

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
MESTRADO EM TECNOLOGIAS, EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO

ALINE FERNANDA FURTADO SILVA

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS PARA A
APRENDIZAGEM DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA EM AMBIENTES 2D E
REALIDADE VIRTUAL**

UBERLÂNDIA, MG
2016

ALINE FERNANDA FURTADO SILVA

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS
PARA A APRENDIZAGEM DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA EM
AMBIENTES 2D E REALIDADE VIRTUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Comunicação e Educação da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias, Comunicação e Educação.

Área de concentração: Mídias, Educação e Comunicação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elise Barbosa Mendes

Coordenadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Omena Santos

UBERLÂNDIA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

-
- S586i
2016 Silva, Aline Fernanda Furtado, 1982-
Instrumento de avaliação de processos cognitivos para a
aprendizagem de subestações de energia em ambientes 2D e realidade
virtual / Aline Fernanda Furtado Silva. - 2016.
138 f. : il.
- Orientador: Elise Barbosa Mendes.
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Comunicação
e Educação.
Inclui bibliografia.
1. Educação - Teses. 2. Realidade virtual - Teses. 3. Subestações
elétricas - Teses. I. Mendes, Elise Barbosa. II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Comunicação
e Educação. III. Título.

CDU: 37

ALINE FERNANDA FURTADO SILVA

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS PARA A
APRENDIZAGEM DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA EM AMBIENTES 2D E
REALIDADE VIRTUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias, Comunicação e Educação da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias, Comunicação e Educação.

Área de concentração: Mídias, Educação e Comunicação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elise Barbosa Mendes

Coordenadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Omena Santos

Uberlândia, 16 de março de 2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Elise Barbosa Mendes
Universidade Federal de Uberlândia – UFU



Prof. Dr. Luciano Vieira Lima
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Participou por vídeo conferência

Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Ao meu esposo Netúnio, pela paciência, apoio e compreensão.
À minha família, a eles todos os créditos.
Ao meu bebê que cresce dentro de mim enquanto escrevo estas páginas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me capacitar para tal empreendimento.

À Prof^a. Dr^a. Elise B. Mendes, pela dedicação nas correções e orientações neste período de aprendizado.

Aos Prof. Dr. Alexandre Cardoso, Prof. Dr. Edgar Lamounier, aos bolsistas Alexandre Carvalho, Miltom Miranda Neto e a toda equipe do Laboratório de Realidade Virtual da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU.

Às pesquisadoras Naira Vincenzi e Luciana Pires Correa Neves pela efetiva colaboração com o corpo teórico desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Luciano Vieira Lima pelas valorosas colaborações durante as aulas e na qualificação.

Ao Engenheiro Paulo Roberto M. do Prado e toda a equipe Cemig.

Ao Prof. Denis Henrique de Deus Lima, que me mostrou que programar é possível e por suas valorosas contribuições.

À amiga Prof^a. Ligia Pestili, por me ajudar a compreender as métricas da Engenharia de *Software*.

À Prof. Dr^a. Pollyana Notagiarcomo Mustaro e à Msc. Adriana Porto aqui representando o Núcleo de Engenharia computacional do Projeto RV Cemig.

À Prof. Dr^a. Eloisa Elena Resende Gomes da Silva e à prof. Débora Silva pelas revisões ortográficas e gramaticais.

Aos meus colegas de Pós-Graduação, que tornaram um período de longa dedicação em algo divertido.

Aos meus pais, irmã e cunhado, pelo apoio e compreensão pelas muitas vezes que me fiz ausente, e ao meu esposo, pelo companheirismo em todos os meus deslocamentos Patrocínio – Uberlândia.

À minha tia Silvânia Furtado por me receber em sua casa durante a realização das disciplinas.

Aos meus amigos Professores Afonso, Lidia, Junia, Rosa Amélia e Paulo Cesar pelas várias caronas.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta colaboraram para que esta dissertação se tornasse possível.

RESUMO

Esta pesquisa descreve o desenvolvimento de um protótipo para avaliar as potencialidades de ambientes baseados em modelagem bidimensional e em Realidade Virtual como objetos de aprendizagem de subestações de energia em espaços computacionais de treinamento de uma central de operação e controle da concessionária de energia Cemig. Inicialmente, realizou-se uma identificação de características de modelagem e processos cognitivos em 2D e RV, a partir das quais foi possível a criação de quadros que serviriam para nortear a confecção de um *checklist* com atribuição de pesos para medição das potencialidades cognitivas de aprendizagem nos ambientes estudados. A partir desses conteúdos, foram elaboradas vinte e quatro perguntas e, para cada uma delas, foi atribuído um peso, o qual foi utilizado no cálculo de uma métrica. As perguntas foram agrupadas em conjuntos de habilidades e processos cognitivos semelhantes denominados categorias. Foram, então, desenvolvidos dois ambientes distintos para o sistema proposto: o primeiro deles, o protótipo, apresenta um *checklist* interativo e seu resultado individual; o segundo, um ambiente de gerenciamento de dados, destinado à configuração e edição do protótipo, além da observação e análise dos resultados da pesquisa. Para validação do protótipo, cinco profissionais ligados à área de treinamento da Cemig foram convidados a acessar o *checklist* virtual e respondê-lo. Os resultados obtidos confirmaram a validade de aplicação desse instrumento para avaliar as possíveis potencialidades da modelagem em 2D e RV como objetos de aprendizagem em subestações de energia, como, também, ofereceram um *feedback* aos desenvolvedores dos ambientes virtuais para a melhoria do sistema.

Palavras-chave: Modelagem Bidimensional e Realidade Virtual. Subestações de Energia. Sistemas Avaliativos.

ABSTRACT

This study describes the development of a prototype to evaluate the potential of environments based on two-dimensional modeling and virtual reality as power substations learning objects into training environments from a central operation and control of power utility Cemig. Initially, there was an identification modeling features and cognitive processes in 2D and RV, from which it was possible to create frames that serve to guide the preparation of a checklist with assigning a metric weight for measuring cognitive potential learning in the study sites. From these contents twenty-four questions were prepared and each was assigned a weight that was used in the calculation of the metric; the questions were grouped into skill sets and similar cognitive processes called categories. Were then developed two distinct environments: the first, the prototype features an interactive checklist and your individual results. And, second, a system of data management environment for the configuration and editing of the prototype, and the observation and analysis of the survey results. For prototype validation, were invited to access the virtual checklist and answer it, five professionals linked to Cemig's training area. The results confirmed the validity of this instrument application to assess the possible potential of modeling in 2D and RV as learning objects in power substations, as well as provide feedback to developers of virtual environments to improve the system.

Key words: Dimensional Modeling and Virtual Reality. Power Substations. Assessment Systems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa Conceitual Subestação de Energia Classificação	36
FIGURA 2 – Mapa Conceitual Subestação de Energia Definição	38
FIGURA 3 – Mapa Conceitual Subestação de Energia – Arranjos Físicos	39
FIGURA 4 – Mapa Conceitual Subestação de Energia (...).....	40
FIGURA 5 – Mapa Conceitual Disjuntor	42
FIGURA 6 – Visão Geral Ambiente 2D	46
FIGURA 7 – Visão Geral Ambiente RV	46
FIGURA 8 – Estrutura Lógica do Protótipo AvaPATCemig	61
FIGURA 9 – Tela de Acesso ao Sistema AvaPATCemig	62
FIGURA 10 – Tela de Apresentação e Abertura do Sistema.....	63
FIGURA 11 – Visualização do Mapa Conceitual Subestações	63
FIGURA 12 – Tela 1/7 do <i>checklist</i>.....	64
FIGURA 13 – Questões Discursivas da Categoria A	65
FIGURA 14 – Tela 2/7 Categoria B	66
FIGURA 15 – Exemplo De Visualização De Modelo 3D (...).....	66
FIGURA 17 – Tela 4/7 Categoria B	67
FIGURA 18 – Tela 5/7 Categoria C	68
FIGURA 19 – Tela 6/7 Categoria D	69
FIGURA 21 – Tela 7/7 do <i>Checklist</i>: Categoria E	70
FIGURA 22 – Interface de Visualização Dos Resultados da Pesquisa	71
FIGURA 23 – Detalhe das Opções Apresentadas (...)	72
FIGURA 24 – Interface de Resultados do Protótipo – Média Geral.....	72
FIGURA 25 – Retorno à Tela Inicial após Final da Pesquisa	73
FIGURA 26 – Interface de <i>feedback</i> do usuário.....	73
FIGURA 27 – Tela Categorias das interfaces de gerenciamento do sistema.....	74
FIGURA 28 – Modo de edição do gerenciador de categorias.....	75
FIGURA 29 – Gerenciamento das questões componentes do <i>checklist</i>.....	76
FIGURA 30 – Modo de edição de perguntas.	77
FIGURA 31 – Banco de itens.	78
FIGURA 32 – Modo de edição do banco de componentes.	79
FIGURA 33 – Modo de administradores do gerenciador de dados.....	79

FIGURA 34 – Interface de resultados do gerenciador de dados do sistema	80
FIGURA 35 – Modo de configurações do gerenciador do sistema	81
FIGURA 36 – Janela de visualização dos <i>feedbacks</i> dos usuários	81
FIGURA 37 – Configurações de texto	82
FIGURA 38 – Análise gráfica dos resultados da Categoria A.....	85
FIGURA 39 – Resultados Gráficos da Categoria B.....	86
FIGURA 40 – Resultados atribuídos à Categoria C	87
FIGURA 41 – Resultados Categoria D	88
FIGURA 42 – Resultados Categoria E	89
FIGURA 43 – Média geral dos resultados quantitativos do <i>checklist</i>	91
FIGURA 44 – <i>Feedback</i> para o sistema de avaliação	92

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Síntese Das Características De Modelagem 2D, 3D E RV	26
QUADRO 2 – Recorte Da Taxonomia Revisada De Bloom	29
QUADRO 3 – Síntese dos conhec. espec. (...)	37
QUADRO 4 – Recorte de entendimentos req. (...).....	41
QUADRO 5 – Resumo Comparativo Entre 2D, 3D E RV	43
QUADRO 6 – Exemplos de equipamentos das subestações (...)	44
QUADRO 7 – Taxonomia Dos Processos Cognitivos (...)	47
QUADRO 8 – Perguntas Componentes Da Categoria A.....	51
QUADRO 9 – Perguntas Componentes Da Categoria B.....	53
QUADRO 10 – Perguntas Componentes Da Categoria C.....	54
QUADRO 11 – Perguntas Componentes Da Categoria D.....	55
QUADRO 12 – Perguntas Componentes Da Categoria E.....	56
QUADRO 13 – Atribuição De Medidas Às Métricas	58
QUADRO 14 – Interpretação Dos Resultados Das Expressões Das Métricas ...	59
QUADRO 15 – Relação Das Categorias Avaliadas	83

LISTA DE SIGLAS

AvaPATCemig – Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

CAD - Computer Aided Design

Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais

COS – Centro de Operação e Controle

CPF – Cadastro de Pessoa Física

CSS – Cascading Style Sheets

GQM – Goal/Question/Metric

HMD – Head-Mounted Display

HTML – HyperText Markup Language

IDA – Institute for Defense Analyses

PHP – Personal Home Page

RV – Realidade Virtual

SCADA – Sistemas de supervisão e aquisição de dados

TCs – Transformadores de Corrente

TPs – Transformadores de Potencial

Trafo – Transformador

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

USP – Universidade de São Paulo

VCASS – Visually Coupled Airborne Systems Simulator

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPITULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
1.1 Identificação de Características de Modelagem e Processos Cognitivos em 2D e RV.....	22
1.2 Processos Cognitivos Envolvidos Na Aprendizagem Conceitual.	27
CAPITULO 2 – METODOLOGIAS PARA ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO	30
2.1 Análise de Contexto	31
2.2 Metodologia p/ elab. do Instrumento de Avaliação AvaPATCemig	33
2.3 Metodologia Para Validação Do AvaPATCemig	33
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS	35
3.1 Mapeamento do Conteúdo de Aprendizagem Conceitual de Subestações De Energia Elétrica	35
3.2 Questões, Métricas e Medidas do Instrumento de Avaliação de Processos Cognitivos.....	48
3.2.1 O Processo de Avaliação.....	49
3.2.2 A Formulação do Processo de Avaliação	50
3.2.3 O Objetivo da Avaliação	50
3.2.4 O Conjunto de Questões: Categorias.....	50
3.2.5 Questões da Categoria A.....	51
3.2.6 Questões da Categoria B.....	53
3.2.7 Questões da Categoria C.....	54
3.2.8 Questões da Categoria D.....	55
3.2.9 Questões da Categoria E.....	56
3.2.10. As Métricas Derivadas das Questões e as Medidas Correspondentes ..	57
3.2.11 As Expressões das métricas e o sign. dos Valores Encontrados	58
3.3 O Protótipo AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes De Treinamento da Cemig).....	60
3.3.1 Características Gerais.....	60
3.3.2. As Interfaces.....	61
3.3.3 Gerenciamento do Sistema	74
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	83
4.1 Análise dos Resultados por Categoria.....	84
4.2 Análise Geral dos Resultados.....	90
4.3 Análise de Feedback.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS.....	96
ANEXOS	100

INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual teve seu início com a indústria de simulação, mais precisamente com os simuladores de voo que a Força Aérea dos Estados Unidos construiu após a Segunda Guerra Mundial (JACOBSON, 1994). Desde então, vários outros dispositivos simuladores foram pensados e projetados com o intuito de aprimorar o treinamento em diferentes áreas, como a aeroespacial, a marinha, entre outras.

No Brasil, segundo Kirner (2008), a Realidade Virtual surgiu na década de 1990, dentro do contexto internacional, impulsionada, principalmente, pelo avanço tecnológico, pela exposição de pesquisadores a novas tecnologias e por iniciativas individuais, integrando áreas multidisciplinares envolvendo a computação gráfica.

Desde 2006, as interfaces 3D que surgiram são bem mais evoluídas. Algumas delas simulam ambientes reais e favorecem a imersão e a interação, aumentando significativamente a sensação de presença no ambiente virtual e despertando respostas semelhantes às aquelas que ocorrem em ambientes reais (MONTEIRO, 2011).

Com a evolução dos dispositivos de entrada e saída de dados, aliada à grande evolução dos computadores digitais, criaram-se aplicações de RV mais robustas e dirigidas para diversas áreas (DOS SANTOS MACHADO, 1995), dentre elas educação e treinamento.

O uso da **RV na educação** tem atraído muita atenção (SCHMITZ *et al*, 2004), em grande parte devido ao fato de essa tecnologia fornecer experiências de primeira pessoa (conhecimento direto e pessoal) que, especificamente, são projetadas para ajudar os estudantes a aprender sobre um conteúdo específico; esse tipo de experiência aproveita a interação com o mundo real vivido diariamente, o que torna a RV especialmente interessante do ponto de vista Educacional.

Além disso, os jogos e simulações podem melhorar a motivação, aumentando, assim, a produtividade do aluno e, conseqüentemente, a qualidade de ensino, proporcionando, também, uma integração entre o ambiente de aprendizagem com o mundo real (MARTINS *et al*, 2001). Segundo Yam (1993), os processos psicológicos em um ambiente virtual são muito semelhantes aos processos correspondentes em um ambiente educativo real. Sendo a educação um

processo em que a interação entre sujeito e ambiente é fundamental, qualquer cenário virtual constitui um ambiente educacional.

Na área educativa, a riqueza das sensações táteis é frequentemente negligenciada, voluntária ou involuntariamente. Por vezes, criam-se imagens mentais incorretas pela ausência e pela impossibilidade de sentir o objeto real (YAM, 1993). Na experimentação científica, a manipulação de objetos é fundamental. Sem ela, os alunos dificilmente compreendem o significado e o alcance de uma experiência ou os conceitos que lhe estão subjacentes. Mas, como a manipulação de certos objetos é difícil, perigosa ou dispendiosa, eles poderão ser substituídos por objetos virtuais (TRINDADE; FIOLHAIS, 1996).

De Lima, Cunha e Haguénauer (2008) afirmam que os estudantes, quando trabalham diretamente no espaço 3D, podem compreender problemas e relações espaciais de forma melhor e mais rápida do que em métodos tradicionais. Acredita-se que a Realidade Virtual (RV) facilita a formação de modelos conceituais corretos e de aprendizagem. O aluno pode experimentar novas vivências em ambientes que resultam de cálculos complexos efetuados pelo computador (TRINDADE; FIOLHAIS, 1996).

Já em **treinamento**, a RV tem sido empregada principalmente no treinamento de inspeção de ambientes, como na inspeção de depósito de resíduos tóxicos e na inspeção de defeitos em aeronaves (SCHMITZ *et al*, 2004), entre outros. Sistemas de RV híbridos são largamente utilizados em treinamentos que exigem aprimoramento de habilidades motoras e intelectuais.

Além disso, ambientes de treinamento em RV permitem que o usuário utilize habilidades e conhecimentos intuitivos para a manipulação de **objetos virtuais de aprendizagem** – elementos baseados em computador para estimular o processo de aprendizagem (SILVA *et al*, 2009; MIRANDA, 2004).

Nesse contexto de treinamento, surge a problemática deste estudo, a qual consiste em avaliar as potencialidades dos objetos virtuais em 2D e RV para o treinamento de subestações de energia da CEMIG.

O material de aprendizagem cuja potencialidade se pretende avaliar trata-se do ambiente de treinamento utilizado pelos operadores de subestações de energia elétrica da concessionária CEMIG, composto, atualmente, por ambientes 2D. No entanto, encontra-se em fase de desenvolvimento, teste e instalação em grande

parte das subestações dessa concessionária um Sistema de Realidade Virtual para treinamento e simulação do controle das subestações de energia elétrica. Logo, esta pesquisa pretende comparar e avaliar esses dois ambientes, buscando levantar as potencialidades cognitivas para proporcionar aprendizagem, presentes em cada um desses ambientes.

Assim, em um período de dois dias foi realizada uma visita ao Centro de Controle e Operações (C.O. S) de Subestações da Cemig com o intuito de observar principalmente os aspectos atitudinais e comportamentais com relação à rotina de trabalho dos seus operadores. Na ocasião, foram feitas entrevistas com alguns funcionários (um supervisor da sala de controle e o operador com maior tempo de exercício na função), tendo como roteiro um questionário previamente elaborado

Notou-se, durante essa etapa de observações e entrevistas, que os processos cognitivos requeridos para o exercício da função analisada estão relacionados, em sua maioria, a conhecimentos conceituais, em que os usuários devem ser capazes de, por exemplo, reconhecer formas e características específicas de equipamentos de medição e de proteção, de recordar o modo de operação e manobra de equipamentos e de interpretar a simbologia apresentada e associá-la ao equipamento a que se refere (ANDERSON *et al*, 2001).

Concluiu-se, então, que o entendimento demandado pelos operadores se relaciona, principalmente, à aprendizagem conceitual, “o saber o quê”, e é fundamental para a aquisição da aprendizagem procedimental, “o saber como” – aplicação de conhecimentos para resolução de problemas (KRATHWOHL, 2002).

Através da visita, da observação e da entrevista, constatou-se, também, que a maioria dos funcionários observados apresenta certa esquivia em utilizar o novo sistema em RV. Porém, consideram que, em algumas situações bem específicas, como no treinamento e na identificação de alguns equipamentos nas etapas diárias de operação, essa tecnologia pode ser útil, visto que o sistema em 2D não possibilita uma identificação precisa dos equipamentos.

A partir desse contexto, se delineia o seguinte **problema**: Como identificar (avaliar) as possíveis potencialidades da RV em relação ao 2D em cenários virtuais de aprendizagem em interpretação e comparação de medições, execução de manobras, análises de falhas e classificação de estados de operação, no sistema de treinamento da Cemig?

Considera-se, para tanto, que a avaliação se trata do processo de análise sistemática e pesquisa empírica de atividades e programas, dos seus conceitos, condições, processos e efeitos. Nesse caso, tem como principal objetivo descrever, valorar e modificar programas, procedimentos, produtos, instituições ou comportamentos de pessoas (RINDERMAN, 2013).

Na **revisão da literatura**, realizada principalmente nas bases de dados CAPES, WILEY e ELSEVIER, não foram encontradas metodologias para avaliação de ambientes educacionais em 2D e em realidade virtual (RV), mas foram encontradas algumas metodologias de avaliação de *softwares* que priorizam a elaboração de *checklists* e métricas para avaliação de sistemas computacionais diversos.

Em sua maioria, os *checklists* são usados para atribuir grau a atributos específicos de *softwares* (CAVANO; MCCALL, 1978 *apud* PRESSMAN, 2002), permitindo a sistematização dos processos de avaliação e orientando o olhar do avaliador sobre diversos aspectos de qualidade pré-definidos (SANTOS *et al*, 2011).

No processo de medição dos materiais de aprendizagem potencialmente significativos por meio de *checklists*, utilizam-se escalas dimensionadas na atribuição de grau a atributos específicos do *software*; emitem-se laudos técnicos, conclusões e gráficos que, de alguma forma, atestam alguma manifestação de qualidade do material de aprendizagem, nos termos da referência em que a avaliação foi constituída (SANTOS *et al*, 2011).

Nesse contexto, a avaliação adequada pode servir como uma ferramenta para impulsionar desenvolvimentos da investigação, fornecendo sugestões para a melhoria global da arquitetura e do comportamento dos sistemas de aprendizado (SIEMER; ANGELIDES, 1998).

Uma das relevantes metodologias encontradas foi a desenvolvida por Santos *et al* (2011), a qual trata do desenvolvimento de um conjunto de métodos de avaliação para ferramentas computacionais para educação, cuja finalidade básica foi a de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias em relação à teoria operatória de Piaget para a formação de abordagens posteriores.

A estrutura proposta por Santos *et al* (2011) permite compreender as estruturas de pensamento nos períodos operatório concreto e operatório formal, segundo os fatores estudados. Para cada fator, foi desenvolvido um módulo e, para

cada módulo, foram identificadas as características e suas subcaracterísticas recomendadas como parâmetros desejáveis nas ferramentas computacionais educacionais que buscam a construção de estruturas do pensamento lógico-matemático. A partir dessas características e subcaracterísticas, foram deduzidas métricas que ajudaram a caracterizar ferramentas computacionais educacionais. Essas métricas foram organizadas em grades de análise no formato de questionário, visando à diminuição da subjetividade no processo. Para a quantificação do resultado final, foram elaboradas medidas e expressões para as métricas inspiradas no modelo de qualidade de *software* desenvolvido por McCall *et al* (1977) *apud* Pressman (2002). Pela análise do cálculo das expressões, foi possível a emissão de laudos com as características cognitivas das ferramentas.

Com base em Siemer e Angelides (1998), outra das principais referências neste trabalho, dentro de um futuro no qual os sistemas tutoriais inteligentes podem ser amplamente disponíveis em instituições de ensino, as avaliações terão que responder a perguntas sobre a utilidade de sistemas tutoriais inteligentes, ou seja, a sua capacidade para promover a aprendizagem. As avaliações podem influenciar o quê e como os alunos aprendem. Elas podem fornecer informações sobre a arquitetura do sistema e o impacto de seu comportamento no usuário, o que pode servir como *feedback* para o sistema e, desse modo, ajudar na melhoria do mesmo.

Siemer e Angelides (1998) propõem o desenvolvimento de um método abrangente para a avaliação interna e externa de um completo sistema de tutoria inteligente, visando eliminar os pontos fracos e incorporar os pontos fortes dos métodos de avaliação propostos até a data de sua publicação. No método por eles proposto, sistemas tutoriais inteligentes existentes são agrupados em categorias genéricas para abordagens que sigam um determinado tópico. Essas abordagens incluem diálogos tutoriais, exercícios, simulações, jogos instrutivos e jogos-simulações. Os autores aplicam a metodologia proposta em um simulador chamado *Intuition*, partindo do pressuposto de que os elementos em um jogo de simulação são padronizados a partir da vida real: papéis, metas, atividades, restrições e consequências; e as ligações entre eles simulam aqueles elementos do sistema-mundo real.

