia E Eletricidade. Aceito para apresentação no XLIV Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia realizado em Setembro/2016 em Natal-RN.

Silva, H.A.B, Filho, M.R, W., Marinho, A.L., Kallyl, G., Gabriel, L., Lima, E.O. JOGO EDUCACIONAL PARA ENSINO DE PRINCÍPIOS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA NA ELETRONORTE MARABA. Aceito para apresentação no XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL (SBGAMES) 2016. Realizado em Setembro/2016 em São Paulo-SP.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. M. MORAIS, A. S. SOUZA, L. S. MACHADO, R. M. MORAES. Tomada de Decisão aplicada à Inteligência Artificial em Serious Games voltados para Saúde. IN IX ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL. João Pessoa, 2009.
- A. S. GIUSTA. Concepções de Aprendizagem e Práticas Pedagógicas. EDUCAÇÃO EM REVISTA. 1:24-31, 1985.
- A. ZIV, P. R. WOLPE, S. D. SMALL, S. GLICK. Simulation-based medical education: an ethical imperative. ACADEMIC MEDICINE. 78(8):783-8, 2003.
- ALDRICH, CLARK. Learning online with games, simulations and virtual worlds. San Francisco, CA, Jossey- Bass, 2009.
- ALDRICH, CLARK. The complete guide to simulations and serious games. San Francisco, CA, Pfeiffer, 2009.
- B. P. BERGERON. Developing serious games. MASSACHUSETTS:CHARLES RIVER MEDIA. 2006.
- BALBINOT, A.B, TIMM, M.I, ZARO, M.A. Aplicação de Jogos Simuladores como Instrumentos para Educação e Segurança no Trânsito. CINTED-UFRGS, 2009.
- BELHOT, R. V. (et al) O uso da simulação no ensino de engenharia. COBENGE, 2001.
- CLARK, D. R. Types of Evaluations in Instructional Design. In: CLARK, D. R., INSTRUCTIONAL SYSTEM DESIGN CONCEPT MAP, 2004. Disponível em: <[http://www.sos.net/~donclark/hrd/isd/types\\_of\\_evaluations.html](http://www.sos.net/~donclark/hrd/isd/types_of_evaluations.html)>. Acesso em: 02 Abr. 2016.
- CRISÓSTOMO, D.C.C, MOURA, A.A.F, ROCHA,E.P. Ferramenta Computacional Didática em 3D para Simulação de controle de Potência em Aerogeradores. COBENGE. 2016.
- DERNADIN, G. W. 2008 Prof. Gustavo Weber Denardin. Disponível em : <<http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/>>. Acesso em 15 Mar. 2016.

DESIGN instrucional. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Design\\_instrucional](http://pt.wikipedia.org/wiki/Design_instrucional)> Acesso em: 6 jan. 2016.

DICK, W.; CAREY, L. M. The systematic design of instruction. Scott, FORESMAN, 1976. 216 p.

DICK, W.; CAREY, L. The Systematic Design of Instruction: origins of systematically designed instruction. In: ELY, D. P.; PLOMP, T. Classic writings on instructional technology. Libraries Unlimited, 1996. p. 71-80.

FARDANESH, HASHEN. A Classification of Constructivist Instructional Design Models Based on Learning and Teaching Approaches. 2006. Disponível em: <[http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/1b/d0/c2.pdf](http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1b/d0/c2.pdf)>. Acesso em: 12 fev 2016.

FILATRO, A. Design Instrucional na Prática. PEARSON EDUCATION DO BRASIL, 2008. 173 p.

FRONTIN, S. O. e outros. Equipamentos de Alta Tensão – *Prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas*. Brasília, 2013.

G. E. MULLER. The assessment of clinical skills /competence / performance. ACADEMIC MEDICINE. 65, suppl. 9:S63-S7, 1990.

GIFFONI, C. Uso de simuladores permite aprendizado prático e baixa custos em muitas áreas de formação profissional, 09 de jan de 2016. Disponível em: <<https://www.institutoclaro.org.br/em-pauta/uso-de-simuladores-permite-aprendizado-pratico-e-baixa-custos-em-muitas-areas-de-formac-o-profissional/>>. Acesso em: 24 de Janeiro de 2016.

GREIS, L.K, REATEGUI, E. Um Simulador Educacional para disciplina de física em mundos Virtuais. CINTED-UFRGS. 2010.