Outra relevante metodologia encontrada foi a de Scholtz, Morse e Steves (2006), na qual se propõe, também, o desenvolvimento de métricas de avaliação

para sistemas inteligentes. Segundo esses autores, a avaliação tem vários benefícios importantes para esses programas. Primeiramente, avaliações ajudam os gestores de programas a determinar o progresso que está sendo alcançado, ajudando a obter o financiamento adequado para os programas que demonstram progresso e para determinar direções alternativas para programas que são menos bem-sucedidos. Segundo, avaliações ajudam os pesquisadores a ver objetivamente como seu *software* pode auxiliar os usuários finais e, se necessário, ajudá-los a refinar seus objetivos de pesquisa. Finalmente, os resultados a partir das avaliações por meio de métricas significativas podem ajudar os esforços de transferência de tecnologia ao tentar convencer uma população de usuários-alvo a considerar a adoção de uma nova tecnologia.

A proposta de Scholtz, Morse e Steves (2006) é a de identificar um conjunto de métricas que se possam avaliar, ou seja, obter dados de medição e fornecer resultados significativos para esses objetivos de avaliação de alto nível. Um objetivo secundário da investigação desses autores era identificar quais métricas foram significativas para diferentes tipos de sistemas de *software*, como, por exemplo, as que se concentram em modelagem de usuários *versus* geração de hipóteses.

Ainda segundo Scholtz, Morse e Steves (2006), é desejável a utilização de vários métodos para informar métricas. Em particular, é desejável o uso de *checklists* e de pesquisas qualitativas entre medidas quantitativas para proporcionar uma imagem mais holística de uso. Essas métricas foram aplicadas aos analistas por meio de questionários e, ao final, foram apresentados gráficos com os resultados.

Enfim, as três metodologias aqui estudadas apresentam em comum o uso predominante de **checklist e métricas para a aferição de sistemas de aprendizagem inteligentes**, mostrando-se eficientes dentro dos objetivos propostos, mas que não abordam a aplicação desses métodos para a avaliação de ambientes de treinamento, tampouco ambientes que envolvam **2D e RV, justificando**, assim, esta pesquisa, a qual tem o intuito de contribuir com a comunidade acadêmica sugerindo um sistema de conhecimento para aferir medições a potencialidade de aquisição da aprendizagem conceitual em ambientes de aprendizagem em 2D e RV e proporcionar um *feedback* do ambiente de

treinamento desenvolvido, possibilitando intervenções que busquem aprimorar a sua qualidade.

Nesse contexto, o **objetivo geral** deste trabalho é criar um protótipo de sistema de conhecimento para identificação das contribuições dos objetos 2D e RV para a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus *layouts*, ativos e componentes.

Além disso, o presente estudo possui os seguintes **objetivos específicos**:

1. Mapear o conteúdo de aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus layouts, ativos e componentes, com o intuito de alinhar conhecimentos, processos cognitivos e objetos de aprendizagem em 2D e RV;
2. Identificar características de modelagem e processos cognitivos em 2D e RV, com o objetivo de criar pesos para um sistema avaliativo de ambientes de RV para a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus layouts, ativos e componentes;
3. Criar um sistema de conhecimento que ilustra a aplicação de pesos avaliativos para a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus layouts, ativos e componentes em 2D e RV nos sistemas de treinamento da CEMIG.

Para cumprir tais objetivos, propõe-se uma **metodologia experimental** através do desenvolvimento de um instrumento de avaliação baseado em *checklist* e métricas, a partir de um **estudo de caso** dos ambientes de treinamento do C.O. S Cemig, buscando-se, por meio de uma **análise qualitativa**, identificar e comparar as potencialidades cognitivas de aprendizagem em subestações de energia proporcionadas pelos ambientes 2D e RV.

Para tanto, este trabalho está organizado em quatro capítulos. O primeiro trata da fundamentação teórica que embasa esta pesquisa, o qual é subdividido em duas seções, sendo que a primeira discute as características de modelagem que distinguem imagens e objetos 2D de RV, e a segunda versa sobre os processos cognitivos enumerados na Taxonomia Revisada de Bloom envolvidos nas etapas da aprendizagem e na assimilação de conceitos.

O segundo capítulo trata das metodologias utilizadas para elaboração e validação do protótipo de avaliação. Este capítulo está organizado em três seções. A primeira aborda os métodos adotados para a coleta de dados e a elaboração do *checklist* e das métricas, a segunda apresenta a metodologia utilizada para a elaboração do protótipo propriamente dito, e a terceira versa sobre sua validação.

No terceiro capítulo, é apresentado o desenvolvimento do protótipo de avaliação proposto. Na primeira seção, expõe-se o mapeamento dos principais conceitos necessários para a aprendizagem do conteúdo de subestações de energia por meio da elaboração de mapas conceituais e quadros comparativos, em que é exemplificada a identificação das características de modelagem e dos processos cognitivos segundo a taxonomia revisada, estudados na fundamentação teórica.

A segunda seção, dividida em onze subseções, enumera as etapas e detalha os métodos da elaboração do *checklist*, métricas e medições. E, por fim, a terceira seção aborda as características de programação do protótipo, aqui denominado AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig), apresentando suas interfaces.

No capítulo quatro, é descrito o processo de validação do protótipo e os resultados são discutidos.

E, por fim, ao final da dissertação são feitas as considerações finais e apresentadas as expectativas para trabalhos futuros.

CAPITULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para compreendermos o real papel da RV na educação e no treinamento e identificarmos suas potencialidades no processo de aprendizagem durante o treinamento de operadores de subestações de energia, faremos, nas seções seguintes, um estudo das características de modelagem dessa tecnologia, bem como das ferramentas 2D e 3D e, em seguida, um estudo dos processos cognitivos da taxonomia revisada de Bloom necessários para que ocorra a aprendizagem conceitual de maneira significativa.

1.1 Identificação de características de modelagem e processos cognitivos em 2D e RV

Para identificarmos as características de modelagem em 2D e em realidade virtual, bem como os processos cognitivos envolvidos, faz-se necessário um estudo dos conceitos das percepções sensoriais¹.

Percepções são denominadas como um conjunto de processos que são excitações neurais responsáveis por gerar sensações que permitem o reconhecimento, a organização e o entendimento dos estímulos externos. A

¹ Este capítulo é originário das pesquisas independentes de Naira Vincenzi da Silva (Mestre em Educação - PPGED/UFU - navincenzi@gmail.com) e Luciana Pires Correa Neves (Graduada em Psicologia - UFU - lucianapcneves@gmail.com), sobre a orientação da professora Dr. Elise Barbosa Mendes (FACED /UFU). Esses estudos identificaram os principais conceitos da psicologia cognitiva referentes à percepção, processos cognitivos e características de modelagem 2D e 3D (RV); e sintetizando estes conceitos e princípios da modelagem no mapa conceitual e tabela que categoriza a diferenciação de figura e fundo na sobreposição das formas (profundidade, altura e perspectivas), gradientes de textura com a intensidade de luz e outros, possibilitando dessa forma a percepção de movimento que viabiliza modelar objetos mais apurados, próximos do real, nos ambientes de realidade virtual. Com base nos mapas conceituais e na tabela desenvolvida neste estudo, foi possível identificar rapidamente um fio condutor dos conceitos principais sobre características específicas de modelagem dos objetos 2D, 3D e RV, e os processos cognitivos de entendimento envolvidos na concepção desses ambientes, para assim fundamentar e mapear os processos cognitivos abrangidos por esses ambientes no treinamento para operação de subestações de energia. Dessa forma, vale ressaltar que o quadro e os conteúdos apresentados neste capítulo foram fruto do longo período de trabalho das pesquisadoras, que se encontra em fase de edição e ainda não foi publicado.

percepção é caracterizada pela fisiologia dos órgãos receptores, os quais compõem o sistema sensorial humano e recebem os estímulos externos por meio dos sistemas visual, olfativo, auditivo, tátil e gustativo, os quais contêm os órgãos sensoriais (olhos, nariz, ouvidos, pele e língua), os nervos e as conexões neurais que geram a percepção visual (SCHIFFMAN, 2005).

A percepção visual corresponde à percepção dos raios luminosos pelo sistema visual. Ela caracteriza-se pela percepção das formas, das relações espaciais, das cores, da intensidade luminosa e dos movimentos.

Além disso, a percepção é caracterizada também pela cognição, capacidade neurológica que dá significado à realidade. Se a realidade for considerada como um produto dos estados de consciência, pode-se dizer, então, que a cognição é um reflexo da própria consciência (KREITLER, 2001).

A cognição é definida como uma área de estudo da psicologia responsável pelo estudo da percepção e do processamento visual. Este, por sua vez, é consequência da percepção visual. A percepção visual decorre do estímulo luminoso captado pela retina, primeiro receptor sensorial do organismo, que transmite o estímulo luminoso ao neurônio sensitivo, que o converte em sinais elétricos (STERNBERG, 2006).

O processamento visual inicia-se na área do cérebro onde ocorre o processamento primário através dos sinais elétricos que a ele foram conduzidos, gerando as características iniciais da informação como cor, forma, distância e tonalidade (STERNBERG, 2006).

A cognição utiliza, ainda, os Princípios de agrupamento da Gestalt, também conhecida como psicologia da forma (teoria da psicologia que estuda a percepção visual). Não existe uma origem definida para esta teoria, pois foi trabalhada simultaneamente na Áustria e na Alemanha em estudos iniciados por volta de 1870. Os principais autores em destaque são: Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka, Wilhelm Wundt, William James e Jean Piaget (HEITER, 1970).

Segundo Heiter (1970), as leis da Gestalt são:

- Unidade – Quando vários elementos são parecidos e seguem um alinhamento padrão, tendemos a agrupá-los em um único objeto.

- Semelhança – Quando um objeto possui elementos diferentes, mas que possuem um padrão visual, a percepção tende a separá-los em novos elementos.
- Proximidade – Quando observamos elementos muito próximos, a percepção tende a agrupá-los em um único bloco distinto.
- Segregação – Reconhecimento de formas por estímulos provocados por efeitos visuais como pontos, linhas, planos, volumes, cores, sombras, brilhos, texturas etc.
- Pregnância – O cérebro tende a perceber mais rápida e facilmente as formas organizadas. A pregnância de uma forma pode ser medida de acordo com sua legibilidade, compreensão e máximo de clareza possível. Pode ser aplicada estrategicamente como recurso de narrativa para controlar a leitura.
- Simetria – Os elementos simétricos são percebidos com mais facilidade do que os assimétricos.

Esses princípios permitem perceber as formas de maneira mais simples, estável e eficiente. Nesses princípios, é feita a diferenciação entre figura e fundo. Figura é considerada a região bem definida, mais próxima do observador. Enquanto as regiões sem forma e mais distantes do observador são identificadas como fundo. Tanto na figura quanto no fundo relacionam-se contorno comum, ambiguidade e atenção (PENNA, 1999).

A atenção é o mecanismo do cérebro usada para realizar a associação de sinais exógenos e endógenos. Sinais exógenos são os estímulos ambientais, “*botton-up*”, já sinais endógenos referem-se à cognição, “*top-down*”. Através da atenção, o cérebro converte sinais sensoriais em conjuntos de sensações (PENNA, 1999).

Há vários tipos de atenção: sondagem, atenção seletiva, atenção dividida e vigilância de detecção de sinal. Na sondagem, verifica-se a origem de estímulos específicos. Já na atenção seletiva o estímulo é o alvo do interesse. A atenção dividida ocorre quando se realizam diferentes tarefas simultaneamente. E a

vigilância de detecção de sinal é um tipo especial de atenção que seleciona o estímulo alvo agindo rapidamente sobre ele (PENNA, 1999).

A partir dessas características, nota-se que as noções de figura e fundo percebidas na visão monocular (visão de um único olho) produzem o que é chamado de objeto 2D, um sinal especial, estático, bidimensional. Sendo estático, permite a noção de perspectiva aérea ou nitidez, ocorrendo quando o fundo tem alto contraste (objetos mais próximos) ou baixo contraste (objetos mais distantes). Por esse aspecto, a visualização de objetos mais distantes é menos nítida que a visualização de objetos mais próximos. A visão monocular também proporciona a percepção pictórica (ilustração, figuras, fotografias) (SCHIFFMAN, 2005).

Nessas imagens, consideradas estáticas, observam-se luz e sombra que geram uma sensação de profundidade aparente e intentam a percepção da forma. Já a noção de altura representa um sinal espacial quando existem duas imagens. A perspectiva linear das imagens estáticas é o que destaca a sensação de profundidade (SCHIFFMAN, 2005).

Outra característica importante a ser abrangida na visão monocular é a sobreposição estática de figura e sombra, um sinal do tipo pictórico, que possibilita duas aparências, objeto oculto parcialmente ou objeto oculto totalmente, fornecendo a noção de distância, mas não mostrando uma profundidade absoluta (GOMES FILHO, 2000).

Nesse caso, os gradientes de textura da imagem 2D auxiliam no processo de sobreposição, pois fornecem sinais de distância e de profundidade, referem-se ao espaçamento dos elementos, aos níveis de textura, aos tamanhos e às formas, além de auxiliarem na ideia de tamanho relativo, que é também um sinal de distância (SCHIFFMAN, 2005).

A visão monocular propõe, ainda, alguns tipos de movimento. Por exemplo, movimento por acomodação, cuja fonte corresponde às informações espaciais, mas é um recurso limitado. O fenômeno da acomodação é uma alteração na forma do cristalino que produz uma imagem nítida na retina (SCHIFFMAN, 2005).

Outro tipo de movimento proporcionado pela visão monocular é a perspectiva do movimento que gera um fluxo óptico devido à mudança de projeção óptica e ao movimento do observador. A perspectiva do movimento informa a velocidade, a distância relativa do objeto e a direção do movimento. Outro tipo

importante de movimento alcançado pela visão monocular é a paralaxe do movimento, relacionada ao movimento relativo dos objetos, proporcionando a eficaz percepção do espaço (SCHIFFMAN, 2005).

Já as noções de figura e fundo percebidas na visão binocular (visão dos dois olhos) são responsáveis pela disparidade binocular e pela convergência que proporciona através da estereoscopia a sensação de 3D (SISCOUTTO *et al*, 2004).

Com base nos critérios de formas, relações espaciais, cores, texturas, intensidade luminosa, noções de movimento e diferenciação de figura e fundo aqui analisados, tornou-se possível a elaboração do quadro 1, no qual são comparadas as características de modelagem das imagens em 2D e em 3D ou RV.

Quadro 1 – Síntese das Características de Modelagem 2D, 3D e RV

Características de modelagem:	IMAGENS	
	2D	3D e RV
Formas	Os gradientes de textura da imagem 2D referem-se ao espaçamento dos elementos, níveis de textura, tamanho e formas, e auxiliam na noção de tamanho relativo, que é um sinal de distância.	Baseadas em polígonos e texturas.
Relações Espaciais	A noção de altura representa um sinal espacial quando existem duas imagens. A perspectiva linear destaca a percepção de profundidade.	São explorados 3 eixos cartesianos, possibilitando as noções de altura, largura e profundidade.
Cores/Textura	Os gradientes de textura auxiliam no processo de sobreposição.	Processos de renderização da imagem.
Intensidade Luminosa	Luz e sombra proporcionam uma sensação de profundidade aparente.	Efeitos de iluminação definem o aspecto de acabamento do objeto (ex.: madeira, areia, água etc.)
Movimentos	A visão monocular propõe alguns tipos de movimento: movimento por acomodação, perspectiva do movimento e paralaxe do movimento, proporcionam a eficaz percepção do espaço.	Possibilidade de translação nos 3 eixos cartesianos e rotação sobre o próprio eixo do objeto e sobre os outros eixos cartesianos.
Diferenciação entre Figura e Fundo	Sinal estático, que permite a noção de perspectiva aérea ou	São responsáveis pela disparidade binocular e pela

	nitidez.	convergência

Fonte: Conforme Nota ¹: quadro elaborado pelas pesquisadoras Naira Vincenzi e Luciana Pires Correia Neves.

1.2 Processos Cognitivos Envolvidos Na Aprendizagem Conceitual.

Várias pesquisas em Educação e Psicologia Cognitiva buscam compreender e classificar os processos de aprendizagem, investigando o modo como as pessoas aprendem. Em 1956, Benjamin Bloom escreveu a Taxonomia dos Objetivos Educacionais: Domínio Cognitivo e, desde então, sua descrição em seis níveis do raciocínio foi amplamente adotada e usada em inúmeros contextos. Sua lista de processos cognitivos é organizada do mais simples, que é obter a informação, ao mais complexo, que implica o julgamento sobre o valor e a importância de uma ideia. Segundo essa taxonomia, o processo cognitivo de aprendizagem pode ser dividido em seis categorias principais: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análises-sínteses e Avaliação (ANDERSON *et al*, 2001).

Em 1999, Dr. Lorin Anderson, um antigo aluno de Bloom, e seus colegas publicaram uma versão atualizada da Taxonomia de Bloom que considera uma gama maior de fatores que afetam o ensino e a aprendizagem. Essa taxonomia revisada tenta corrigir alguns problemas da taxonomia original. Diferentemente da versão de 1956, a taxonomia revisada diferencia “saber o quê” (o conteúdo do raciocínio) de “saber como” (os procedimentos para resolver problemas) (KRATHWOHL, 2002).

Nessa nova versão, adotada até hoje, a Dimensão do Conhecimento é o “saber o quê”. Ela se divide em quatro categorias: factual, conceitual, procedimental e metacognitiva. O conhecimento factual inclui elementos isolados de informação, como definições de vocabulário e conhecimento de detalhes específicos. O conhecimento conceitual consiste em sistemas de informação, como classificações e categorias. O conhecimento procedimental (saber como fazer) inclui algoritmos, heurísticas ou métodos empíricos, técnicas e métodos, bem como o conhecimento

sobre quando usar esses procedimentos. O conhecimento metacognitivo (refletir sobre o que se sabe) refere-se ao conhecimento dos processos cognitivos e das informações sobre como manipular esses processos de forma eficaz (KRATHWOHL, 2002).

Além disso, a taxonomia revisada é baseada em uma ampla visão de aprendizado que inclui não apenas a aquisição de conhecimento, mas também a habilidade de usar o conhecimento em uma variedade de novas situações.

Dois dos mais importantes objetivos educacionais são promover a retenção e a transferência de conhecimento. Retenção é a habilidade de lembrar o que foi aprendido durante a instrução depois de algum tempo após tê-la recebido. Transferência é a habilidade de usar o que foi aprendido para resolver problemas, responder a novas questões ou facilitar o aprendizado de novos conceitos (BRANSFORD *et al*, 2000).

Quando o objetivo da instrução é promover retenção do material apresentado da mesma forma em que foi ensinado, a relevante categoria de processo cognitivo é “Lembre-se”. Lembrar envolve recuperação de conhecimentos relevantes na memória de longo prazo. Os dois processos cognitivos associados são **Reconhecer e Recordar** (KRATHWOHL, 2002).

No entanto, quando o objetivo da instrução é promover a transferência de conhecimento, seu foco passa a ser as outras cinco categorias de processos cognitivos, **Entender** até **Criar**. Destes, sem dúvida, a maior categoria dos objetivos educacionais baseados em transferência enfatizados nas escolas e faculdades é Entender. Os alunos entendem quando são capazes de construir significados a partir de mensagens de instrução, incluindo comunicações orais, escritas e gráficas, e material apresentado durante as aulas, nos livros ou em monitores de computador (JONASSEM, 2001). Os alunos entendem quando constroem conexões entre o novo conhecimento a ser adquirido e o seu conhecimento prévio.

O processo cognitivo **Aplicar** envolve a utilização de procedimentos para executar, exercer ou resolver problemas. Está intimamente relacionado com o Conhecimento procedimental. A categoria **Aplique** consiste de dois processos cognitivos: **executar**, quando a tarefa é um exercício (isto é, para o aluno familiarizado), e **implementar**, quando a tarefa é um problema (ou seja, desconhecida para o aluno) (KRATHWOHL, 2002).

Observemos, no quadro a seguir, as categorias de processos cognitivos de entendimento enumerados na Taxonomia Revisada de Bloom, segundo Krathwohl (2002):

Quadro 2 – Recorte da Taxonomia revisada de Bloom

Entender	Interpretar (esclarecer, parafrasear, representar, ou traduzir)	Ocorre quando um aluno é capaz de converter a informação de uma forma de representação em outra.
	Exemplificar (ilustrar ou instanciar)	Ocorre quando um estudante encontra um exemplo específico ou instância de um conceito geral ou princípio.
	Classificar (categorizar)	Ocorre quando um estudante determina que algo (por exemplo, uma instância ou exemplo particular) pertence a uma determinada categoria (por exemplo, conceito ou princípio).
	Resumir (abstrair ou generalizar)	Ocorre quando um estudante produz uma curta declaração que representa informações apresentadas ou abstrai um tema geral.
	Deduzir (concluir, extrapolar, interpolar, ou prever)	Envolve a elaboração de uma conclusão lógica a partir das informações apresentadas.
	Comparar (contrastar, mapear, ou corresponder)	Envolve detectar semelhanças e diferenças entre dois ou mais objetos, eventos, ideias, problemas ou situações.
	Explicar (construir modelos)	Ocorre quando o aluno constrói um modelo para justificar uma situação, como por exemplo, desenhar um diagrama, apresentar detalhes, descrever como determinados fatores afetam outros fatores, etc.

Fonte: KRATHWOHL, 2002.

CAPITULO 2 – METODOLOGIAS PARA ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO

Ao apresentar a proposta de um Instrumento de avaliação de processos cognitivos para a aprendizagem de subestações de energia em realidade virtual, foi necessário utilizar métodos de pesquisa para o desenvolvimento do *checklist* e da métrica de avaliação, bem como para a elaboração e validação do protótipo AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig).

Quanto ao tratamento das variáveis, optou-se pela pesquisa qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994) em função de uma análise das potencialidades de aprendizagem proporcionadas pelos ambientes de treinamento (2D e RV) de subestações de energia.

Assim, este trabalho trata de um estudo experimental, no qual os objetos de análise são os ambientes tecnológicos (2D e RV) utilizados para o treinamento de operadores de subestações de energia da Cemig. Segundo Gil (2002, p. 47), “a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, e definir as formas de controle e observação dos efeitos que as variáveis produzem no objeto.”

As variáveis aqui consideradas serão (i) os Processos cognitivos de aprendizagem conceitual, conforme a Taxonomia dos Processos Cognitivos Revisada de Bloom (KRATHWOHL, 2002); e (ii) o Mapeamento das características de aprendizagem *a priori* necessárias para o exercício da função de operador de subestações de energia. É proposta a criação de um instrumento de avaliação baseado em *checklist* e métrica a partir do qual serão medidos os efeitos que as variáveis produzem nos objetos.

Por se tratar da primeira experiência em subestações de energia usando a tecnologia de realidade virtual, pode-se considerar esta pesquisa, também, como um estudo de caso, definido por Gil (2002, p. 54) como “um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir seu conhecimento amplo e detalhado”. Isso porque este estudo se propõe a estudar de forma ampla os processos cognitivos requeridos e estimulados no treinamento para a função de operador de subestações de energia.

2.1 Análise de contexto

Para o delineamento desta pesquisa, foi feita, inicialmente, uma visita em *loco* para observação e coleta de dados da forma como o treinamento dos operadores de subestações da Cemig é realizado. Foi feito, também, um acompanhamento junto à equipe de desenvolvimento do Projeto GT411 do Laboratório de Realidade Virtual da UFU para compreender o novo ambiente de treinamento em realidade virtual proposto e identificar suas principais características.

Durante a citada visita, foi observado que o sistema tradicionalmente utilizado, tanto para operação quanto para o treinamento, é baseado em diagramas unifilares e bancos de dados SCADA (Sistemas de supervisão e aquisição de dados), ambientes e modelos em 2D, considerados pelos usuários pouco intuitivos visualmente, mas vantajosos ao proporcionar uma visão geral do sistema.

O novo sistema em RV possibilita a noção de intuitividade através da telepresença, permitindo cinco formas diferentes de navegação: (i) visão de topo ou geral (maior grau de dificuldade, o operador pode manipular os graus), (ii) mini mapa, (iii) menu de interfaces, (iv) visão lateral e (v) visão frontal', além de possibilitar a habilitação de camadas de visualização (Anexo 6).

Através da visita em *loco*, da observação da rotina dos operadores, treinados e em treinamento, e da aplicação de uma entrevista ² (questionário Anexo 1), identificou-se certa resistência por parte dos operadores à mudança de ambiente tecnológico de 2D para RV. Nesse contexto, esta pesquisa se insere em uma busca para avaliar as potencialidades para a aprendizagem de conhecimentos de entendimento de subestações de energia de ambos os ambientes utilizados para o treinamento.

² O questionário citado foi elaborado com a contribuição da pesquisadora da Faculdade Mackenzie Dr^a Pollyana Notargiamo Mustaro (pollynot@gmail.com), e a estudante de doutorado da Faculdade de Engenharia Elétrica UFU, Adriana Porto (adrianaportodesigner@gmail.com) então membros do Núcleo de Pesquisa em Engenharia Educacional do Projeto GT411, com o objetivo de conduzir a entrevista realizada.

Para proceder a avaliação dessas potencialidades, partiu-se de um levantamento bibliográfico sobre técnicas de visualização de imagens 2D e 3D e em tecnologias de realidade virtual¹ e sobre ambientes de treinamento e aprendizagem baseados em tais técnicas. Buscou-se, também, identificar características de modelagem e processos cognitivos em 2D e RV, a partir das quais foi possível a criação de quadros que serviram para nortear a confecção do *checklist* e a sua atribuição de pesos ¹.

Seguiu-se à revisão da literatura em busca de metodologias e protótipos de avaliação de sistemas educacionais.

Em seguida, foram realizados estudos comparativos de técnicas de representação de imagens em ambientes 2D e RV em relação aos processos cognitivos de aprendizagem para o entendimento de subestações de energia, buscando identificar os conhecimentos requeridos para o desempenho da função dos operadores através do mapeamento dos conceitos de subestação de energia, seus ativos, arranjos, *layouts* e componentes. Para a criação desse mapeamento, foi utilizada a ferramenta Cmap Tools (CAÑAS *et al*, 2004). Fez-se, então, um recorte dos principais conceitos de subestações de energia para exemplificar os conteúdos que o operador em treinamento precisa aprender independentemente do tipo de ambiente utilizado.

No desenvolvimento do *checklist*, utilizou-se uma estratégia de análise que compreende: a identificação de processos cognitivos necessários para o desempenho da função de operação de subestações de energia, e a separação e o agrupamento de processos cognitivos semelhantes em categorias de entendimento.

Passou-se ao estudo e à escolha da métrica a ser utilizada, sendo feita uma busca na literatura por métricas da Engenharia de *Software* nas obras de Santos *et al* (2011), Likert (1932), Osgood; Suci e Tannenbaum (1957), Halstead (1977), Mccall *et al* (1977), e Pressman (2002).

Com a métrica selecionada e interpretada para esta aplicação, fez-se necessária a atribuição de pesos às questões de cada categoria, buscando-se uma uniformidade no peso total atribuído por categoria, respeitando-se a lógica matemática da métrica escolhida.

2.2 Metodologia Para Elaboração Do Instrumento De Avaliação AVAPATCEMIG

Segundo Pressman (2002) *apud* Santos (2009, p. 29), “a coleta e a análise de dados são as atividades que dirigem o processo de medição e sempre que possível devem ser automatizadas”. Nessa perspectiva, foi desenvolvido um protótipo denominado AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig) para facilitar o processo de avaliação dos ambientes de treinamento 2D e RV. O instrumento foi estruturado na forma de um *checklist* interativo e é composto por um conjunto de páginas na internet³.

O desenvolvimento do AvaPATCemig segue uma constituição metodológica baseada em projetos de avaliação da qualidade do *software* (SANTOS *et al*, 2011; SIEMER; ANGELIDES, 1998; SCHOLTZ, MORSE e STEVES, 2006).

Cada categoria definida na etapa de elaboração da metodologia de avaliação foi considerada um módulo do programa, de forma que cada módulo caracteriza um conjunto de habilidades e processos cognitivos esperados durante a exposição do usuário ao ambiente de treinamento avaliado. Essa divisão em categorias permite uma melhor análise qualitativa dos processos cognitivos envolvidos.

2.3 Metodologia Para Validação Do AVAPATCEMIG

O instrumento aqui proposto, na forma de protótipo, em sua etapa de validação será aplicado à população de treinadores dos operadores do Centro de Operações e Controle da Cemig, constituída de cinco profissionais da área de engenharia, envolvidos no treinamento da equipe que compõe o C.O.S Cemig,

³ A programação do instrumento de avaliação AvaPAT foi realizada com a colaboração do Professor Denis Henrique de Deus Lima (denislima@iftm.edu.br), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Patrocínio.

mediante consentimento individual (Anexo 2) e respeitando-se o sigilo de cada participante.

A validação teve como objetivo verificar a contribuição do instrumento de avaliação na otimização na coleta das respostas e na geração dos resultados da medição, bem como sua eficácia em proporcionar um *feedback* aos treinadores e aos desenvolvedores dos ambientes de treinamento (2D e RV).

Para a interpretação dos dados finais, os resultados das avaliações gerados pelo AvaPATCemig no formato de gráficos e relatórios foram analisados de forma qualitativa.

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS

3.1 Mapeamento do Conteúdo de Aprendizagem Conceitual de Subestações de Energia Elétrica

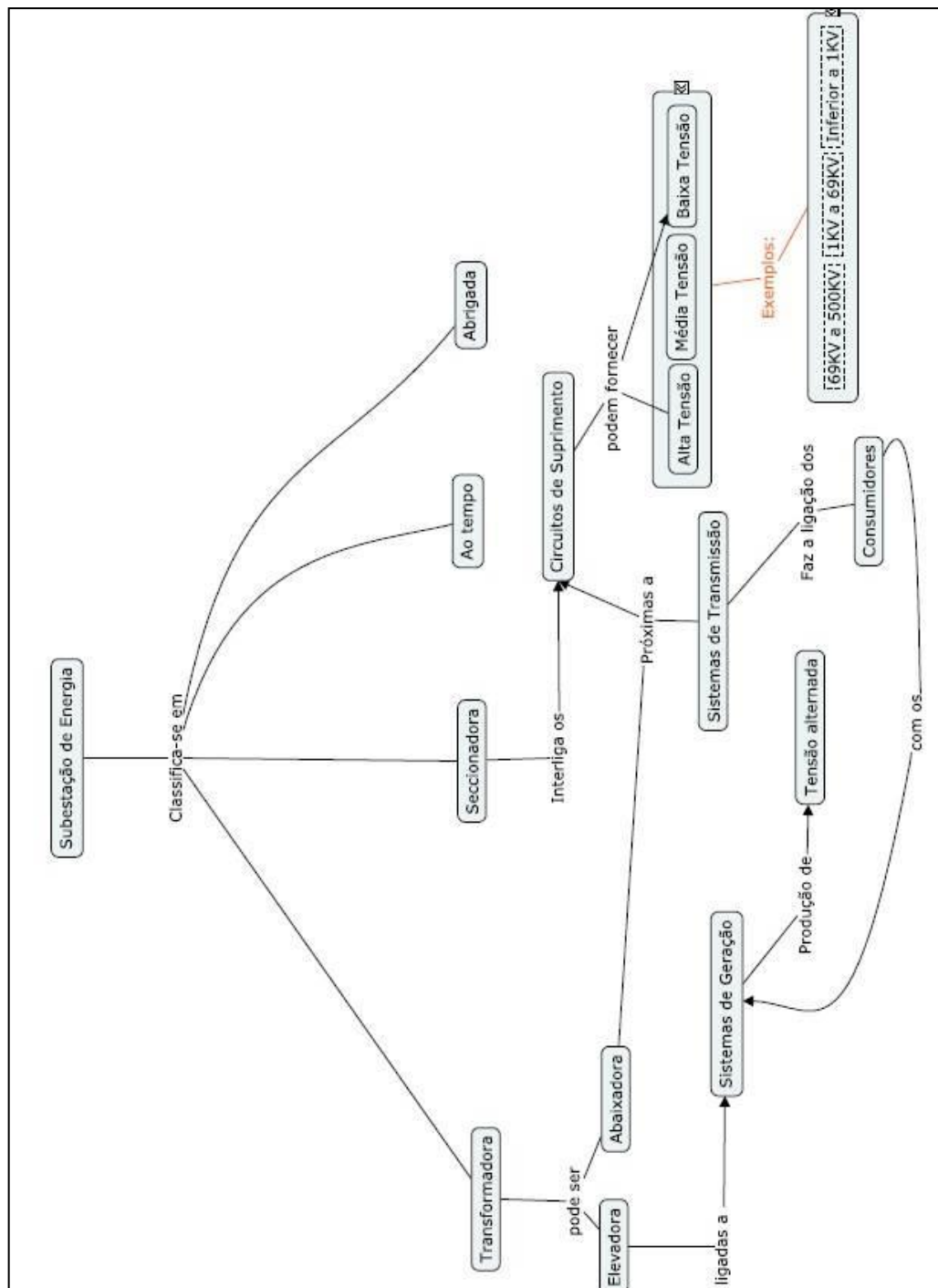
Para desenvolver a função de operador de subestações (C.O.S) Cemig, é necessário **conhecer** e **compreender** o que é uma subestação de energia.

Desse modo, o mapeamento do conteúdo da aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica foi elaborado com o uso da ferramenta “Mapas Conceituais” (NOVAK; CAÑAS, 2010) com o intuito de alinhar conhecimentos, processos cognitivos e objetos de aprendizagem em 2D e RV.

As subestações são entidades dentro do sistema elétrico, as quais são responsáveis pela elevação ou pelo abaixamento dos níveis de tensão. Há, também, subestações que fazem a interligação entre linhas de transmissão sem alterar os níveis de tensão (PINHEIRO, 1995). Quanto às suas finalidades, classificam-se em transformadoras e seccionadoras; quanto à sua localização, classificam-se em “Ao tempo” e “Abrigada”. Como se observa na figura 1, as subestações ditas “Elevadoras” são diretamente ligadas aos Sistemas de Geração. Estes, por sua vez, são responsáveis pela produção de Tensão Alternada. Já as subestações abaixadoras costumam ser localizadas próximas aos circuitos de suprimento e aos sistemas de transmissão que fazem a ligação dos consumidores aos sistemas de geração. Subestações seccionadoras são responsáveis por interligar os circuitos de suprimento. Esses circuitos podem fornecer alta tensão (69 KV a 500 KV), média tensão (1 KV a 69 KV) ou baixa tensão (inferior a 1 KV) (DUAILIBE, 1999).

A partir desses conceitos, foi construído o mapa conceitual da figura 1.

Figura 1– Mapa Conceitual Subestação de Energia classificação



Fonte: Elaborado pela Autora

As subestações de potência geralmente contêm diversos equipamentos (figura 2) de medição, os quais fornecem informações importantes para a operação do sistema elétrico, como supervisão e controle de fluxo de carga, acionamento da proteção contra faltas e coordenação de manobras no sistema (DUALIBE, 1999). Os equipamentos de medição mais comuns são os TPs (transformadores de

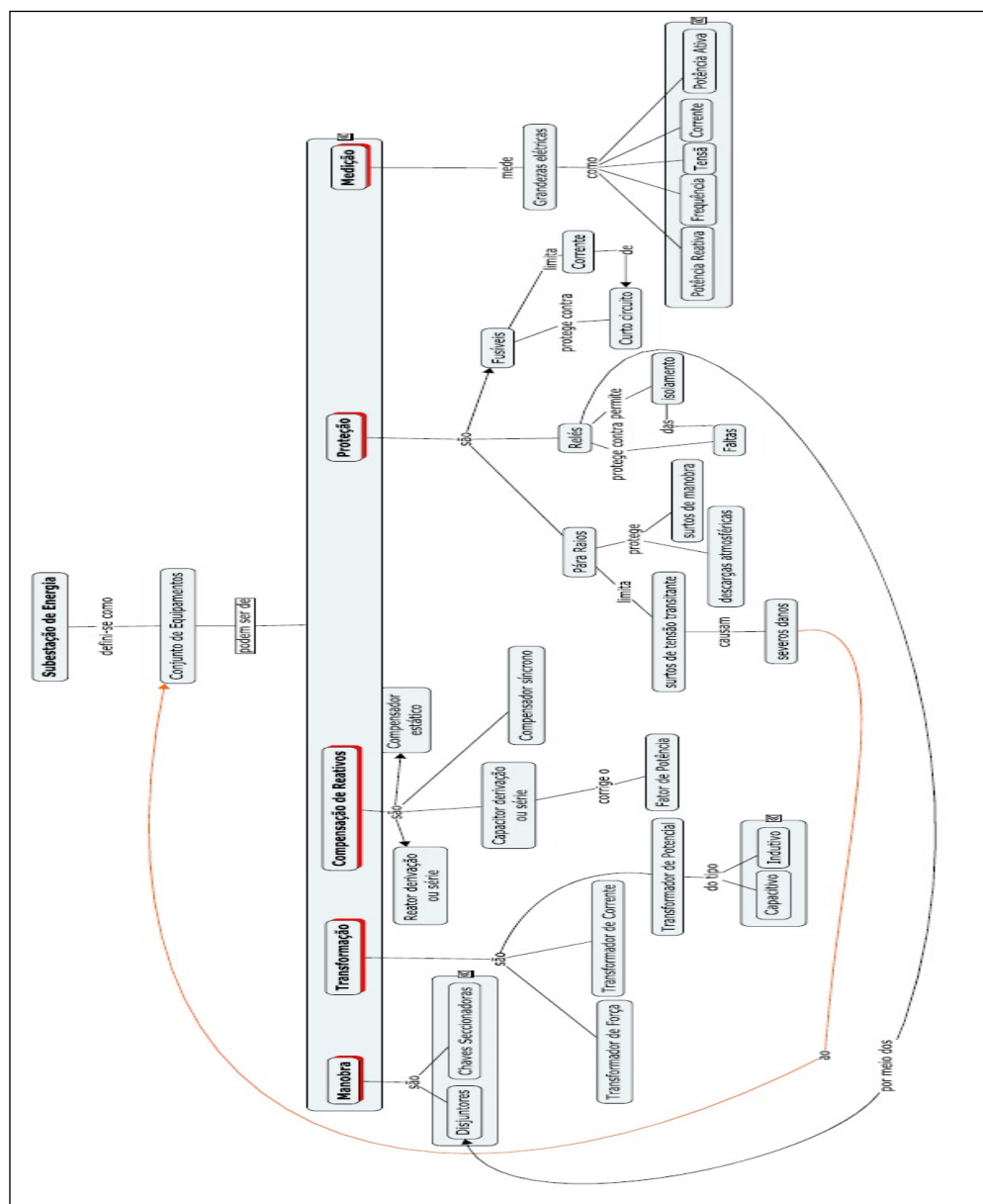
potencial) e os TCs (transformadores de corrente), cujas saídas analógicas são cabeadas para a sala de controle da subestação (BARBOSA *et al*, 2012). Também podem ser citados os Disjuntores e Religadores, cuja função principal é a proteção contra as correntes de curto-circuito (PINHEIRO, 1995). Com esses conceitos, foram elaborados o quadro 3 e o mapa da figura 2, apresentados a seguir.

Quadro 3 – síntese dos conhecimentos específicos requeridos no treinamento de operadores de Subestações de Energia

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS	
Subestações de Energia	São entidades dentro do sistema elétrico, responsáveis pela elevação ou abaixamento de níveis de tensão.
Equipamentos de Manobra	São elementos dentro das Subestações utilizados para abertura e fechamento dos circuitos de energia. Exemplos: Disjuntores, Chaves Seccionadoras
Equipamentos de Medição	São elementos dentro das Subestações utilizados para monitoramento dos valores de Tensão e de Corrente Elétrica. Exemplos: Transformadores de Potencial (TP's), Transformadores de Corrente (TC's).
Equipamentos de Transformação	São elementos responsáveis por elevar ou abaixar os níveis de Tensão e Corrente elétricas. Exemplos: Transformadores de Tensão, Transformadores de Potencial (TP's), Transformadores de Corrente (TC's).
Equipamentos de Proteção	São elementos responsáveis por proteger os demais elementos de uma Subestação contra sobrecargas de Tensão e de Corrente elétrica. Exemplos: Para-raios, Relés e Fusíveis.
Equipamentos de Compensação de Reativos	São elementos usados no controle e compensação de tensão/potência reativa Exemplos: Capacitores, indutores

Fonte: Síntese da Autora

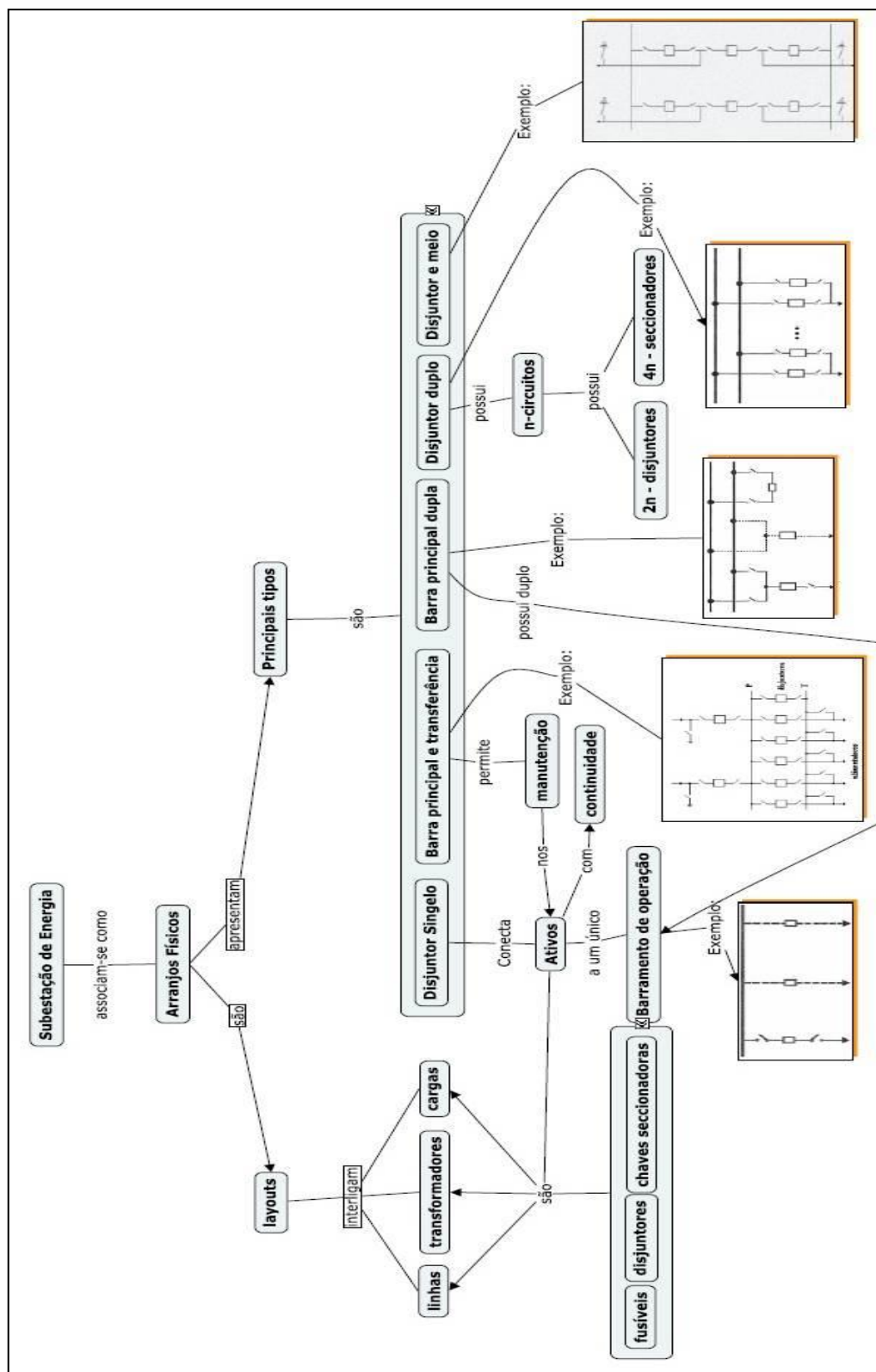
Figura 2 – Mapa Conceitual Subestação de Energia Definição



Fonte: Elaborado pela Autora

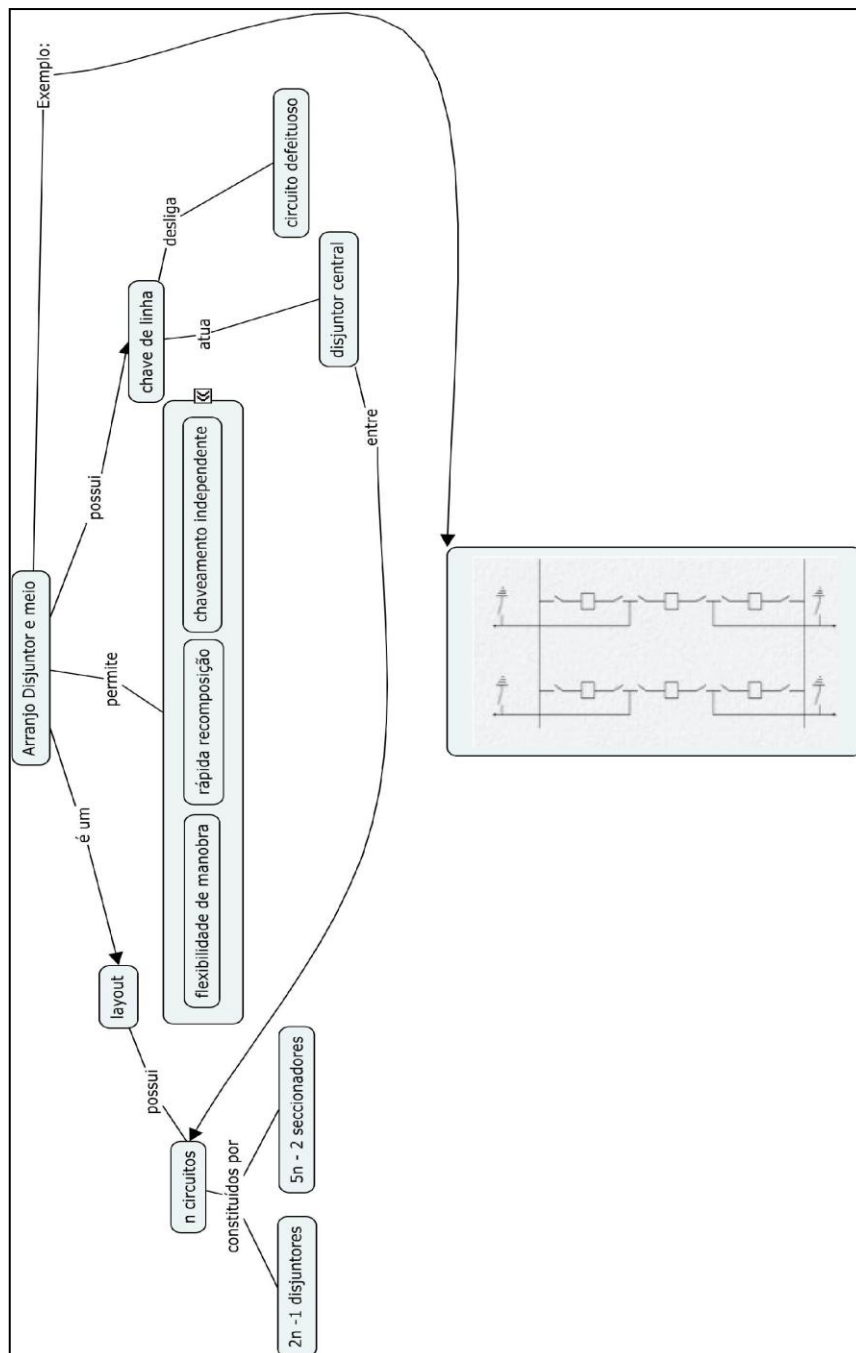
As subestações também possuem uma quantidade variada de chaves, linhas e barramentos (JUNIOR; ALVES, 2010). Associam-se, geralmente, ao modelo de arranjos, como mostram os mapas conceituais das figuras 3 e 4.