GRESSE VON WANGENHEIM, C.; KOCHANSKI, D.; SAVI, R. Revisão Sistemática sobre Avaliação de Jogos Voltados para Aprendizagem de Engenharia de Software no Brasil. In: FEES - FÓRUM DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE, 2009, Fortaleza.

Anais, 2009.

GRESSE VON WANGENHEIM, C.; SILVA, D. A. Qual Conhecimento de Engenharia de Software é Importante para um Profissional de Software?. In: FEES - FÓRUM DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE, 2009, Fortaleza. Anais, 2009. v. 1. p.1-8.

GRESSE VON WANGENHEIM, C.; SHULL, F. To Game or Not to Game? Software, IEEE, , v. 26, n. 2, p. 92-94, 2009.

GRESSE VON WANGENHEIM, C.; THIRY, Marcello; KOCHANSKI, Djone. Empirical evaluation of an educational game on software measurement. EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING, v. 1, p. 1-35, 2008.

HOLANDA, I.A.G.T, COSTA, E.G. SEUL: Ferramenta Didática de Subestações Elétricas. COBENGE. 2016.

INTULOGY. The ADDIE Instructional Design Model. 2009. Disponível em: <<http://www.intulogy.com/addie/>>. Acesso em: 10 jan 2016.

IUPPA, N.; BORST, T. End-to-End Game Development: Creating Independent Serious Games and Simulations from Start to Finish. Focal Press, 2009.

J. BASS. Revolutionizing Engineering Science through Simulation. A REPORT OF THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION BLUE RIBBON PANEL ON SIMULATION-BASED ENGINEERING SCIENCE, 2006.

J. D. VOSS, M. M. NADKARNI, J. M. SCHECTMAN, J. M. The clinical health economics system simulation (CHESS): A teaching tool for systems- and practice-based learning. ACADEMIC MEDICINE. 80(2):129-34, 2005.

J. P. LAROZA, R. D. SEABRA. REA-UML: Recurso Educacional Aberto para Ensino da UML. In XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE 2015). Maceió, 2015.

- J. R. RANKIN, S. S. VARGAS. A Review of Serious Games and other Game Categories for Education. Melbourne, 2008.
- J. VOZENILEK, J. S. HUFF, M. REZNEK, J. A. GORDON. See one, do one, teach one: advanced technology in medical education. *ACADEMIC EMERGENCY MEDICINE*. 11(11):1149-54, 2004.
- JENSEN, JENS. Interactivity: Tracking a New Concept in Media and Communication Studies. *NORDIC REVIEW*. 1988.
- KAPP, KARL M.; O'DRISCOLL, TONY. Learning in 3D: adding a new dimension to enterprise learning and collaboration. San Francisco, CA, PFEIFFER, 2010.
- KELLER, JOHN. Development and use of the ARCS model of motivational design. *JOURNAL OF INSTRUCTIONAL DEVELOPMENT*, v. 10, n. 3, p. 2–10, 1987.
- L. G. GAMBERINI, F. MARCHETTI, F. MARTINO, A. SPAGNOLLI. Designing a serious game for young users: the case of happy farm. *Studies in HEALTH TECHNOLOGY AND INFORMATICS*. 144:77-81, 2009.
- L. MACHADO, R. MORAES, F. NUNES. Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo. In Fatima L. S. Nunes; L. S. Machado, M. S. Pinho, C. Kirner, (eds.) *ABORDAGENS PRÁTICAS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA*. Porto Alegre: SBC, páginas 31-60, 2009.
- MARTINS, N. A. Sistemas Microcontrolados. 1º ed. Novatec, 2005.
- MATSUMOTO, E. Y. Matlab 7 fundamentos. São Paulo: Éric, 2004.
- MCROBERTS, MICHAEL. Arduino Básico. [tradução Rafael Zanolli]. – São Paulo: Novatec Editora, 2011. 22 - 24 p.
- MILLER, C. Digital storytelling: a creator`s guide to interactive entertainment. 2004.
- MOLENDÁ, M. In Search of the Elusive ADDIE Model. *Performance Improvement*, v. 42, n. 5, 2003.

MONTILVA, J.; BARRIOS, J.; SANDIA, B. A Method Engineering Approach to Evaluate Instructional Products. XXVIII CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA – CLEI'2002. Montevideu, Uruguai, Novembro, 2002.

PIAGET, J. Fazer e Compreender, São Paulo: EDUSP/MELHORAMENTOS, 1978.

QUINN, C. N. Engaging Learning: Designing e-Learning Simulation Games. Pfeiffer, 2005.