Figura 3 – Mapa Conceitual Subestação de Energia – Arranjos Físicos



Fonte: Elaborado pela Autora

Figura 4 – Mapa Conceitual Subestação de Energia – Arranjo Disjuntor E Meio



Fonte: Elaborado pela Autora

Uma única falha em algum componente de uma subestação pode comprometer seriamente o fornecimento normal da energia elétrica, causando graves danos aos consumidores e à própria concessionária (JUNIOR; ALVES, 2010). Por exemplo, o sobreaquecimento de um disjuntor (Figura 5) pode causar o desligamento da subestação e até provocar incêndios.

Além disso, as subestações estão sujeitas a muitos transtornos, como falhas nos mecanismos automáticos, nos sistemas de proteção e nos equipamentos (PINHEIRO, 1995). Tais falhas podem causar interrupção de energia nos alimentadores e linhas de transmissão, fazendo com que seja necessária a realização de operações para reenergização do sistema. Essas operações também ocorrem quando se necessita realizar a manutenção de algum equipamento, realocação de carga e outros tipos de manobra (JUNIOR; ALVES, 2010).

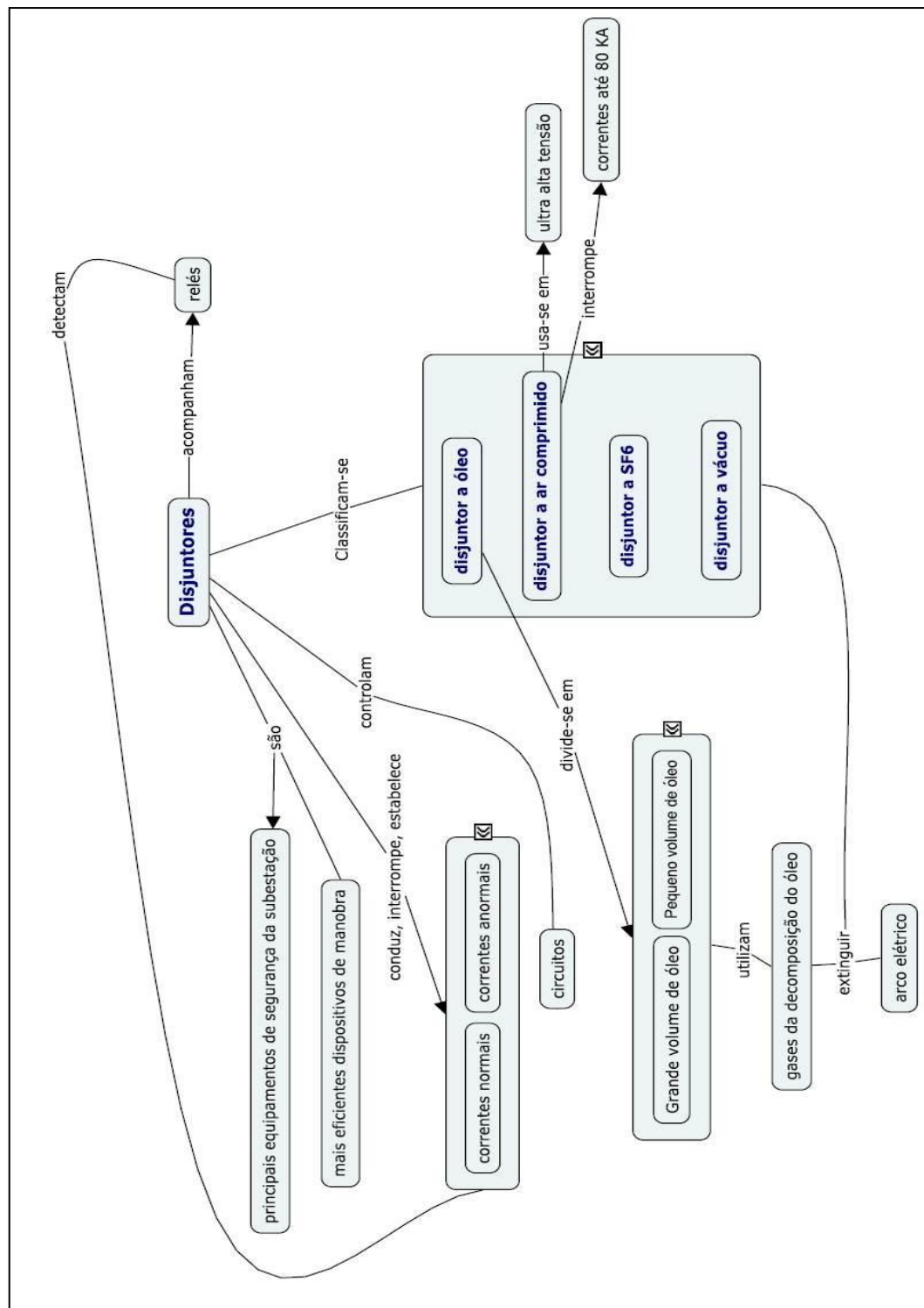
O quadro 4, apresentado a seguir, sintetiza os processos de entendimento requeridos obtidos a partir da construção dos mapas conceituais.

Quadro 4 – Recorte De Entendimentos Requeridos para estimular os Processos Cognitivos na função de operador

Processo cognitivo	Entendimento requerido
Interpretar	O que é uma subestação de energia; O que são ativos;
Exemplificar	Tipos de equipamentos constituintes da subestação;
Classificar	Tipos de subestação de energia; Arranjos de uma subestação de energia;
Deduzir	O que são falhas, o que as provocam, tipos de falhas, suas consequências.
Comparar	Tamanho e forma dos equipamentos de manobra, de transformação, de medição, de proteção.
Explicar	Quais são e como funcionam os equipamentos de manobra, de transformação, de medição, de proteção etc.

Fonte: Interpretação da autora para o Quadro 2.

Figura 5 – Mapa Conceitual Disjuntor



Fonte: Elaborado pela Autora

A partir dos estudos das características levantadas no quadro 1, foi feito um estudo comparativo entre os objetos 2D, 3D e RV que resultou no quadro 5.

Quadro 5 – Resumo Comparativo entre 2D, 3D e RV

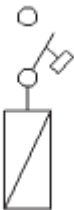
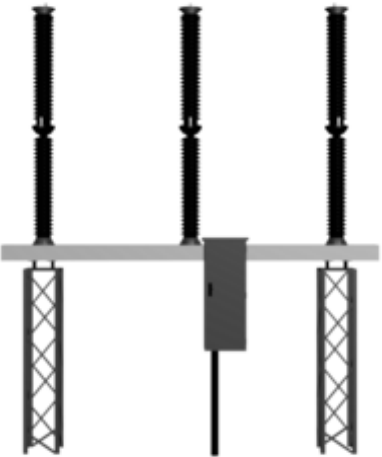
CARACTERÍSTICAS	Ferramentas		
	2D	3D	RV
Caracterizado por	Visão Monocular	Convergência, Disparidade Binocular e Visão Binocular	Imersão, interação e envolvimento
Dimensões dos Objetos	Objetos dotados de comprimento e largura.	Objetos dotados de comprimento, largura e profundidade.	Objetos dotados de comprimento, largura, profundidade e movimento.
Tipos de Imagens	Imagens capturadas ou pré-processadas.	Imagens modeladas.	Imagens pré-processadas e modeladas ou processadas em tempo real.
Aspectos visuais	Visão geral da cena permite análise de detalhes do sistema como um todo.	Percepção de profundidade dos diferentes planos e distribuição dos objetos.	Sensação de presença (imersão e realismo).
Precisão	Precisão de medição	Precisão de localização.	Precisão de navegação.
Vantagem	Privilegia a visão de todo do sistema (macro)	Privilegia a visão individual de cada parte do sistema (micro)	Permite a Interação com cada parte do sistema.
Aplicações	No papel, na escrita, na arte e no computador (aplicações multimídia).	Na arte e na multimídia.	Aplicações multimídia, arte, meios de comunicação.

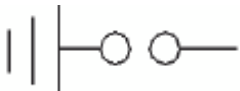
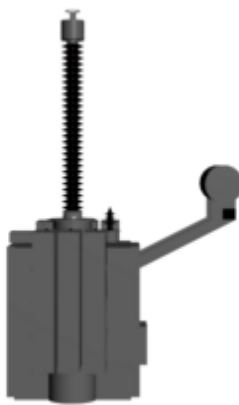
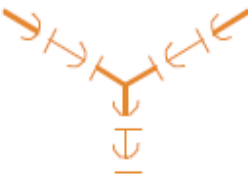
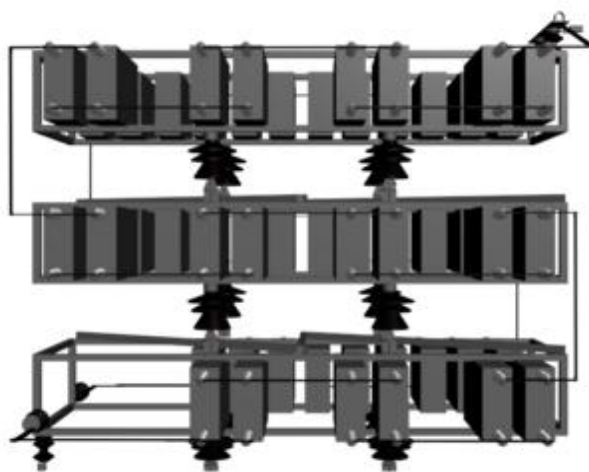
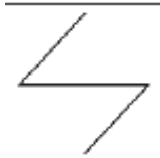
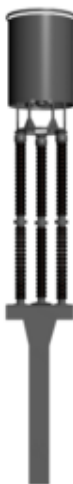
Fonte: Quadro elaborado pela autora a partir das contribuições das pesquisadoras Naira Vincenzi e Luciana Pires Correia Neves.

No quadro 6 a seguir, são comparados alguns recortes dos modelos disponíveis para o ambiente de treinamento Cemig em 2D e em RV. Pode-se identificar as características levantadas nos quadros anteriores de forma bem nítida

nessas imagens, e nas figuras 6 e 7 é possível observar a diferenciação entre figura e fundo, a noção de movimento, iluminação, entre outras propriedades.

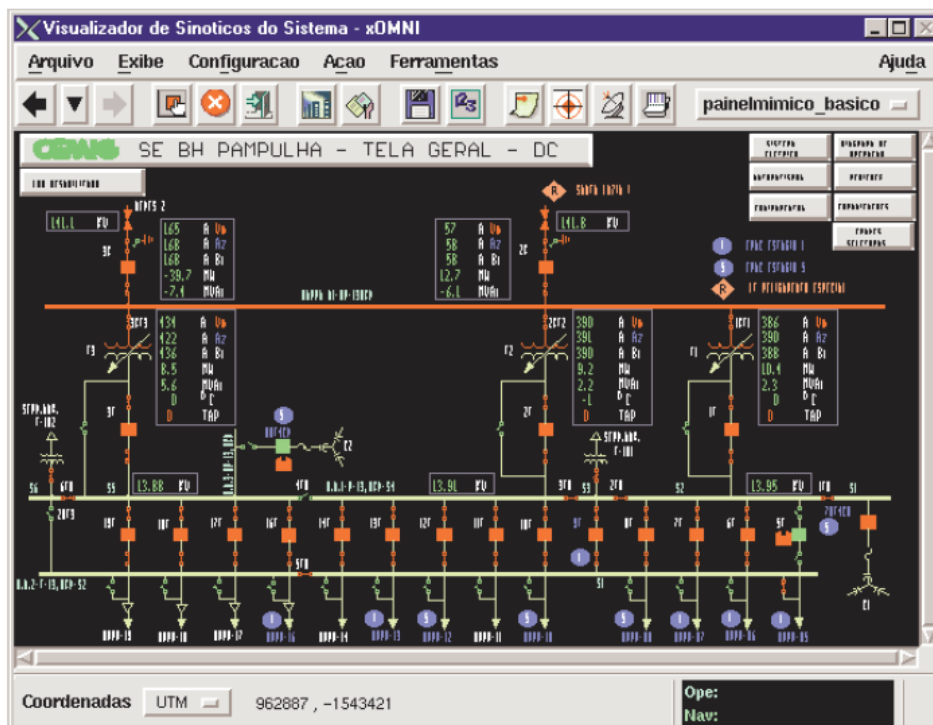
Quadro 6 – Exemplos DE Equipamentos DAS Subestações Representados EM 2D E 3D

Exemplo: Representações de Equipamentos	2D (símbolos extraídos documento XOM EF 028 Cemig – UFMG – Concert)	3D (modelos extraídos Projeto GT411 Biblioteca RV Cemig- UFU)
Transformador		
Chave disjuntora		

Para-raios		
Reator		
Banco de capacitores 138 KV		
Bobina		

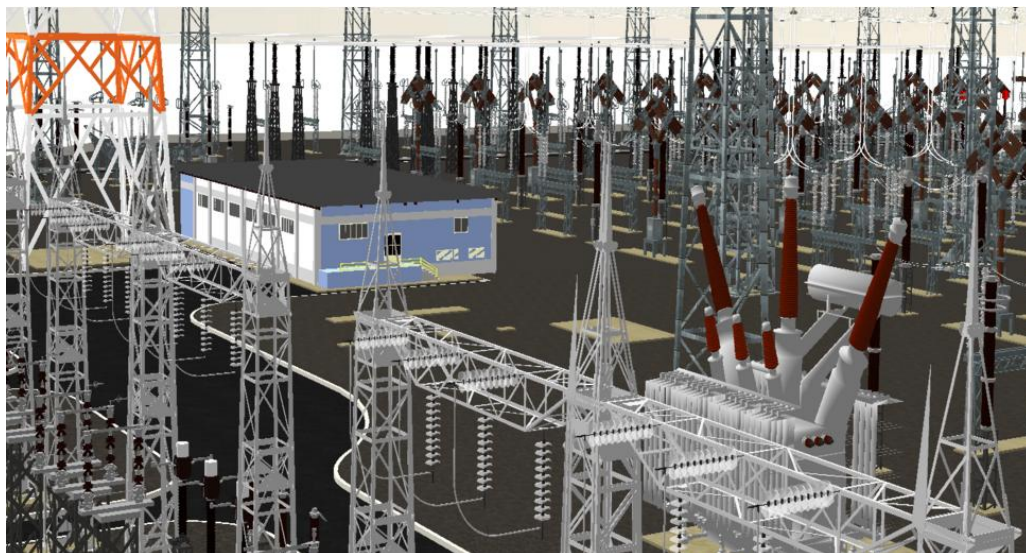
Fonte: (MENDES; FREITAS, 2009, Disponível em: <<https://gt411.cgwusa.com>>. Acesso em: fevereiro/2016)

Figura 6 - Visão Geral Ambiente 2D



Fonte: (MENDES; FREITAS, 2009)

Figura 7 – Visão Geral Ambiente RV



Fonte: Disponível em: <<https://gt411.cgwusa.com>>. Acesso em: fevereiro/2016

Com base no mapeamento realizado, pode-se adaptar a Taxonomia de Bloon ao estudo de caso específico desta pesquisa, como feito no quadro 7.

Quadro 7 – Taxonomia Dos Processos Cognitivos, Aplicada À Operação De Subestações De Energia

Taxonomia dos Processos Cognitivos, aplicada a Operação de Subestações de Energia:		Ambientes		
		RV	3D	2D
Lembrar	Reconhecer	Equipamentos específicos através de suas formas.	Equipamentos específicos através de suas formas.	Equipamentos específicos através de sua simbologia gráfica.
	Recordar	Função de cada equipamento através da sua visualização, identificação e localização na subestação.	Função de cada equipamento através da sua visualização e identificação.	Função de cada equipamento através do diagrama unifilar.
Entender		A sequência de operação da subestação através da visão de todas as conexões da subestação e através da reversibilidade dos comandos de mudanças de estado.	A sequência de operação da subestação através da visão de todas as conexões da subestação.	A sequência de operação da subestação através do diagrama unifilar.
Interpretar		Estados dos equipamentos (Ligado ou Desligado, Aberto ou fechado, etc.).	Estados dos equipamentos (Ligado ou Desligado, Aberto ou fechado, etc.).	Símbolos associando-os aos equipamentos a que se referem.
Exemplificar		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Classificar		Estados de operação e tipos de faltas.	Estados de operação e tipos de faltas.	Ocorrência de faltas
Resumir		Não se aplica	Não se aplica	Síntese da Subestação visualizada.
Deduzir		Falhas	Não se aplica	Não se aplica
Comparar		Equipamentos com características semelhantes; Estados de operação com e sem falhas, e o nível de gravidade.	Equipamentos com características semelhantes;	Esquema Unifilar a situações reais - Trifásico.

Explicar		Causas de manobras através da análise individual de equipamentos	Causas de manobras através da análise individual de equipamentos	Causas de manobras através da leitura dos esquemas unifilares.
Aplicar	Executar	Manobras diretamente em disjuntores e chaves; Medições em transformadores.	Simulação de manobras diretamente em disjuntores e chaves.	Operações e Manobras em subestações por meio de diagramas.
	Implementar	Não se aplica.	Não se aplica.	Não se aplica.

Fonte: Elaborado pela Autora.

A partir das informações apresentadas no quadro anterior, torna-se possível a construção de um questionário (*checklist*), no qual serão atribuídos pesos para cada uma das assertivas de forma a potencializar as características perceptíveis em cada um dos ambientes de treinamento avaliados.

3.2 Questões, métricas e medidas do instrumento de avaliação de processos cognitivos

No desenvolvimento da metodologia para a elaboração do *checklist* utilizado para a ponderação das métricas, utiliza-se uma estratégia de análise que compreende: o estudo das características de modelagem que propiciam as percepções sensoriais específicas das tecnologias 2D, 3D e RV ¹; a identificação dos conhecimentos conceituais inerentes à função de Operador de Subestações de Energia; e a identificação dos principais processos cognitivos que devem ser estimulados nos ambientes de aprendizagem virtual.

Busca-se, por meio desta análise, a compreensão sobre o desenvolvimento da aprendizagem conceitual segundo os seguintes fatores: características de modelagem do sistema, características básicas de RV, conhecimentos conceituais, tempo de resposta do sistema RV e 2D. Cada um desses fatores será considerado como um bloco ou conjunto de interrogativas capazes de elencar parâmetros desejáveis que visem ao estímulo de processos cognitivos do simples ao complexo. Para melhor compreensão, denominaremos esses blocos de categorias.

3.2.1 O processo de avaliação

A avaliação é usada como ferramenta interdisciplinar de investigação social aplicada por instituições públicas e privadas para dar conta da qualidade dos seus produtos e serviços e da eficiência da sua organização interna. Os métodos aplicados têm de cumprir critérios metódicos, não existindo uma linha divisória clara entre a intervenção, pesquisa-ação ou estudos de campo (RINDERMANN, 2013).

Segundo Rindermann (2013), os instrumentos de medição têm de cobrir adequadamente todos os fenômenos e os efeitos do campo investigado. A interpretação dos dados deve ser executada em paralelo com o inquérito, a fim de otimizar o projeto da avaliação da instituição com *feedback* permanente. Nesse percurso, o passo inicial é determinar as questões, as métricas e as medidas que serão apropriadas para a representação que está sendo analisada.

Os dados quantitativos de questionários, testes e medições objetivas permitem avaliações confiáveis e exatas da introdução das características, dos processos e dos efeitos. No entanto, esses resultados são, muitas vezes, carentes de clareza e inteligibilidade para os profissionais, de modo que os métodos qualitativos sejam necessários. Os dados qualitativos são interpretados por sistemas de categoria. Os métodos padronizados têm de complementar os métodos qualitativos e vice-versa (RINDERMANN, 2013).

Partindo desses princípios, as questões do *checklist* apresentam duas características. Em um primeiro momento, tratam-se de questões de múltipla escolha, permitindo que apenas uma alternativa seja selecionada pelo usuário, mas, ao mesmo tempo, apresentam a opção de resposta discursiva, na qual o participante pode expressar de forma subjetiva sua opinião e seus anseios em relação às questões respondidas.

Os processos de avaliação terminam com o *feedback*. Os resultados da avaliação são apresentados de forma abrangente e atraente em um relatório escrito e em gráficos que quantificam cada uma das categorias. A eficácia e a eficiência do tratamento são discutidas e comparadas com os objetivos esperados do modelo de avaliação.

3.2.2 A formulação do processo de avaliação

A formulação seguirá o paradigma GQM (Goal/Question/Metric), uma técnica utilizada por Santos *et al* (2011) *apud* Solingen e Berghout (1999) que procura estabelecer um objetivo de medição, definindo um conjunto de questões que precisam ser respondidas para alcançá-lo, identificando métricas que ajudem a responder a essas questões.

3.2.3 O objetivo da avaliação

O objetivo desta avaliação é identificar, nos objetos de aprendizagem (ambientes de treinamento em 2D e RV), quais são os processos cognitivos potencialmente estimulados.

3.2.4 O conjunto de questões: categorias

Para alcançar o objetivo da avaliação, definiu-se um conjunto de questões – as categorias – elaboradas a partir da interpretação dos quadros 6 e 7, apresentados na seção anterior, e da identificação das habilidades e processos cognitivos necessários para o desempenho da função de operador de subestações de energia.

Para isso, o mapeamento dos entendimentos requeridos, realizado anteriormente, serviu de ferramenta esclarecedora para delinear e delimitar os principais conceitos que precisam ser retidos e compreendidos durante o processo de treinamento independente do objeto de aprendizagem (ambiente) utilizado.

As questões para o *checklist* foram elaboradas para um público-alvo formado por técnicos em eletrotécnica que estão sendo treinados para operar subestações de energia à distância utilizando-se de sistemas computacionais (ambientes em 2D que estão sendo gradualmente substituídos por ambientes RV).

Para o *checklist*, foram elaboradas vinte e quatro perguntas distribuídas em cinco categorias enumeradas de A a E, sendo uma delas dedicada à avaliação de aspectos de modelagem do sistema RV, e as demais agrupadas conforme a

similaridade dos processos cognitivos previstos por Bloon em sua Taxonomia Revisada (KRATWOHL, 2002). Visando proporcionar clareza na análise dos resultados, as questões referentes ao ambiente de treinamento 2D foram categorizadas separadamente das questões destinadas à avaliação do ambiente RV.

As perguntas foram elaboradas visando resolver o problema previsto por Rindermann (2013), segundo o qual os participantes geralmente dizem mais sobre aspectos problemáticos e menos sobre fenômenos positivos quando eles respondem a perguntas de uma maneira livre. Desse modo, buscou-se elaborar questões que levassem o participante a refletir sobre suas respostas, enunciando-as na forma interrogativa negativa.

Não se pretendeu esgotar todas as possibilidades de categorias, deixando o instrumento de avaliação passível de edição para a inclusão, alteração ou até mesmo a exclusão de qualquer categoria conforme se faça necessário.

3.2.5 Questões da categoria A

Na categoria A, foram agrupadas assertivas relativas às características de modelagem do Sistema RV Cemig com o intuito de avaliar a usabilidade do sistema conforme as características básicas esperadas para um ambiente de realidade virtual: imersão, interação e envolvimento (BRAGA, 2001; MORIE, 1994) e, também, as características de modelagem dos objetos, tais como textura, sombra, diferenciação de imagem e fundo etc. ¹.

Quadro 8 – Perguntas componentes da Categoria a

Categoria A: Questões relativas às características de modelagem e usabilidade do sistema	
Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig	Pesos
Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?	0,2
Você encontrou dificuldades para distinguir os detalhes dos ativos? Caso afirmativo, quais foram?	0,2
Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando o avatar? (3ª pessoa)?	0,2

Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando a visão de Deus (1ª pessoa)?	0,2
Você sentiu algum desconforto visual durante o tempo em que ficou exposto ao sistema? Em caso afirmativo, qual?	0,2

Fonte: Elaborado pela autora.

Na aplicação do questionário, buscou-se evitar o desgaste do participante com uma quantidade exagerada de perguntas. Para tanto, a categoria foi sintetizada em cinco perguntas que pretenderam abordar de forma qualitativa todas as características de modelagem do sistema RV.

Na primeira pergunta: *“Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?”*, são examinadas as características de diferenciação de figura e fundo, imprescindíveis para a qualidade da navegação no ambiente RV e, por conseguinte, nos processos de retenção e assimilação (AUSUBEL, 2000), componentes da aprendizagem significativa.

A questão: *“Você encontrou dificuldades para distinguir os detalhes dos ativos? Caso afirmativo, quais foram?”* refere-se ao reconhecimento de formas por estímulos provocados por efeitos visuais como pontos, linhas, planos, volumes, cores, sombras, brilhos, texturas etc. (HEITER, 1970).

As três últimas questões referem-se às características básicas da RV – imersão, interação e envolvimento (BRAGA, 2001; MORIE, 1994), e propõem-se a identificar a usabilidade do ambiente RV que, Segundo Krug (2000), em seu livro clássico *“Don’t make me think”*:

Usabilidade significa tão somente garantir que algo funcione bem: que uma pessoa com habilidades e experiências médias (ou mesmo abaixo da média) possam usar a coisa - seja uma página na web, um caça a jato, ou uma porta giratória - para o seu propósito, sem ficar irremediavelmente frustrado (KRUG, 2000, p. 5).

Os pesos para cada uma das perguntas da Categoria foram admitidos de forma que o somatório dos pesos individuais fosse exatamente igual a um (1). Assim, para esta categoria, cada questão possui um peso equivalente a 0,2.

3.2.6 Questões da categoria B

Nas categorias B, C e D foram elaboradas questões para avaliar o conhecimento conceitual do usuário a respeito de subestações de energia, seus ativos e arranjos. Para melhor qualificação de tais conhecimentos, na categoria B focou-se nas questões conceituais do tipo “lembrar, reconhecer, recordar” (KRATWOHL, 2002), levando-se em consideração o ambiente de realidade virtual.

Quadro 9 – Perguntas componentes da Categoria b

Categoria B: Questões relativas a conhecimentos conceituais (lembrar, reconhecer, recordar)	
Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig	Pesos
Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "####" da subestação?	x
Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "####" da subestação?	x
Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "####" da subestação? Quais foram?	x

Fonte: Elaborado pela autora.

As questões da categoria B têm um caráter especial, uma vez que essa categoria é alimentada por um banco de dados gerado a partir do próprio sistema RV. A título de exemplo, criamos uma biblioteca com um recorte de vinte e oito componentes (itens) extraídos da biblioteca de modelos do sistema RV Cemig. Cada uma das três perguntas da categoria B carregam aleatoriamente cinco itens dentre os vinte e oito componentes dessa biblioteca (Figura 30), de forma que o peso de cada questão individual por componente é calculado pela fórmula $0,33$ dividido pelo número de ativos carregados. O valor $0,33$ é dado devido ao fato de na categoria haverem apenas três questões, logo $1/3 = 0,33$ deve ser o valor total do peso para cada pergunta. Os itens “####”, que compõem cada uma das três perguntas da categoria, são os ativos das subestações cadastrados no banco de dados, de forma que cada pergunta terá o peso “x”, em que $x = 0,33 / n^{\circ}$ de ativos carregados, mantendo-se a somatória dos pesos da categoria igual a um (1).

Na interrogativa: “Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item “####” da subestação?”, é investigada a habilidade cognitiva do

usuário de memorização por meio da visualização dos equipamentos constituintes das subestações de energia conforme estes lhe foram apresentados no ambiente de treinamento.

A questão: “*Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "####" da subestação?*”, também trata dos processos cognitivos de memorização e retenção, mas analisa as habilidades relacionadas às funcionalidades dos ativos presentes nas subestações de energia.

Na pergunta: “*Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "####" da subestação? Quais foram?*”, analisam-se as potencialidades de memorização de operações um pouco mais complexas, como os procedimentos de operação dos equipamentos da subestação.

3.2.7 Questões da Categoria C

Na categoria C, foram agrupadas as questões elaboradas para identificar as capacidades cognitivas de entender, interpretar, exemplificar e classificar ativos e arranjos de subestações de energia elétrica, proporcionadas pelo uso do ambiente de realidade virtual.

Quadro 10 – Perguntas componentes da Categoria c

Categoria C – Questões relativas a conhecimentos conceituais (entender, interpretar, exemplificar, classificar)	
Questões: Ao navegar pelo Sistema RV Cemig	Pesos
Você teve alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual (quais)?	0,167
Você teve alguma dificuldade para compreender a relação entre os equipamentos? Qual?	0,167
Você sentiu alguma dificuldade para identificar quais equipamentos estão no estado ligado e no estado desligado? Qual?	0,167
Você teve alguma dificuldade para identificar os valores medidos nos equipamentos de medição? Qual?	0,167
Você teve alguma dificuldade para ler e compreender os valores dos transformadores de tensão?	0,167
Você sentiu alguma dificuldade para classificar os estados de operação em Normal, Emergência ou Restaurativo? Qual?	0,167

Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira pergunta dessa categoria, buscou-se mensurar a habilidade do usuário de compreensão da lógica de funcionamento da subestação a partir da navegação pelo ambiente de realidade virtual. Nessa mesma perspectiva, a segunda questão levou o usuário a refletir sobre a relação entre os equipamentos dispostos no ambiente de treinamento, explorando, ainda, o processo cognitivo de compreensão. A terceira interrogativa avaliou a capacidade de identificação dos estados de funcionamento dos equipamentos (ligados ou desligados). Na quarta questão, sondou-se o processo cognitivo de leitura e identificação de valores de medição informados pelos Transformadores, assim como demais equipamentos cuja finalidade é aferir medidas da própria subestação. Essa habilidade também é complementarmente verificada pela quinta pergunta. A última questão dessa categoria avaliou se o ambiente estimula, no usuário, as competências necessárias para classificar a operação do sistema.

A categoria aqui apresentada é a mais extensa dentre as cinco pensadas com seis questões, tendo cada uma um peso de 0,167, mantendo-se o somatório igual a unidade.

3.2.8 Questões da categoria D

A categoria D ficou destinada à avaliação das habilidades mais complexas dentro dos processos cognitivos de entendimento: resumir, deduzir, comparar e explicar, em relação ao uso do ambiente de realidade virtual.

Quadro 11 – Perguntas componentes da Categoria d

Categoria D – Questões relativas a conhecimentos conceituais (resumir, deduzir, comparar e explicar):	
Questões: Com base na observação do Sistema RV Cemig	Pesos
Você encontrou alguma dificuldade para deduzir a ocorrência de falhas? Qual?	0,2
Você encontrou alguma dificuldade para explicar a ocorrência de falhas? Qual?	0,2
Você encontrou alguma dificuldade para fazer uma síntese do funcionamento da subestação visualizada? Qual?	0,2
Você encontrou alguma dificuldade para distinguir equipamentos com aparências semelhantes, mas com funcionalidades diferentes? Qual?	0,2
Você encontrou alguma dificuldade para identificar o estado atual de operação do sistema? Qual?	0,2

Fonte: Elaborado pela autora.

Na questão: “*Você encontrou alguma dificuldade para deduzir a ocorrência de falhas? Qual?*”, o usuário é levado a refletir sobre sua habilidade de dedução, tendo como referência os objetos visualizados no ambiente de treinamento RV.

Na pergunta seguinte, a aptidão do participante para explicar as falhas que ele se considera ou não capaz de deduzir conforme sua resposta anterior é questionada. Uma vez que só é possível explicar se foi possível deduzir as referidas faltas, essas duas questões forçam uma reflexão do participante acerca do seu real entendimento da ocorrência de falhas na subestação de energia.

A capacidade de síntese dos treinandos foi averiguada na terceira pergunta desta categoria.

Já a inclinação para distinguir objetos com características físicas visuais semelhantes foi aferida na quarta interrogativa.

A última questão desta categoria mensurou o entendimento do usuário sobre o estado de operação da subestação como um todo, se está em operação normal ou sob alguma ocorrência, tendo como ferramenta apenas o ambiente de realidade virtual.

3.2.9 Questões da categoria E

A categoria E foi dedicada especialmente ao ambiente de treinamento em 2D, sendo, para tal, elaboradas questões que buscaram abordar toda a Taxonomia de Blonn para os conhecimentos conceituais específicos de subestações de energia (KRATWOHL, 2002).

Quadro 12 – perguntas componentes da Categoria e

Categoria E – Questões relativas a conhecimentos conceituais no Sistema 2D (reconhecer, entender, identificar, interpretar, deduzir e explicar)	
Questões: <i>Ao usar o tradicional Sistema em 2D (diagramas unifilares)</i>	Pesos
Você encontra alguma dificuldade para reconhecer e identificar todos os elementos da subestação? Quais?	0,2
Você encontra alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual?	0,2
Você encontra alguma dificuldade para identificar o funcionamento de cada um dos equipamentos? Qual?	0,2

Você encontra alguma dificuldade para interpretar os Estados de Operação dos equipamentos? Qual?	0,2
Você encontra alguma dificuldade para deduzir e explicar a ocorrência de falhas? Qual?	0,2

Fonte: Elaborado pela autora.

De forma um pouco mais sintetizada que nas categorias anteriores, buscou-se analisar todas as aptidões cognitivas relacionadas ao processo de entendimento do participante, utilizando-se cinco perguntas elaboradas da forma mais genérica e abrangente possível.

Na primeira pergunta, foram aferidas as capacidades de reconhecimento e identificação dos ativos e dos arranjos das subestações no ambiente 2D.

A segunda questão analisou a habilidade de compreensão da lógica de funcionamento da subestação como um todo por meio dos diagramas unifilares disponíveis no ambiente 2D.

As potencialidades um tanto quanto complexas de identificação do funcionamento da subestação, tais como a interpretação dos estados de operação dos funcionamentos dos equipamentos diversos e a dedução da ocorrência de falhas e sua explicação no ambiente 2D, são verificadas nas demais questões desta categoria.

3.2.10. As métricas derivadas das questões e as medidas correspondentes

Para cada uma das questões, derivaram-se as métricas: Nenhum/nunca, A minoria/Na minoria das vezes, Alguns/Algumas vezes, A maioria/Na maioria das vezes e Todos/Sempre.

Essas métricas correspondem às alternativas pré-determinadas que indicam a total estimulação do processo cognitivo de entendimento (Nenhum/Nunca sentiu dificuldade) pelo ambiente analisado ou sua completa ausência (Todos/Sempre encontra dificuldade).

Para efeito dos cálculos definidos na próxima seção, a cada métrica foi atribuída uma medida, a exemplo do que foi feito por Santos *et al* (2011). Se a

capacidade cognitiva em questão foi estimulada pelo ambiente avaliado (Nenhuma dificuldade), atribuiu-se o valor 0 (zero); se a capacidade só foi proporcionada na maioria das vezes (encontrou dificuldade na minoria das vezes) atribuiu-se o valor 1; se essa mesma capacidade ou habilidade foi estimulada pelo ambiente somente algumas vezes (encontrou dificuldade algumas vezes), o valor atribuído foi 2. Atribuiu-se, ainda, o valor 3 nos casos em que o ambiente estimulou a habilidade apenas na minoria das vezes (encontrou dificuldade na maioria das vezes), e 4 nos casos em que o ambiente não conseguiu estimular tal habilidade (sempre encontrou dificuldade).

Quadro 13 – Atribuição de medidas às métricas

Opção selecionada	Valor
Nenhum / Nunca	0
A minoria / Na minoria das vezes	1
Alguns / Algumas vezes	2
A maioria / Na maioria das vezes	3
Todos / Sempre	4

Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.11 As expressões das métricas e o significado dos valores encontrados

Para a elaboração da métrica, partiu-se da generalização feita por Santos *et al* (2011) em que se usa a métrica de McCall *et al* (1977) *apud* Pressman (2002) para qualidade do *software*, visando a uma indicação quantitativa da habilidade cognitiva avaliada e à diminuição da subjetividade do processo de avaliação.

O modelo escolhido utiliza um conjunto de métricas para desenvolver expressões para cada um dos fatores da qualidade do *software*. As expressões respeitam a equação: $F_q = c_1m_1 + c_2m_2 + ... + c_nm_n$, em que F_q é o fator de qualidade de *software*; c_n são coeficientes de regressão de forma que o somatório desses

coeficientes é sempre igual a um ($\sum_1^n c_n = 1$) e m_n são as notas atribuídas às métricas tais que $0 \leq m_n \leq 10$ (MCCALL *et al*, 1977).

Na adaptação feita para esta pesquisa, F_q mede a habilidade cognitiva desenvolvida com o uso do material potencialmente significativo (ambiente 2D ou RV); m_n corresponde aos valores das notas atribuídas às métricas (Nenhum/Nunca a Todos/Sempre) conforme a avaliação do participante que, nesse caso, $0 \leq m_n \leq 4$. Os coeficientes c_n serão aqui interpretados como os pesos de cada uma das perguntas componentes do *checklist*.

A cada habilidade cognitiva esperada, ou melhor, ao cada conjunto das habilidades cognitivas, foi atribuída uma categoria (q), de forma que o alcance ou não de tal categoria de habilidades foi identificado pelo somatório dos produtos das notas atribuídas pelo usuário (que irão variar de 0 a 4) e o peso de cada uma das assertivas pertencentes àquela categoria (F_q), de forma que a soma dos pesos das questões não ultrapassem o valor unitário.

Assim, como mostra o quadro a seguir, o resultado de F_q , ou seja, de cada categoria, está sempre entre 0 e 4, valores limítrofes para os quais são esperados um resultado negativo para a estimulação de cem por cento dos processos cognitivos pertencentes àquela categoria ao totalizar o valor 4, e um valor positivo, ou seja, o ambiente 2D ou RV cumpriu sua finalidade educacional ao totalizar 0. Valores entre esses limites foram avaliados de forma qualitativa, como se sugeriu no quadro 13.

Quadro 14 – Interpretação dos resultados das expressões das métricas

Valores encontrados para F_q	Descrição dos resultados encontrados por categoria (q)
$0,0 \leq F_q \leq 0,49$	O ambiente estimula os conhecimentos avaliados nesta categoria durante o processo de treinamento.
$0,5 \leq F_q \leq 3,49$	O ambiente precisa ser melhorado para que os conhecimentos desta categoria sejam proporcionados.
$3,5 \leq F_q \leq 4,00$	O ambiente avaliado não estimula a aprendizagem dos conhecimentos desta categoria.

Fonte: Elaborado pela autora.

De forma qualitativa, mas com o auxílio da métrica, podemos concluir que quanto mais próximo de zero for o resultado da categoria, melhor estão sendo

estimulados os processos cognitivos de entendimento relacionados àquela categoria.

Além da análise numérica dos resultados, o tipo de *checklist* elaborado, composto por questões ao mesmo tempo objetivas e discursivas, irá privilegiar a análise qualitativa com o estudo dos relatórios obtidos a partir das respostas subjetivas dos participantes.

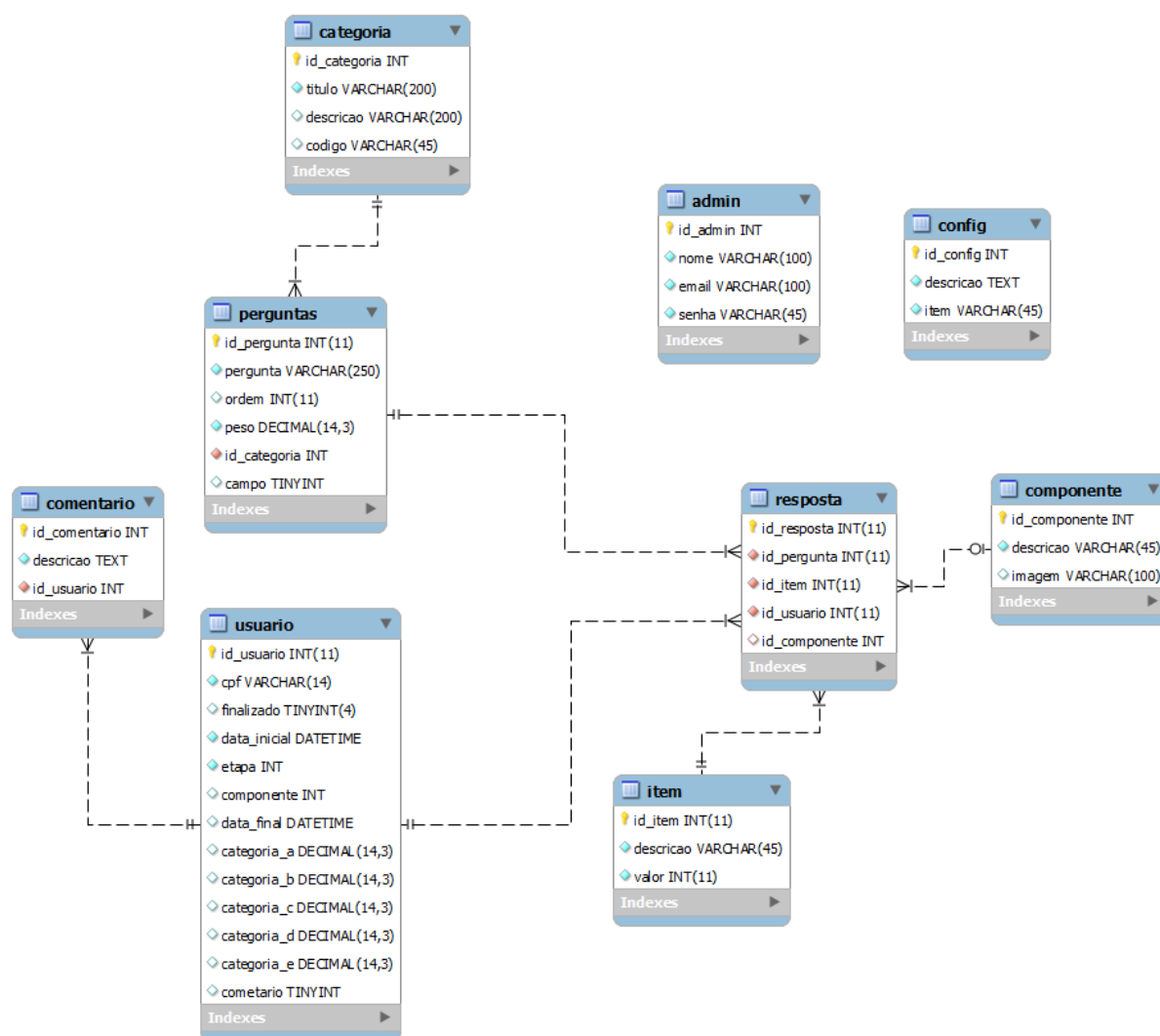
3.3 O Protótipo AVAPATCEMIG (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem Dos Ambientes de Treinamento da CEMIG)

3.3.1 Características Gerais

Para o desenvolvimento do instrumento de avaliação³, foram requeridas duas linguagens de marcação, HTML e CSS (Bootstrap 3.3.5) e, também, duas linguagens de programação PHP e JavaScript. Fez-se uso do Banco de Dados MySql e das Ferramentas de Desenvolvimento MySql WorkBench 6.0 (Gerenciador e modelador do banco de dados) e Sublime Text 3 (Editor de Códigos, HTML, PHP, CSS, JavaScript). A escolha dessas linguagens e ferramentas deveu-se, por se tratar de código livre de fácil acesso, ao código fonte completo, o qual pode ser visto no Anexo 4.

A figura a seguir ilustra a estrutura da lógica de programação do protótipo, além da declaração das funções e variáveis do programa.

Figura 8 – Estrutura Lógica do Protótipo AvaPATCemig



Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.2. As interfaces

Foram desenvolvidos dois ambientes distintos. O primeiro deles é o próprio protótipo, o qual é acessado pelos participantes através do link <http://digitown.com.br/aline/pesquisa/index.php>, apresentando *checklist* interativo e resultado individual, além da média dos participantes. O segundo é o ambiente de gerenciamento de dados do sistema, cujo acesso é permitido apenas a usuários com perfil de administrador, mediante efetuação de *login* com senha, destinado à

configuração e edição do protótipo, além da observação e análise dos resultados da pesquisa como um todo (<http://digitown.com.br/aline/admin/>).

Nesta seção, são apresentadas as interfaces do protótipo, denominado AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig), cuja tela inicial é apresentada na figura a seguir, na qual o participante é convidado a inserir seu CPF para ter acesso ao sistema.

Figura 9 – Tela de acesso ao sistema AvaPATCemig



AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Para acessar o sistema informe seu CPF

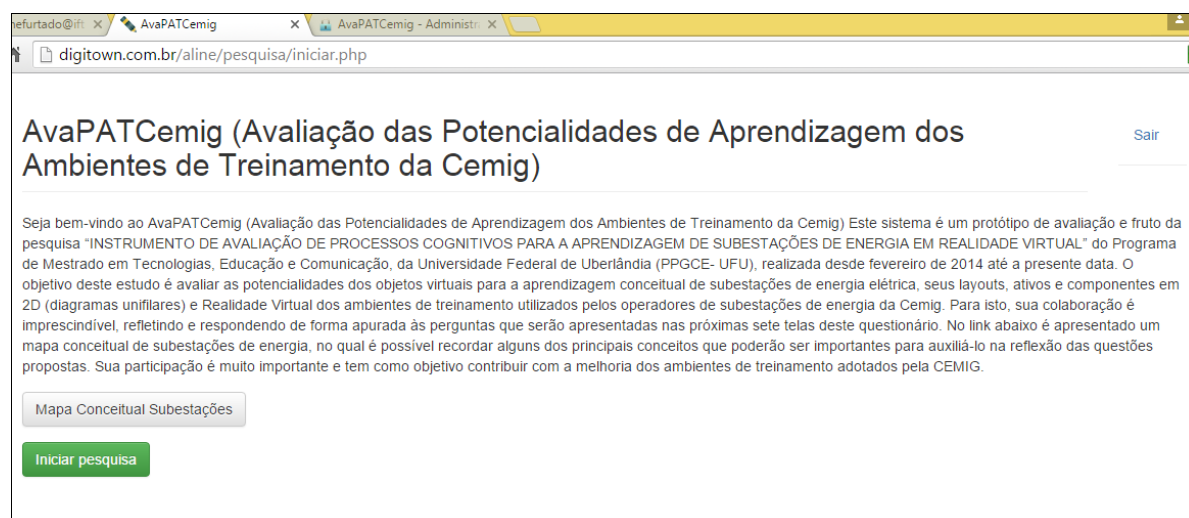
CPF

Acessar o sistema

Fonte: Elaborado pela autora.