ROBOTICALIVRE. Disponível em: <[http://www.roboticalivre.com/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&cid=58&id=70](http://www.roboticalivre.com/index.php?option=com_flexicontent&view=items&cid=58&id=70)>. Acesso em 15 Mar. 2016.

SAVI, RAFAEL. Avaliação de Jogos Voltados para a Disseminação do Conhecimento. 2011. 236 f. TESE (DOUTORADO) - UFSC, Florianópolis, 2011.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania Ribas. JOGOS DIGITAIS EDUCACIONAIS: Benefícios e Desafios. Novas Tecnologias Na Educação, CINTED-UFRGS, v. 6, n. 2, 01 dez. 2008.

SAVI, RAFAEL; VON WANGENHEIM, Christiane Gresse; BORGATTO, Adriano Ferreti. Um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais na Engenharia de Software. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE. 25. São Paulo, Brasil, 2011.

SILVA, H.A.B; FILHO, M.R; KALEBE, A.; RIBAS, W; MARINHO, A. L. Simulador Com Mini Subestação Para Ensino Da Disciplina Sistemas De Potência Em Cursos De Engenharia E Eletricidade In XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Natal, 2016.

SILVA, R.C.1; SILVA, A. R.2. TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE MUNDOS VIRTUAIS: UM COMPARATIVO ENTRE AS OPÇÕES EXISTENTES NO MERCADO. FAZU em Revista, Uberaba, n. 8, p. 211-215, 2011.

SINDRE, Guttorm.; MOODY, Daniel. Evaluating the Effectiveness of Learning Interventions: An Information Systems Case Study. In: 11TH EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS – ECIS, 2003, Itália. Proceedings...

SMITH, P. L.; RAGAN, T. J. Instructional design. JOHN WILEY & SONS, Inc., 1999.

TAVARES, F.A.M. Aplicação Informática para Dimensionamento de Barramentos em

Subestações. 2015. 168p. Mestrado (Engenharia Eletrotécnica), Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. Lisboa 2015.

TOOLY, M.2007 Circuitos Eletrônicos. 3° ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

UNITY COMMUNITY. 2009. Unity 3D Community Wiki [online]. Disponível em: [www.unifycommunity.com/wiki](http://www.unifycommunity.com/wiki) [Acessado em 28 agosto de 2016]. VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment Rio de Janeiro, RJ – Brazil, October, 8th-10th 2009 30

UNITY TECHNOLOGIES.Unity 3D Online Tutorials [online], 2009. Disponível em: [www.unity3d.com/support/documentation/tutorials](http://www.unity3d.com/support/documentation/tutorials) [Acessado em 30 agosto de 2016].

## I ANEXOS

**AVALIAÇÃO DA AULA SOBRE SISTEMAS DE POTÊNCIA UTILIZANDO O  
SIMULADOR COM MAQUETE FÍSICA  
OFERTADO À TURMA DE ENSINO MÉDIO INTEGRADO DE TÉCNICO DE  
INFORMÁTICA, ANO 2016, TURNO VESPERTINO.**

<b>Itens avaliados</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	<b>E</b>
1. Simulador				
2. Maquete				
3. Conteúdo Aplicado				
4. Praticidade				
5. Conhecimento de Subestações				
6. Correlação com seu curso				
7. Aprendizado				
8. Atendimento às expectativas				
9. Organização				
10. Sua Participação				

**Conceitos I = Insuficiente; R = Regular; B = Bom e E = Excelente**

Marabá (PA), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**E agora nos ajude a melhorar as próximas Aulas! Avalie!**

<p><b>Que Bom !</b></p> 	
<p><b>Que Pena...</b></p> 	
<p><b>Que Tal?</b></p> 	

**Obrigada pela sua participação!**

Marabá (PA), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

### Questionário para o Aluno (Pré-Teste)

Quanto aos conhecimentos adquiridos sobre sistemas de potência:

1- Para que serve uma subestação?

---

---

---

2- Qual a importância dos Disjuntores e Chaves Seccionadoras?

---

---

---

3- Qual a importância do uso de Transformadores em uma Subestação?

---

---

---

4- Por qual motivo se utiliza mais de uma Linha de Transmissão?

---

---

---

5- Você já tinha visto a operação de uma subestação antes?

( ) SIM

( ) NÃO

### **Questionário para o Aluno (Pós-Teste)**

Quanto aos conhecimentos adquiridos sobre sistemas de potência:

6- Para que serve uma subestação?

---

---

---

7- Qual a importância dos Disjuntores e Chaves Seccionadoras?