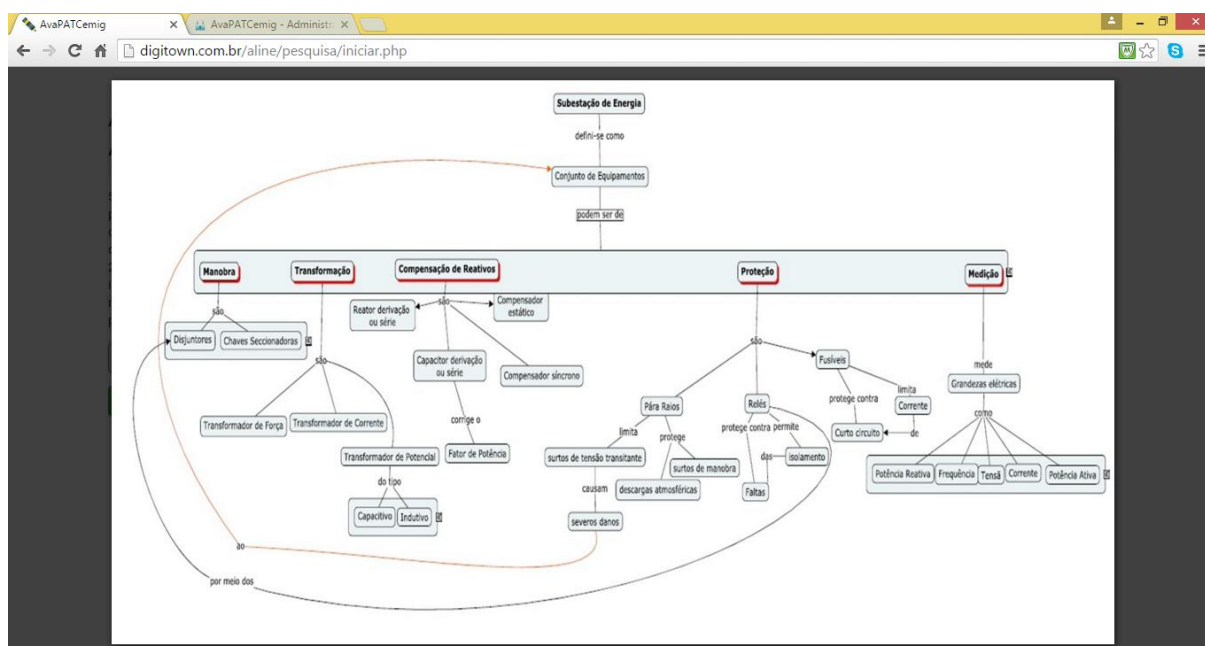
A tela de abertura e apresentação do sistema é mostrada na figura 10. Nessa tela, o participante tem uma breve descrição do que consiste o protótipo e o objetivo da pesquisa realizada. Ainda nessa tela, é possível visualizar o mapa conceitual de subestações de energia (figura 11), o que permite ao usuário recordar alguns conceitos importantes para responder ao *checklist*. Para dar início ao questionário, basta clicar no botão “iniciar pesquisa”.

Figura 10 – Tela de apresentação e abertura do sistema



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11 – Visualização do Mapa Conceitual Subestações



Fonte: Elaborado pela autora.

O *checklist* foi dividido em sete telas. A primeira delas, apresentada na figura 12, propõe as respostas das questões relativas à Categoria A. Trata-se de questões que se referem às características de modelagem e usabilidade do sistema, intitulada “Categoria A: Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual”.

Figura 12 – Tela 1/7 do checklist

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 1/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Descrição: Estas questões são para avaliar as características de modelagem do Sistema RV.

Categoria A: Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual

Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou dificuldades para distinguir os detalhes dos ativos? Caso afirmativo, quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando o avatar? (3ª pessoa)?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando a visão de Deus (1ª pessoa)?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você sentiu algum desconforto visual durante o tempo em que fica exposto ao sistema? Em caso afirmativo, qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa e nas outras seis telas, há algumas perguntas que exigem do participante uma justificativa caso a resposta selecionada seja A minoria/Na minoria das vezes, Alguns/Algumas vezes, A maioria/Na maioria das vezes e Todos/Sempre.

Ao selecionar uma dessas opções, uma caixa de texto (figura 13) é aberta aguardando a resposta discursiva do usuário.

O protótipo só permite avançar para a próxima tela mediante o preenchimento de todas as perguntas da categoria, pressionando-se o botão “Enviar respostas”. É possível, ainda, limpar todas as respostas e respondê-las novamente.

Figura 13 – Questões Discursivas da Categoria A

A screenshot of a web browser window displaying a questionnaire titled "Categoria A: Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual". The browser's address bar shows the URL "digitown.com.br/aline/pesquisa/questionario.php". The questionnaire is divided into five sections, each with a question, a set of radio button options, and a text input field for justification.

Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☒ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Justifique sua resposta aqui

Você encontrou dificuldades para distinguir os detalhes dos ativos? Caso afirmativo, quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☒ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Justifique sua resposta aqui

Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando o avatar? (3ª pessoa)?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando a visão de Deus (1ª pessoa)?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você sentiu algum desconforto visual durante o tempo em que fica exposto ao sistema? Em caso afirmativo, qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☒ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Justifique sua resposta aqui

Fonte: Elaborado pela autora.

Na etapa 2/7 (figura 14) são visualizadas as perguntas da “Categoria B, Conceitos específicos de subestações”. São questões relativas a conhecimentos conceituais do tipo “lembrar, reconhecer e recordar”.

Essas questões recorrem ao banco de itens da biblioteca de Componentes do Gerenciador de dados do sistema e seleciona aleatoriamente cinco itens para serem avaliados a cada vez que a categoria é chamada pelo programa. O mesmo ocorre nas telas 3/7 (figura 16) e 4/7 (figura 17), também relativas à categoria B.

Outra particularidade nas telas dessa categoria é que é possível visualizar o modelo 3D em perspectiva de cada um dos itens carregados do banco de dados, como se observa na figura 15.

Figura 14 – Tela 2/7 Categoria B

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 2/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Categoria B: Conceitos específicos de subestações

Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "138kv transformador" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "138kv disjuntor1" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "138kv chave seccionadora" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "500kv reator" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

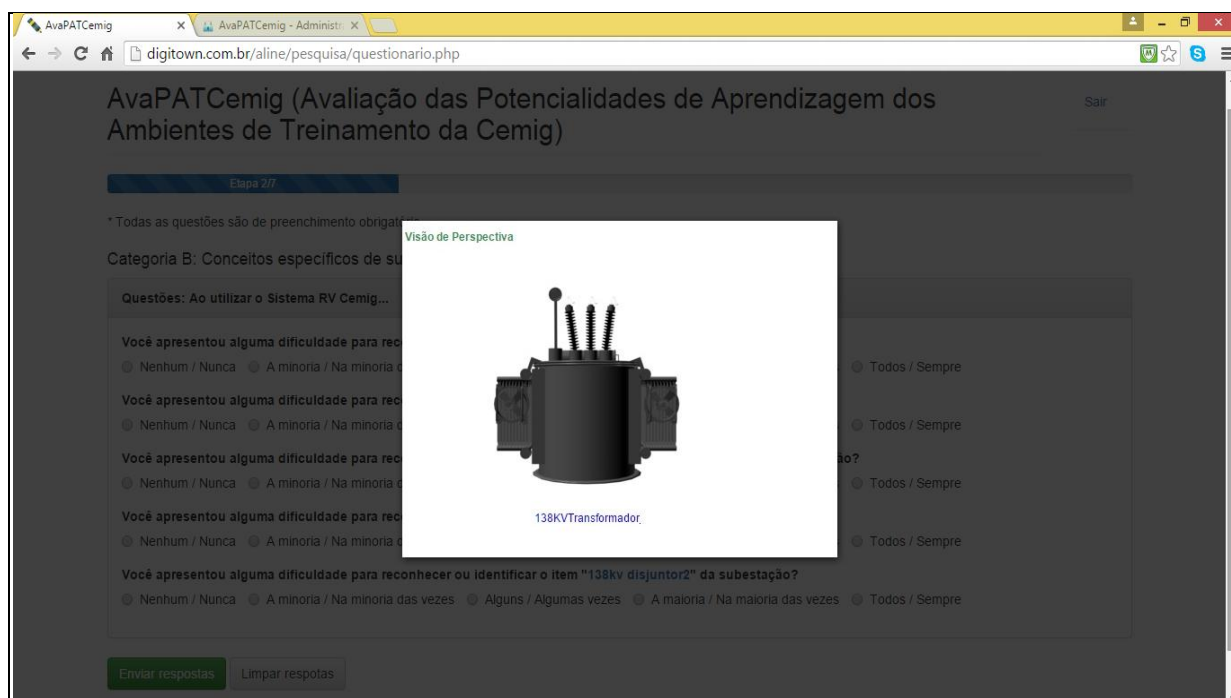
Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "138kv disjuntor2" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Enviar respostas Limpar respostas

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 – Exemplo de visualização De Modelo 3D de item da pergunta selecionada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16 – Tela 3/7 Categoria B

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 3/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Categoria B: Conceitos específicos de subestações

Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "138kv para raios" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "138kv disjuntor" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "500kv transformador iluminação" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "500kv parabólica" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "500kv antena telecom" da subestação?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Enviar respostas Limpar respostas

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 – Tela 4/7 Categoria B

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 4/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Categoria B: Conceitos específicos de subestações

Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "500kv transformador iluminação" da subestação? Quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "500kv suporte" da subestação? Quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "500kv disjuntor Y" da subestação? Quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "500kv barramento" da subestação? Quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "138kv para raios" da subestação? Quais foram?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Enviar respostas Limpar respostas

Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 18 mostra a tela 5/7, “Categoria C: Conhecimentos sobre o funcionamento de subestações de energia”. São perguntas relativas a conhecimentos conceituais do tipo “entender, interpretar, exemplificar e classificar”.

Figura 18 – Tela 5/7 Categoria C

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 5/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Categoria C: Conhecimentos sobre o funcionamento de subestações de energia

Questões: Ao navegar pelo Sistema RV Cemig...

Você teve alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual (quais)?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você teve alguma dificuldade para compreender a relação entre os equipamentos? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você sentiu alguma dificuldade para identificar quais equipamentos estão no estado ligado e no estado desligado? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você teve alguma dificuldade para identificar os valores medidos nos equipamentos de medição? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você teve alguma dificuldade para ler e compreender os valores dos transformadores de tensão?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você sentiu alguma dificuldade para classificar os estados de operação em Normal, Emergência ou Restaurativo? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tela 6/7, figura 19, tem-se a “Categoria D: Conhecimentos sobre a operação de subestações de energia”. As interrogativas dessa categoria são relativas a conhecimentos conceituais complexos proporcionados pelas habilidades de resumir, deduzir, comparar e explicar eventos que ocorrem na subestação de energia por meio do ambiente de treinamento de realidade virtual.

Figura 19 – Tela 6/7 Categoria D

AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)

Etapa 6/7

* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.

Categoria D: Conhecimentos sobre a operação de subestações de energia

Questões: Com base na observação do Sistema RV Cemig...

Você encontrou alguma dificuldade para deduzir a ocorrência de falhas? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade para explicar a ocorrência de falhas? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade para fazer uma síntese do funcionamento da subestação visualizada? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade para distinguir equipamentos com aparências semelhantes, mas com funcionalidades diferentes? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Você encontrou alguma dificuldade para identificar o estado atual de operação do sistema? Qual?

☐ Nenhum / Nunca ☐ A minoria / Na minoria das vezes ☐ Alguns / Algumas vezes ☐ A maioria / Na maioria das vezes ☐ Todos / Sempre

Enviar respostas Limpar respostas

Fonte: Elaborado pela autora.

Na última tela do *checklist* (figura 20), é apresentada a “Categoria E: Usabilidade do Ambiente em 2D, baseado em diagramas unifilares”, em que são propostas questões acerca de habilidades cognitivas que permitem o reconhecimento de equipamentos, entendimento de características, identificação de particularidades, interpretação de resultados e estados de operação, dedução e explicação de falhas no ambiente de treinamento baseado em diagramas unifilares (2D).

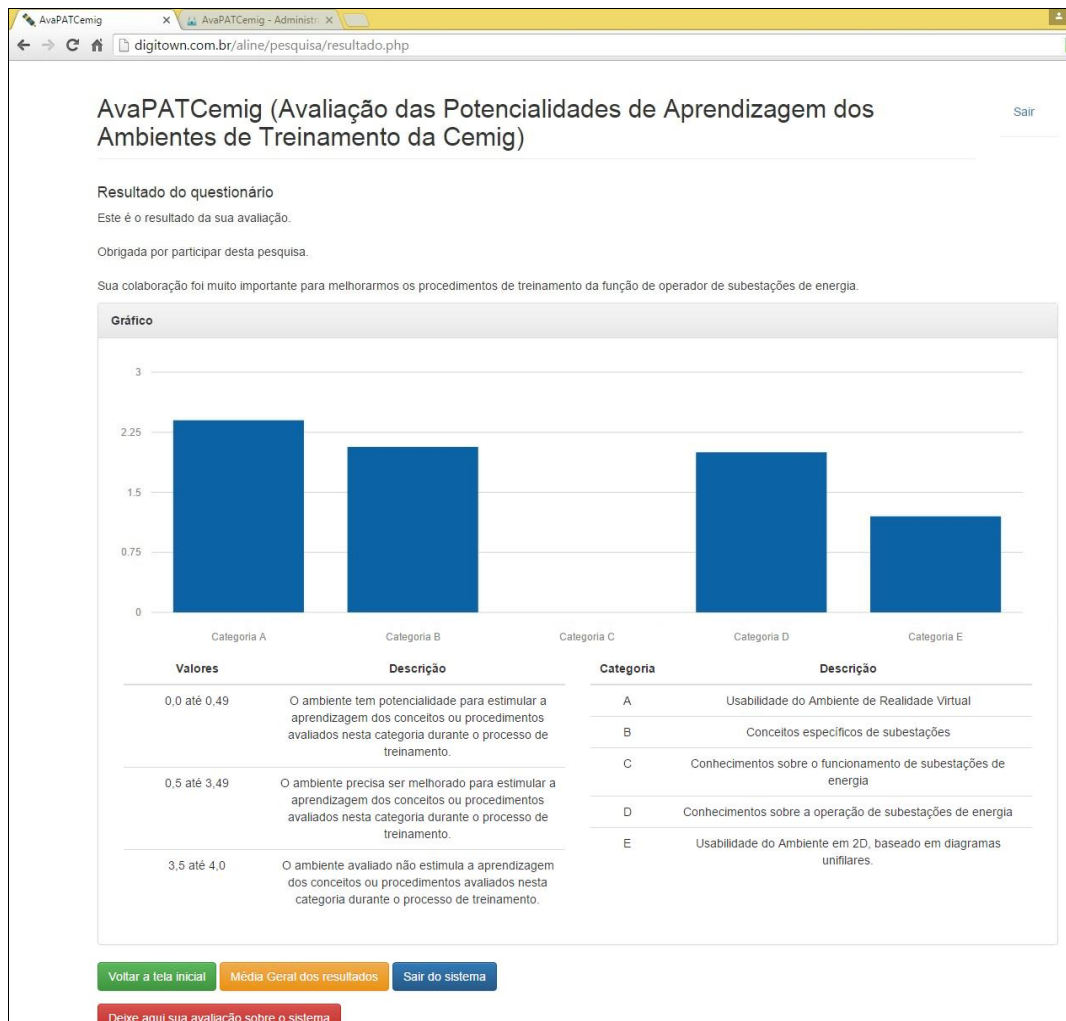
Figura 21 – Tela 7/7 Do Checklist: Categoria E

The screenshot shows a web browser window with the title 'AvaPATCemig' and the URL 'digitown.com.br/aline/pesquisa/questionario.php'. The page header includes the title 'AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)' and a 'Sair' link. A blue progress bar indicates 'Etapa 7/7'. A note states: '* Todas as questões são de preenchimento obrigatório.' The category is 'Categoria E: Usabilidade do Ambiente em 2D, baseado em diagramas unifilares.' The section title is 'Questões: Ao usar o tradicional Sistema em 2D (diagramas unifilares)...'. There are five questions, each with five radio button options: 'Nenhum / Nunca', 'A minoria / Na minoria das vezes', 'Alguns / Algumas vezes', 'A maioria / Na maioria das vezes', and 'Todos / Sempre'. The questions are: 1. 'Você encontra alguma dificuldade para reconhecer e identificar todos os elementos da subestação? Quais?'; 2. 'Você encontra alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual?'; 3. 'Você encontra alguma dificuldade para identificar o funcionamento de cada um dos equipamentos? Qual?'; 4. 'Você encontra alguma dificuldade para interpretar os Estados de Operação dos equipamentos? Qual?'; 5. 'Você encontra alguma dificuldade para deduzir e explicar a ocorrência de falhas? Qual?'. At the bottom are two buttons: 'Enviar respostas' (green) and 'Limpar respostas' (grey).

Fonte: Elaborado pela autora.

Há, ainda, no protótipo a interface de Resultados do questionário, figura 21, na qual o participante pode visualizar na forma de gráficos de barra, a síntese de suas respostas e os valores numéricos totais atribuídos a cada uma das categorias. Para a melhor compreensão do usuário, nessa tela são apresentadas as legendas com a significação dos valores encontrados e a identificação de cada uma das categorias exibida.

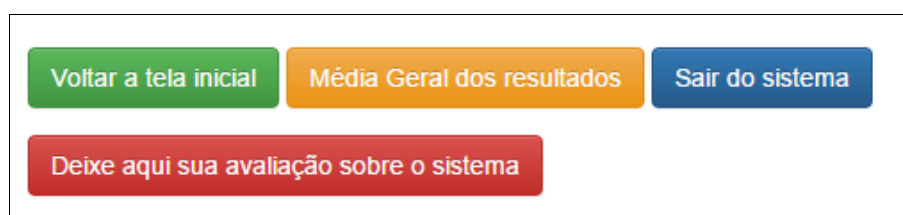
Figura 22 – Interface de Visualização Dos Resultados da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

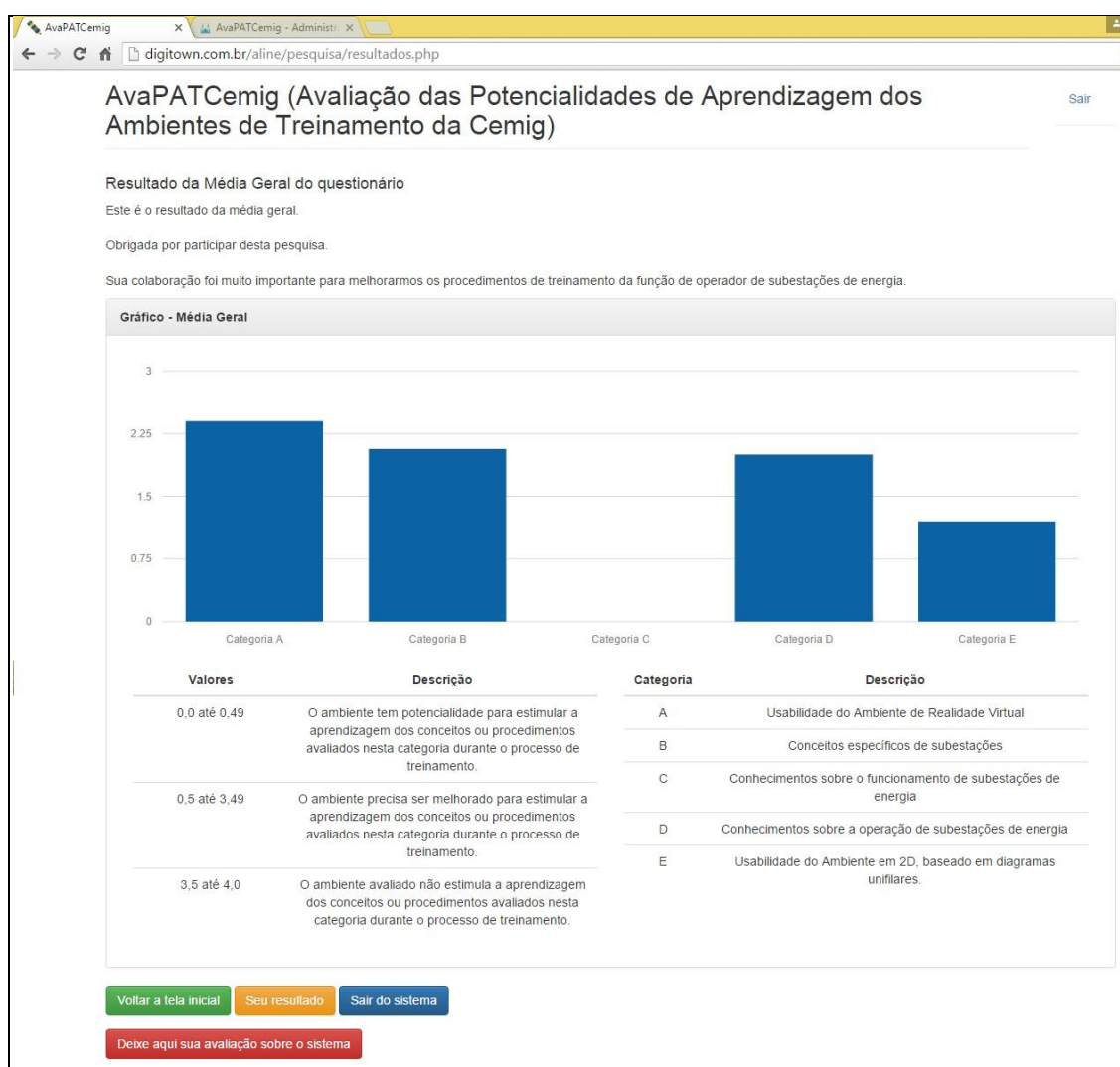
Essa interface permite, ainda, ao participante voltar à tela inicial, visualizar a média geral dos resultados de todos os participantes da pesquisa (mantendo-se o sigilo dos mesmos), sair do sistema e deixar descrita sua impressão acerca do protótipo (figuras 22 e 23).

Figura 23 – detalhe das opções apresentadas na interface de resultados da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24 – Interface de resultados do protótipo – Média Geral



Fonte: Elaborado pela autora.

Caso o participante escolha retornar à tela inicial da pesquisa, esta lhe será apresentada como mostrado na figura 24, permitindo-lhe responder novamente ao

questionário ou visualizar os resultados, demonstrar sua opinião sobre o protótipo e sair do sistema.

Figura 25 – Retorno à tela inicial após final da pesquisa

The screenshot shows a web browser window with the URL `digitown.com.br/aline/pesquisa/iniciar.php`. The page title is "AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)". A "Sair" link is in the top right. The main text welcomes the user and describes the system as a prototype for evaluating training environments. Below the text are five buttons: "Mapa Conceitual Subestações" (grey), "Responder novamente a pesquisa" (green), "Resultado de sua pesquisa" (blue), "Resultado da média geral" (orange), and "Deixe aqui sua avaliação sobre o sistema" (red).

Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 25 exibe a tela na qual o participante poderá deixar suas impressões a respeito do *checklist* e sua avaliação (*feedback*) sobre o protótipo AvaPATCemig.

Figura 26 – Interface de *feedback* do usuário

The screenshot shows a web browser window with the URL `digitown.com.br/aline/pesquisa/comentario.php`. The page title is "AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig)". A "Sair" link is in the top right. Below the title is a "Comentário" section with the text "Texto a ser inserido". A text input field contains the message "Teste do sistema AvaPATCemig realizado com sucesso". At the bottom of the input field is a small icon of a notepad and pencil. Below the input field are two buttons: "Salvar" (green) and "Voltar" (grey).

Fonte: Elaborado pela autora.

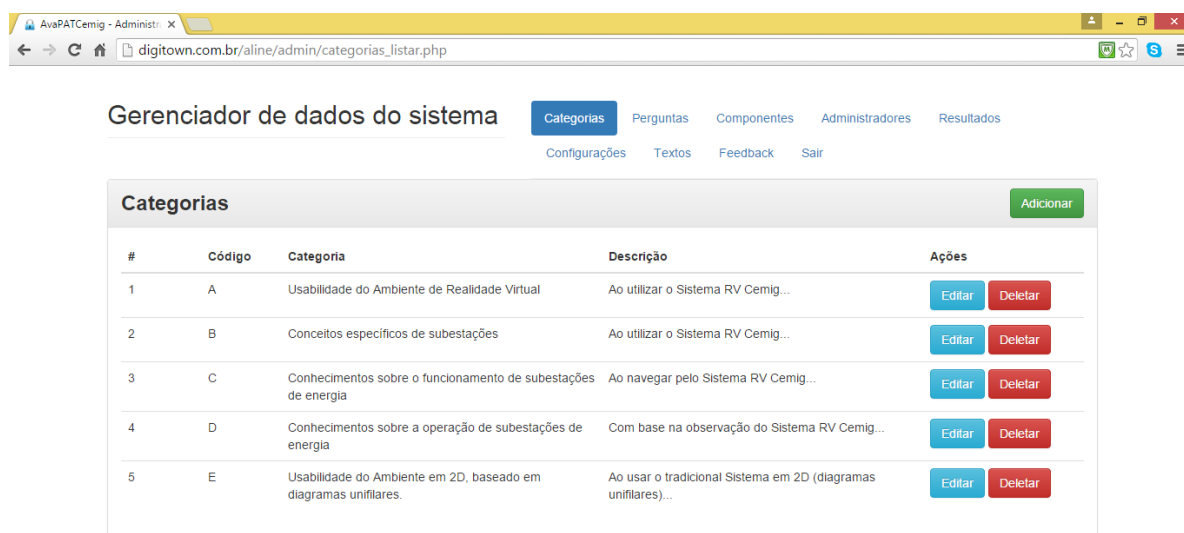
O *feedback* do usuário será extremamente importante para a aprimoração do instrumento de avaliação de processos cognitivos para a aprendizagem de subestações de energia em realidade virtual.

3.3.3 Gerenciamento do Sistema

O acesso ao Gerenciamento do Sistema AvaPATCemig é feito pelo *link*: <<http://digitown.com.br/aline/admin/index.php>> apenas por usuários cadastrados com permissão de administrador.

Neste modo de acesso, é possível editar ou até mesmo excluir categorias (figura 26). A figura 27 mostra o modo de edição das categorias.

Figura 27 – Tela categorias das interfaces de gerenciamento do sistema.



Gerenciador de dados do sistema				
Categorias				
#	Código	Categoria	Descrição	Ações
1	A	Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual	Ao utilizar o Sistema RV Cemig...	Editar Deletar
2	B	Conceitos específicos de subestações	Ao utilizar o Sistema RV Cemig...	Editar Deletar
3	C	Conhecimentos sobre o funcionamento de subestações de energia	Ao navegar pelo Sistema RV Cemig...	Editar Deletar
4	D	Conhecimentos sobre a operação de subestações de energia	Com base na observação do Sistema RV Cemig...	Editar Deletar
5	E	Usabilidade do Ambiente em 2D, baseado em diagramas unifilares.	Ao usar o tradicional Sistema em 2D (diagramas unifilares)...	Editar Deletar

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28 – Modo de edição do gerenciador de categorias.

A captura de tela mostra uma interface web de um navegador. No topo, há uma barra de endereço com o URL `digitown.com.br/aline/admin/categorias_editar.php?id=1`. Abaixo, o cabeçalho do sistema contém o título "Gerenciador de dados do sistema" e uma série de abas: "Categorias" (destacada), "Perguntas", "Componentes", "Administradores" e "Resultados". Abaixo das abas, há links para "Configurações", "Textos", "Feedback" e "Sair". O formulário principal, intitulado "Editar categoria", contém três campos de texto: "Código" com o valor "A", "Título" com o valor "Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual" e "Descrição" com o valor "Ao utilizar o Sistema RV Cemig...". No final do formulário, há dois botões: "Salvar" (verde) e "Voltar" (cinza).

Fonte: Elaborado pela autora.

Na aba “Perguntas”, é possível observar, editar e excluir cada uma das 24 questões componentes do *checklist*, como se pode observar na figura 28.

Figura 29 – Gerenciamento das questões componentes do *checklist*.

AvapATCemig - Administr

digitown.com.br/online/admin/perguntas_listar.php

Gerenciador de dados do sistema

Categorias

Perguntas

Componentes

Administradores

Resultados

Configurações

Textos

Feedback

Sair

Perguntas

Adicionar

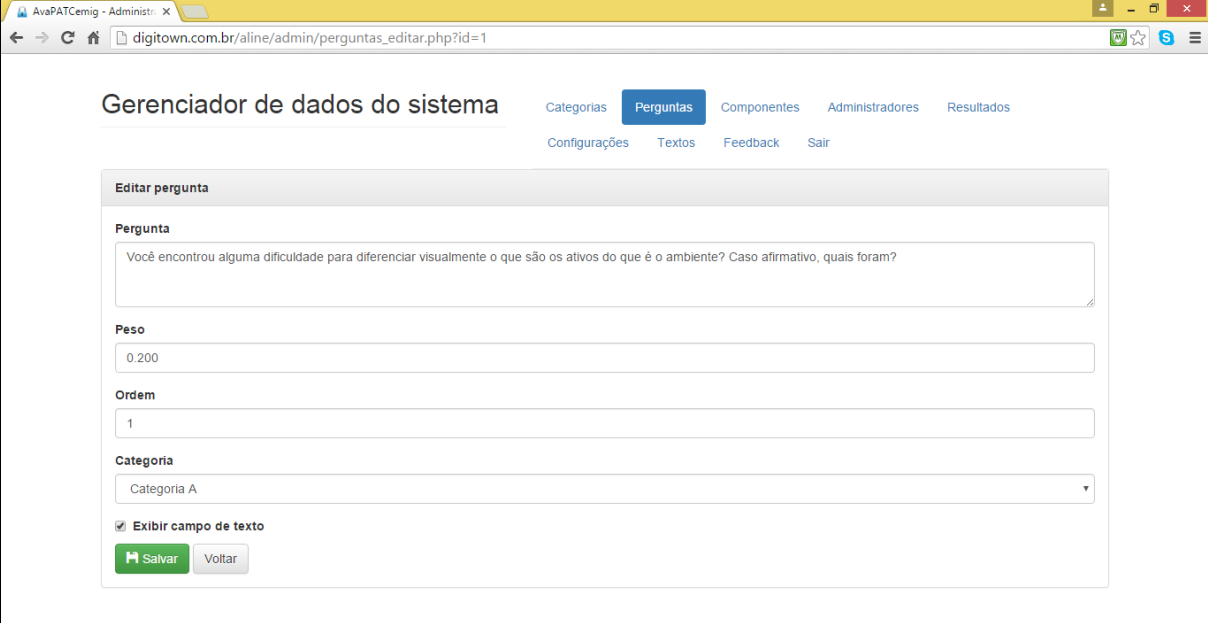
#	Pergunta	Categoria	Peso	Ordem	Campo	Ações
1	Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?	Categoria A	0.200	1	✓	EditarDeletar
2	Você encontrou dificuldades para distinguir os detalhes dos ativos? Caso afirmativo, quais foram?	Categoria A	0.200	2	✓	EditarDeletar
3	Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando o avatar? (3ª pessoa)?	Categoria A	0.200	3		EditarDeletar
4	Você encontrou alguma dificuldade ao se movimentar no ambiente usando a visão de Deus (1ª pessoa)?	Categoria A	0.200	4		EditarDeletar
5	Você sentiu algum desconforto visual durante o tempo em que fica exposto ao sistema?Em caso afirmativo, qual?	Categoria A	0.200	5	✓	EditarDeletar
6	Você teve alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual (quais)?	Categoria C	0.167	1	✓	EditarDeletar
7	Você teve alguma dificuldade para compreender a relação entre os equipamentos? Qual?	Categoria C	0.167	2	✓	EditarDeletar
8	Você sentiu alguma dificuldade para identificar quais equipamentos estão no estado ligado e no estado desligado? Qual?	Categoria C	0.167	3	✓	EditarDeletar
9	Você teve alguma dificuldade para identificar os valores medidos nos equipamentos de medição? Qual?	Categoria C	0.167	4	✓	EditarDeletar
10	Você teve alguma dificuldade para ler e compreender os valores dos transformadores de tensão?	Categoria C	0.167	5		EditarDeletar
11	Você sentiu alguma dificuldade para classificar os estados de operação em Normal, Emergência ou Restaurativo? Qual?	Categoria C	0.167	6	✓	EditarDeletar
12	Você encontrou alguma dificuldade para deduzir a ocorrência de falhas? Qual?	Categoria D	0.200	1	✓	EditarDeletar
13	Você encontrou alguma dificuldade para explicar a ocorrência de falhas? Qual?	Categoria D	0.200	2	✓	EditarDeletar
14	Você encontrou alguma dificuldade para fazer uma síntese do funcionamento da subestação visualizada? Qual?	Categoria D	0.200	3	✓	EditarDeletar
15	Você encontrou alguma dificuldade para distinguir equipamentos com aparências semelhantes, mas com funcionalidades diferentes? Qual?	Categoria D	0.200	4	✓	EditarDeletar
16	Você encontrou alguma dificuldade para identificar o estado atual de operação do sistema? Qual?	Categoria D	0.200	5	✓	EditarDeletar
17	Você encontra alguma dificuldade para reconhecer e identificar todos os elementos da subestação? Quais?	Categoria E	0.200	1	✓	EditarDeletar
18	Você encontra alguma dificuldade para compreender a lógica de funcionamento da subestação? Qual?	Categoria E	0.200	2	✓	EditarDeletar
19	Você encontra alguma dificuldade para identificar o funcionamento de cada um dos equipamentos? Qual?	Categoria E	0.200	3	✓	EditarDeletar
20	Você encontra alguma dificuldade para interpretar os Estados de Operação dos equipamentos? Qual?	Categoria E	0.200	4	✓	EditarDeletar
21	Você encontra alguma dificuldade para deduzir e explicar a ocorrência de falhas? Qual?	Categoria E	0.200	5	✓	EditarDeletar
22	Você apresentou alguma dificuldade para reconhecer ou identificar o item "###" da subestação?	Categoria B	0.250	1		EditarDeletar
23	Você apresentou alguma dificuldade para recordar a função do item "###" da subestação?	Categoria B	0.250	2		EditarDeletar
24	Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "###" da subestação? Quais foram?	Categoria B	0.250	3	✓	EditarDeletar

Fonte: Elaborado pela autora.

Na aba de edição das perguntas, o administrador do sistema consegue editar o texto da pergunta, alterar seu peso e sua ordem na categoria e até modificar

a categoria à qual a pergunta pertence. Pode, ainda, optar pela exibição ou não da caixa de texto para respostas discursivas.

Figura 30 – Modo de edição de perguntas.



A captura de tela mostra a interface de administração do sistema "AvaPATCemig". No topo, há uma barra de navegação com o título "Gerenciador de dados do sistema" e uma série de abas: "Categorias", "Perguntas" (destacada em azul), "Componentes", "Administradores" e "Resultados". Abaixo dessas abas, há links para "Configurações", "Textos", "Feedback" e "Sair".

O formulário principal, intitulado "Editar pergunta", contém os seguintes campos:

- Pergunta:** Um campo de texto grande com o conteúdo: "Você encontrou alguma dificuldade para diferenciar visualmente o que são os ativos do que é o ambiente? Caso afirmativo, quais foram?".
- Peso:** Um campo de entrada com o valor "0.200".
- Ordem:** Um campo de entrada com o valor "1".
- Categoria:** Um menu suspenso com a opção selecionada "Categoria A".
- Exibir campo de texto:** Uma caixa de seleção marcada com um ícone de checkbox.
- Botões:** "Salvar" (verde) e "Voltar" (cinza).

Fonte: Elaborado pela autora.

Na aba "Componentes" (figura 30), é possível visualizar e acessar os vinte e oito modelos 3D retirados da galeria *web* da Cemig. As imagens dos modelos em perspectiva que são carregadas pelo protótipo e exibidas aos usuários ao selecionar o respectivo item são listadas no Anexo 5.

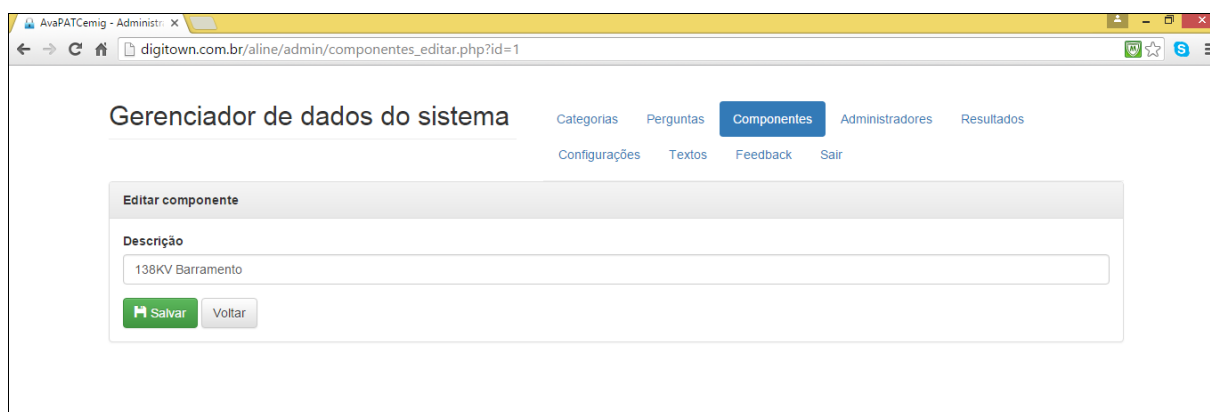
Na figura 31, tem-se o modo de edição da aba "Componentes". E, na figura 32, é mostrada a aba de administração do sistema, na qual os usuários com permissão de acesso são cadastrados e seus *logins* e senhas são criados e modificados.

Figura 31 – Banco de itens.

<

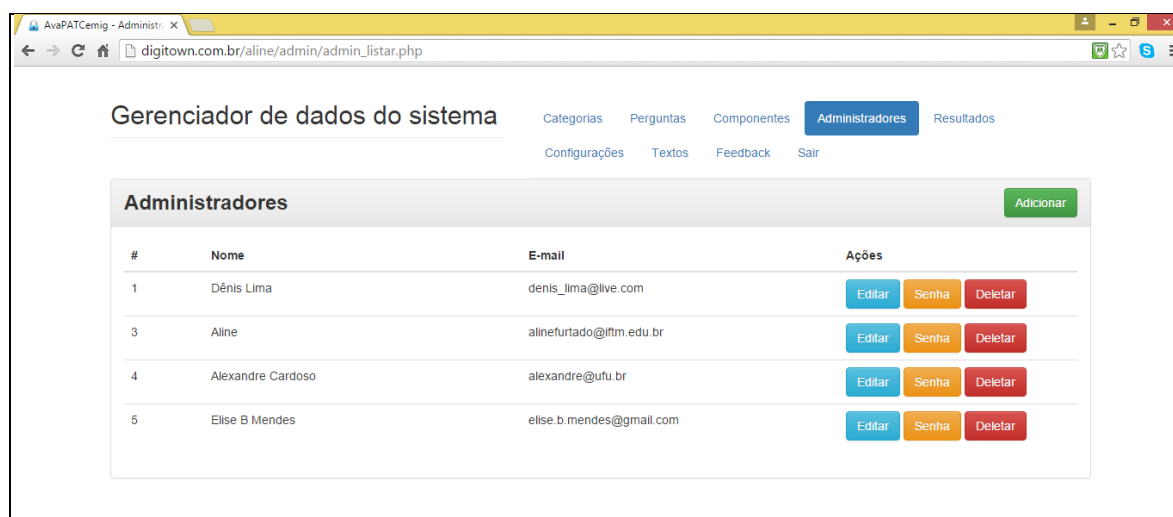
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2 – Modo de edição do banco de componentes.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 333 – Modo de administradores do gerenciador de dados

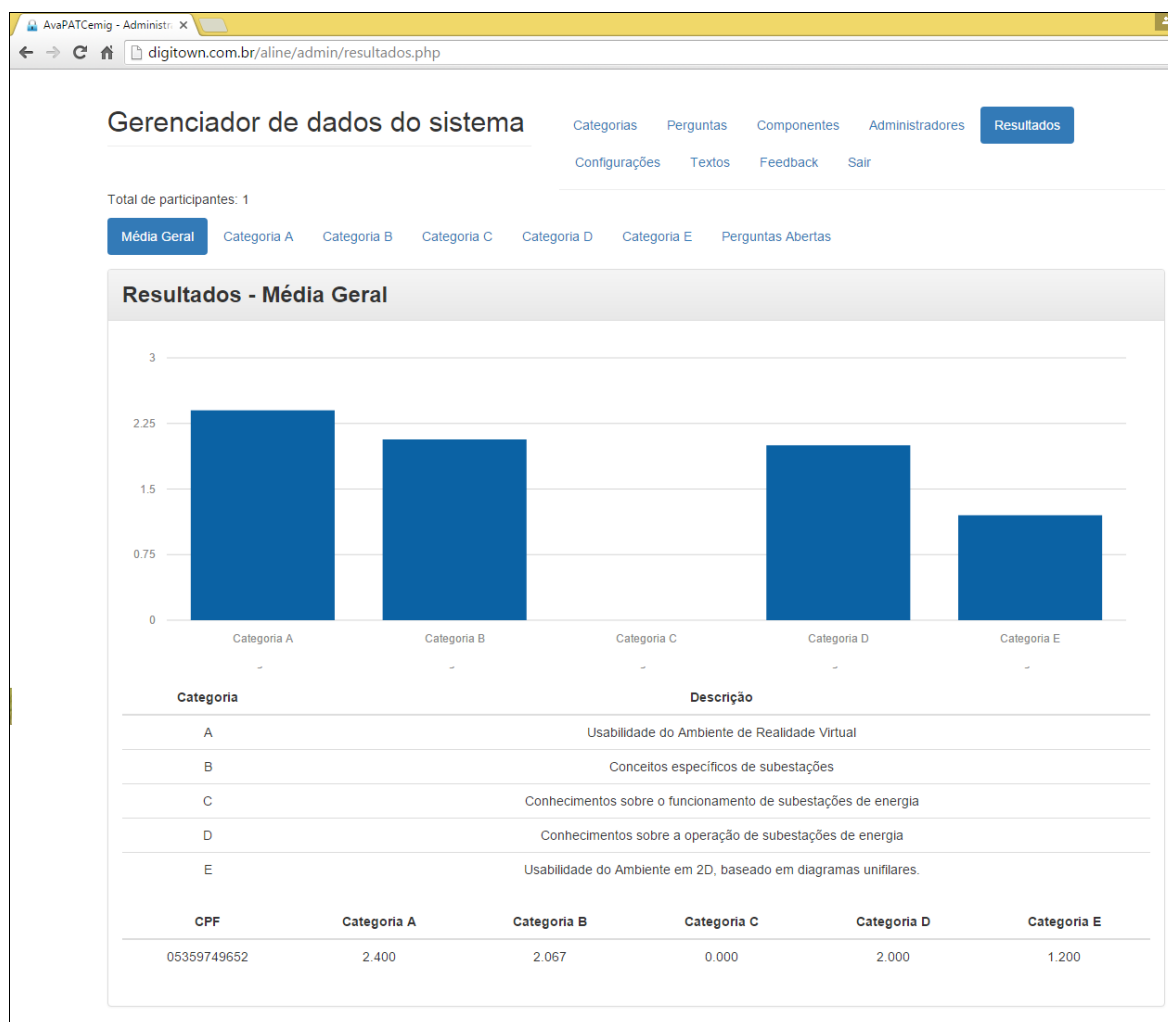


Fonte: Elaborado pela autora.

Na seção “resultados”, são visualizados os resultados de todos os participantes da pesquisa no modo gráfico, selecionando-se o botão “média geral”. Diferentemente da média, que é exibida no protótipo, é possível ver quantos usuários responderam ao *checklist*, e a lista dos CPFS (Figura 33). Ao escolher a opção “categoria a” são detalhados os resultados, também na forma de gráficos, para aquela categoria em particular. O mesmo ocorre para todas as demais categorias. É possível, ainda, visualizar as respostas das questões discursivas, clicando-se no botão de nome “perguntas abertas”.

Essa interface é fundamental para a análise dos resultados da pesquisa e consequente validação do protótipo.

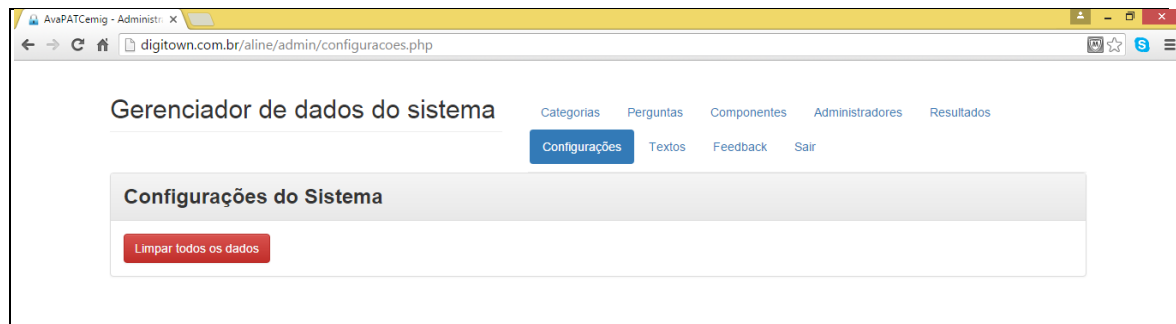
Figura 34 – Interface de resultados do gerenciador de dados do sistema



Fonte: Elaborado pela autora.

No modo de gerenciamento, tem-se também a interface de configurações do sistema (figura 34), na qual os dados das pesquisas podem ser apagados. Essa ferramenta foi usada para deletar os resultados dos testes realizados pela autora e pelos administradores do protótipo, deixando os bancos de dados limpos e prontos para receberem as respostas dos participantes da etapa de validação.