---

---

---

8- Qual a importância do uso de Transformadores em uma Subestação?

---

---

---

9- Por qual motivo se utiliza mais de uma Linha de Transmissão?

---

---

---

10-Você já tinha visto a operação de uma subestação antes?

( ) SIM ( ) NÃO

11-Você achou difícil a operação de uma subestação no simulador?

( ) SIM ( ) NÃO

12-Depois do uso do simulador você se sente mais confiante sobre o tema operação em uma subestação?

( ) SIM ( ) NÃO

13-Atribua uma nota de 1,0 a 5,0 para o seu nível de conhecimento **antes e depois** do simulador aos conceitos listados abaixo: ( 1,0 – pouco / 5,0 – muito)

- Subestações ( )

- Sistemas de Potência ( )

14-Cite três pontos fortes do simulador:

---

---

---

10 – Dê 3 sugestões para melhoria do simulador:

---

---

---

### Questionário para o Professor

1- O Uso do simulador da subestação verdadeiramente auxilia na exposição do tema Sistemas de Potência?

SIM  NÃO

2- Você já havia utilizado algum simulador semelhante em sala de aula?

SIM  NÃO

3- Sobre a experiência do uso, informe uma nota, em que 0 seria a pior nota e 5 a melhor nota.

1  2  3  4  5

4- Na sua opinião, o uso do simulador faz os alunos estarem mais preparados para o mercado de trabalho?

SIM  NÃO

5- Cite três pontos fortes do simulador:

---

---

---

6- Dê 3 sugestões para melhoria do simulador:

---

---

---

### **Pré-Teste – Simulador Subestação**

**1- Você já foi em uma subestação antes?**

( ) SIM

( ) Não

**2- Assinale as alternativas abaixo em Verdadeira e Falsas:**

( ) Subestações fazem parte dos Sistemas de Potência

( ) Disjuntores fazem parte de uma subestação

( ) Transformadores fazem parte de uma subestação

- ( ) A função do transformador é somente dar qualidade a energia
- ( ) A função do Disjuntor é alternar a corrente entre contínua e alternada
- ( ) A função das chaves seccionadora é fechar ou abrir determinado circuito com segurança.
- ( ) A energia que recebemos em casa não tem nada haver com uma subestação

### **Pós-Teste – Simulador Subestação**

#### **1- Você já foi em uma subestação antes?**

- ( ) SIM
- ( ) Não

#### **2- Assinale as alternativas abaixo em Verdadeira e Falsas:**

- ( ) Subestações fazem parte dos Sistemas de Potência
- ( ) Disjuntores fazem parte de uma subestação
- ( ) Transformadores fazem parte de uma subestação
- ( ) A função do transformador é somente dar qualidade a energia
- ( ) A função do Disjuntor é alternar a corrente entre contínua e alternada
- ( ) A função das chaves seccionadora é fechar ou abrir determinado circuito com segurança.

( ) A energia que recebemos em casa não tem nada haver com uma subestação

**3- Após o uso do simulador assinale um X no que ficou mais claro pra você:**

( ) A forma como a energia é transmitida

( ) A forma como são realizadas as manutenções em subestações

( ) O Funcionamento dos Disjuntores

( ) O Funcionamento dos Transformadores

( ) O Funcionamento das Chaves Seccionadoras

( ) A real função de uma subestação

( ) Como e por onde vem as linhas de transmissão para nossa região

( ) O Perigo de se realizar manutenções em subestações sem o correto desligamento das linhas de transmissão

## QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS

### MOTIVAÇÃO

Satisfação

**1 - É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar no Simulador.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**2 - Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o Simulador.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

Confiança

**3 - Ao passar pelas etapas do Simulador senti confiança de que estava aprendendo.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**4 - Foi fácil entender o Simulador e começar a utilizá-lo como material de estudo.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

Relevância

**5 - O conteúdo do Simulador está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**6 - O conteúdo do Simulador é relevante para os meus interesses.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

Atenção

**7 - A variação (forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao Simulador.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**8 - O design do Simulador é atraente.**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS****APRENDIZAGEM**

Curto termo

**9 - Você acha que o Simulador contribuiu para sua aprendizagem na disciplina?**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

**10 - O Simulador foi eficiente para sua aprendizagem, comparando-o com outras atividades da disciplina?**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente

Longo termo

**11 - Você acha que a experiência com o Simulador vai contribuir para seu desempenho na vida profissional?**

Concorda\_Totalmente Concorda Sem\_Opinião

Discorda Discorda\_Totalmente