Figura 35 – Modo de configurações do gerenciador do sistema

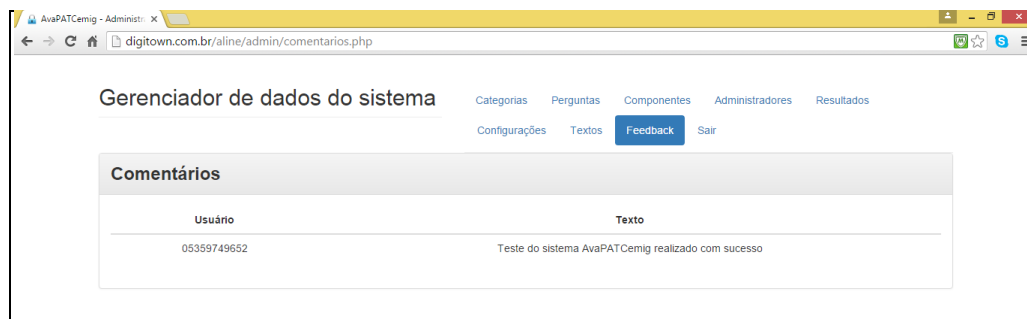


Fonte: Elaborado pela autora.

Há, ainda, uma segunda interface de configurações chamada "Texto" (figura 36), na qual os textos dos títulos, tela de abertura, entre outros, do protótipo AvaPATCemig podem ser editados.

E, por fim, há uma aba destinada para a visualização dos *feedbacks* (figura 35) dos participantes a respeito do próprio sistema. Essa contribuição é parte fundamental na avaliação e validação do protótipo AvaPATCemig.

Figura 36 – Janela de visualização dos *feedbacks* dos usuários



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 37 – Configurações de texto

Gerenciador de dados do sistema

Categorias Perguntas Componentes Administradores Resultados

Configurações **Textos** Feedback Sair

Configurações Adicionar

#	Descrição	Item	Ações
1	AvaPATCemig	title	Editar
2	Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig	des_title	Editar
3	Seja bem-vindo ao AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig) Este sistema é um protótipo de avaliação e fruto da pesquisa "INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS COGNITIVOS PARA A APRENDIZAGEM DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA EM REALIDADE VIRTUAL" do Programa de Mestrado em Tecnologias, Educação e Comunicação, da Universidade Federal de Uberlândia (PPGCE- UFU), realizada desde fevereiro de 2014 até a presente data. O objetivo deste estudo é avaliar as potencialidades dos objetos virtuais para a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus layouts, ativos e componentes em 2D (diagramas unifilares) e Realidade Virtual dos ambientes de treinamento utilizados pelos operadores de subestações de energia da Cemig. Para isto, sua colaboração é imprescindível, refletindo e respondendo de forma apurada às perguntas que serão apresentadas nas próximas sete telas deste questionário. No link abaixo é apresentado um mapa conceitual de subestações de energia, no qual é possível recordar alguns dos principais conceitos que poderão ser importantes para auxiliá-lo na reflexão das questões propostas. Sua participação é muito importante e tem como objetivo contribuir com a melhoria dos ambientes de treinamento adotados pela CEMIG.	texto_home	Editar
4	Todas as questões são de preenchimento obrigatório.	obrigatorio	Editar
5	Resultado do questionário	resultado_title	Editar
6	Este é o resultado da sua avaliação. Obrigada por participar desta pesquisa. Sua colaboração foi muito importante para melhorarmos os procedimentos de treinamento da função de operador de subestações de energia.	resultado_desc	Editar
7	0,0 até 0,49	item_1	Editar
8	0,5 até 3,49	item_2	Editar
9	3,5 até 4,0	item_3	Editar
10	O ambiente tem potencialidade para estimular a aprendizagem dos conceitos ou procedimentos avaliados nesta categoria durante o processo de treinamento.	item_1_desc	Editar
11	O ambiente precisa ser melhorado para estimular a aprendizagem dos conceitos ou procedimentos avaliados nesta categoria durante o processo de treinamento.	item_2_desc	Editar
12	O ambiente avaliado não estimula a aprendizagem dos conceitos ou procedimentos avaliados nesta categoria durante o processo de treinamento.	item_3_desc	Editar
13	Resultado da Média Geral do questionário	resultado_title_media	Editar
14	Este é o resultado da média geral. Obrigada por participar desta pesquisa. Sua colaboração foi muito importante para melhorarmos os procedimentos de treinamento da função de operador de subestações de energia.	resultado_desc_media	Editar
15	Comentário	title_comentario	Editar
16	Texto a ser inserido	texto_comentario	Editar

Fonte: Elaborado pela autora.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão analisados os resultados do sistema AvaPAT em relação à avaliação realizada pelos profissionais da área de treinamento da Cemig.

Dentro do prazo proposto para que os convidados respondessem ao *checklist*, ocorreram 4 participações, as quais serão aqui analisadas.

Primeiramente, será realizada uma avaliação quantitativa e qualitativa de cada uma das categorias elaboradas para a avaliação dos processos cognitivos requeridos para a aprendizagem de subestações de energia elétrica (quadro 15).

Quadro 15 – Relação das categorias avaliadas

Categoria	Nome	Descrição
Categoria A	Usabilidade do Ambiente de Realidade Virtual	Questões relativas às características de modelagem e usabilidade do sistema RV
Categoria B	Conceitos específicos de subestações	Questões relativas a conhecimentos conceituais (lembrar, reconhecer, recordar) no ambiente RV
Categoria C	Conhecimentos sobre o funcionamento de subestações de energia	Questões relativas a conhecimentos conceituais (entender, interpretar, exemplificar, classificar) no ambiente RV
Categoria D	Conhecimentos sobre a operação de subestações de energia	Questões relativas a conhecimentos conceituais (resumir, deduzir, comparar e explicar) no ambiente RV
Categoria E	Usabilidade do Ambiente em 2D, baseado em diagramas unifilares.	Questões relativas a conhecimentos conceituais no Sistema 2D (reconhecer, entender, identificar, interpretar, deduzir e explicar)

Fonte: Elaborado pela autora.

Recordando-se a métrica adotada ($F_q = c_1m_1 + c_2m_2 + \dots + c_nm_n$), valores de F_q (habilidade cognitiva desenvolvida com o uso do material potencialmente significativo) na faixa de 0 a 0,49 significam que o ambiente estimula os conhecimentos avaliados na categoria durante o processo de treinamento, enquanto valores entre 0,5 e 3,49 indicam que o ambiente precisa ser melhorado para que os conhecimentos dessa categoria sejam proporcionados, e valores entre 3,5 e 4,0 indicam que o ambiente avaliado não estimula a aprendizagem dos conhecimentos dessa categoria.

Será discutida, ainda neste capítulo, a impressão dos participantes em relação ao próprio instrumento de avaliação através de suas sugestões e críticas.

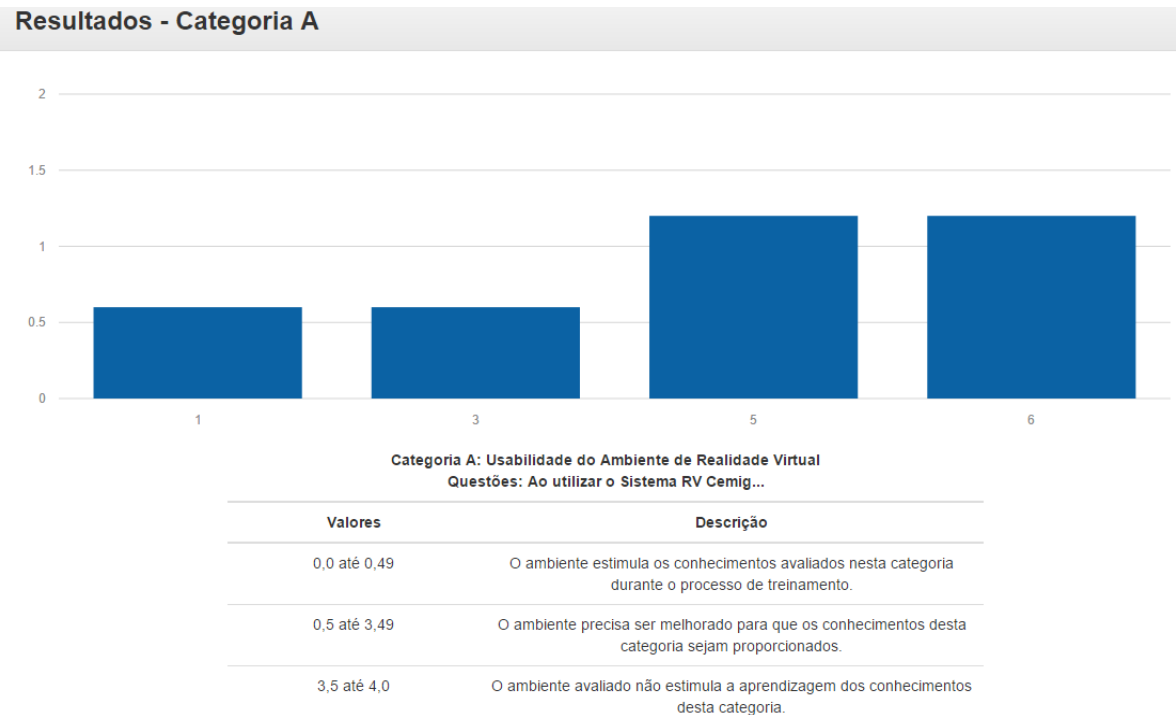
4.1 Análise dos resultados por categoria

Em relação à Categoria A, que avalia as características de modelagem e usabilidade do ambiente de treinamento RV, a média obtida foi de 0,9, um valor considerado bom conforme a métrica adotada, mas que também sugere a necessidade de algumas melhorias no ambiente de treinamento, como é possível observar na figura 37. Segundo as notas individuais de cada um dos participantes ($F_q = 0,6$ e $F_q = 1,2$), o ambiente RV precisa ser melhorado para que as características relativas à usabilidade do sistema (modelagem, sensação de imersão, presença, interação, entre outras) sejam completamente alcançadas pelo usuário.

Ao serem questionados, na Categoria A, sobre desconfortos visuais durante a exposição ao ambiente de treinamento RV, 3/4 dos participantes relataram que algumas vezes sentiram tonturas e cansaço visual, o que indica uma necessidade de aperfeiçoamento na qualidade dos modelos presentes no ambiente, assim como uma maior atenção aos princípios da Gestalt: unidade, semelhança, proximidade, segregação e pregnância (HEITER, 1970), fundamentais para a percepção das formas dos objetos no ambiente.

Dois dos participantes relataram, ainda, que, algumas vezes, encontraram dificuldades para distinguir os detalhes de alguns ativos por estes não poderem ser vistos na totalidade de seus pormenores.

Figura 38 – Análise gráfica dos resultados da Categoria A.

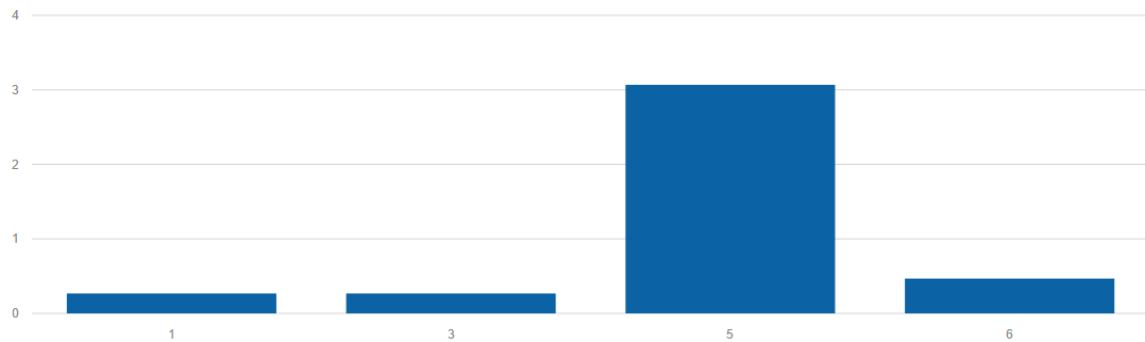


Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à categoria B, em que foram avaliadas as potencialidades para lembrar, reconhecer e recordar aspectos peculiares dos ativos e arranjos das subestações ao se utilizar os ambientes de treinamento em RV, os resultados medidos graficamente $F_q = 0,267$; $3,067$ e $0,467$ são exibidos na figura 38. Como é perceptível, 3/4 dos participantes acreditaram que o ambiente proporciona os estímulos necessários para que o usuário consiga desenvolver as habilidades de memorização e reconhecimento de conceitos específicos das subestações de energia, enquanto 1/4 consideraram que o ambiente precisa ser melhorado para que os conhecimentos dessa categoria sejam proporcionados. Porém, os avaliadores não apontaram melhorias específicas, apenas observações acerca das perguntas da categoria, que serão discutidas na seção 4.3.

Figura 39 – Resultados Gráficos da Categoria b

Resultados - Categoria B



Categoria B: Conceitos específicos de subestações
Questões: Ao utilizar o Sistema RV Cemig...

Valores	Descrição
0,0 até 0,49	O ambiente estimula os conhecimentos avaliados nesta categoria durante o processo de treinamento.
0,5 até 3,49	O ambiente precisa ser melhorado para que os conhecimentos desta categoria sejam proporcionados.
3,5 até 4,0	O ambiente avaliado não estimula a aprendizagem dos conhecimentos desta categoria.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na categoria C, foram avaliadas as potencialidades dos objetos de aprendizagem em RV para entender, interpretar, exemplificar e classificar ativos e arranjos de subestações de energia elétrica. Nessa categoria, apesar de a média calculada ter sido de 0,37575, a figura 39 permite observar que a nota atribuída pelos participantes números 1 e 3 ficou entre 0 e 0,18, indicando que eles estão completamente satisfeitos com o ambiente RV para estimular as habilidades de interpretação, exemplificação e classificação. Enquanto os participantes números 2 e 4, cuja avaliação foi de 0,668, acreditaram que o ambiente RV possa passar por melhorias que proporcionem progressos nesses aspectos cognitivos.

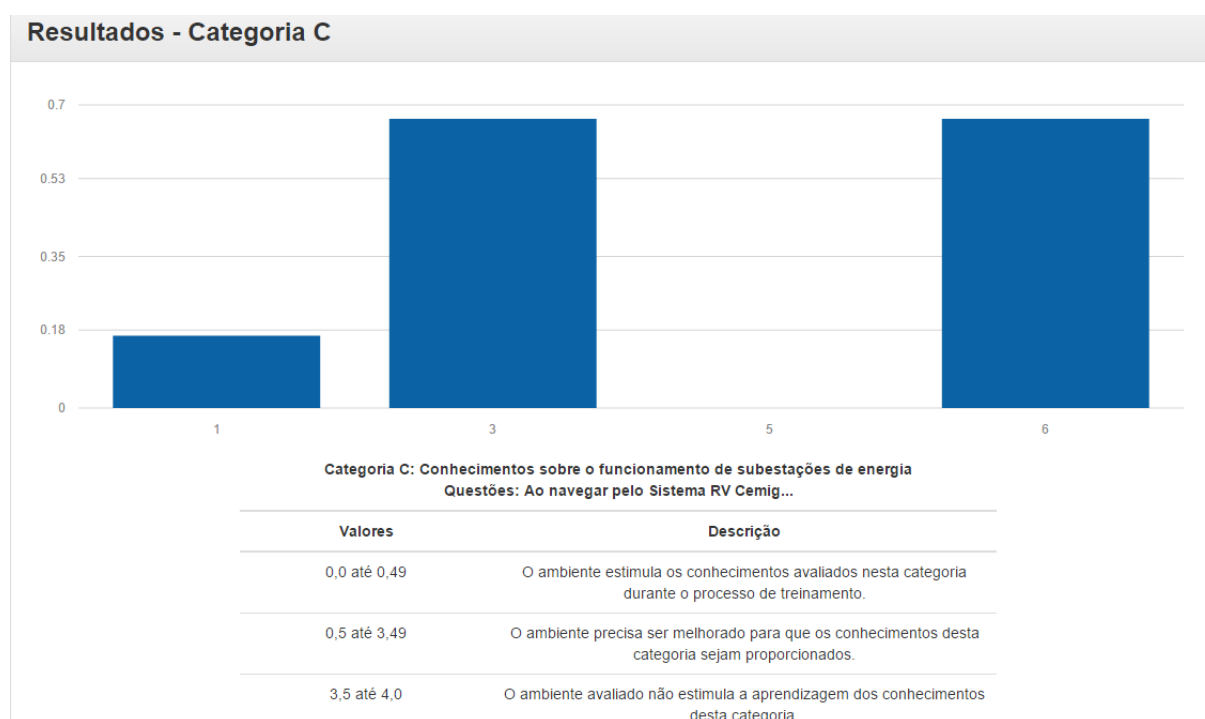
Uma das melhorias apontadas refere-se aos recursos visuais (características de apresentação dos modelos tridimensionais), de modo que os elementos possam fazer parte ou integrar o ambiente sem confundir o usuário. Nas palavras de um dos avaliadores: *“Trata-se de um recurso que eu acredito ter bastante potencial de melhoria em termos de solução visual.”*

Um dos participantes revelou sentir, algumas vezes, dificuldades para compreender a lógica de funcionamento da subestação devido à falta de

familiaridade com os arranjos de campo, alegando ser difícil identificar o funcionamento desses arranjos até mesmo quando se está *in loco* na própria subestação.

Quando questionados sobre a dificuldade de identificação de quais equipamentos estão ligados e/ou desligados, dois participantes responderam que só conseguem realizar essa identificação quando a camada de informações do ambiente RV é ativada. Uma vez ativada, a camada de informações e os equipamentos em estado ligado são visualizados com uma coloração verde sobre eles. Quando desligados, a cor muda para vermelho. Outro participante afirmou que somente é possível classificar os estados de operação do sistema em Normal, Emergência ou Restaurativo quando se possui uma visão geral do ambiente de treinamento, e que esta visão não é propiciada no ambiente RV.

Figura 40 – Resultados Atribuídos à Categoria C



Fonte: Elaborado pela autora.

Na categoria D, destinada à avaliação da potencialidade dos objetos para habilidades mais complexas dos processos cognitivos de entendimento: resumir, deduzir, comparar e explicar a operação do sistema elétrico, como supervisão e controle de fluxo de carga, acionamento da proteção contra faltas e coordenação de

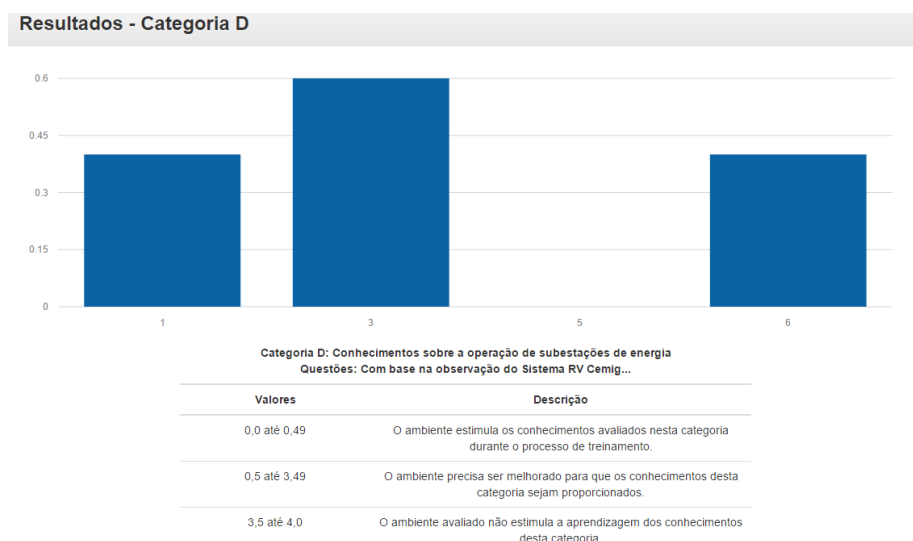
manobras no sistema das subestações, os valores encontrados foram $F_q = 0,4$, $F_q = 0,6$, $F_q = 0$, e $F_q = 0,4$ para cada um dos respectivos participantes, como mostra a figura 40. Esses escores sinalizam que, na opinião de $\frac{3}{4}$ dos entrevistados o ambiente de treinamento RV estimula os processos cognitivos de entendimento complexos analisados, e, na opinião de $\frac{1}{4}$ dos respondentes este ambiente precisa ser aprimorado para atingir tal objetivo. Dentre os aprimoramentos sugeridos, temos o seguinte posicionamento de um dos usuários:

“Em determinadas situações, o usuário identifica a ocorrência de falha mas precisa de um tempo ainda grande para verificar a extensão e consequências. Diante da ocorrência de falhas, os recursos visuais devem ser aprimorados de modo a possibilitar ao usuário identificação rápida, objetiva, intuitiva dos ativos afetados. Acredito que se trata de um aspecto com grande potencial de melhoria.”

E, ainda segundo palavras de outro participante, *“a falta de conhecimento do arranjo físico dificulta o entendimento do circuito das SE’s.”*

Metade dos participantes concordou que, dependendo da topologia da subestação, equipamentos como TPs, TCs e para-raios podem confundir visualmente os usuários, pois são muito parecidos, também, no ambiente real, o que foi reproduzido da mesma forma no ambiente virtual.

Figura 4 – Resultados categoria D



Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação ao ambiente de treinamento 2D, avaliado na Categoria E, $\frac{3}{4}$ dos respondentes concordaram que aquele é eficiente para estimular os conhecimentos relativos à função de operador de subestações de energia, como visto na figura 41, na qual $F_q = 0$. Hipotetiza-se que esse escore se justifique pelo fato de se tratarem de profissionais acostumados a realizar treinamento no ambiente 2D há vários anos.

No entanto, $\frac{1}{4}$ obteve em sua avaliação o valor de 0,8 e afirma que “*não se sente à vontade para reconhecer e identificar os elementos da subestação neste ambiente uma vez que o diagrama unifilar não espelha o arranjo de campo*”. É interessante observar que diagramas unifilares representam as conexões entre os equipamentos de forma a descrever o caminho percorrido pela corrente elétrica e não reproduzem a configuração real em que os ativos estão dispostos na subestação, o que pode realmente ser um problema durante o treinamento, dificultando o reconhecimento e a identificação de alguns dos elementos no contexto da planta da subestação.

Figura 42 5 – Resultados Categoria E



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Análise Geral dos Resultados

A análise quantitativa permitiu concluir que o ambiente de treinamento 2D, avaliado na Categoria E com a média de 0,2 (figura 42) é o melhor resultado alcançado dentre as cinco categorias, conforme a métrica adotada, e parece apresentar, segundo os avaliadores consultados, boa parte das potencialidades esperadas para proporcionar a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica. Importante lembrar que o público consultado foi composto por apenas quatro profissionais ligados à área de treinamento da Cemig, e por isso, esta análise não pode ser considerada conclusiva.

Por esta mesma análise, percebemos que o ambiente RV alcançou na Categoria A referente a seus aspectos de modelagem e usabilidade o escore de 0,9 (figura 42), indicador da necessidade de melhorias, cujas sugestões foram apontadas na análise qualitativa feita para esta categoria na seção anterior.

Já para a potencialidade de proporcionar assimilação de conhecimentos específicos de conceitos e detalhes de equipamentos e arranjos de subestações de energia (Categoria B), a média calculada foi de 1,017 (figura 42), retratando que o ambiente ainda precisa ser aprimorado.

No que se refere à Categoria C, o valor médio de 0,37575 (figura 42) revela que processos cognitivos requeridos para a compreensão da operação das subestações de energia estão sendo potencialmente estimulados no ambiente de treinamento RV.

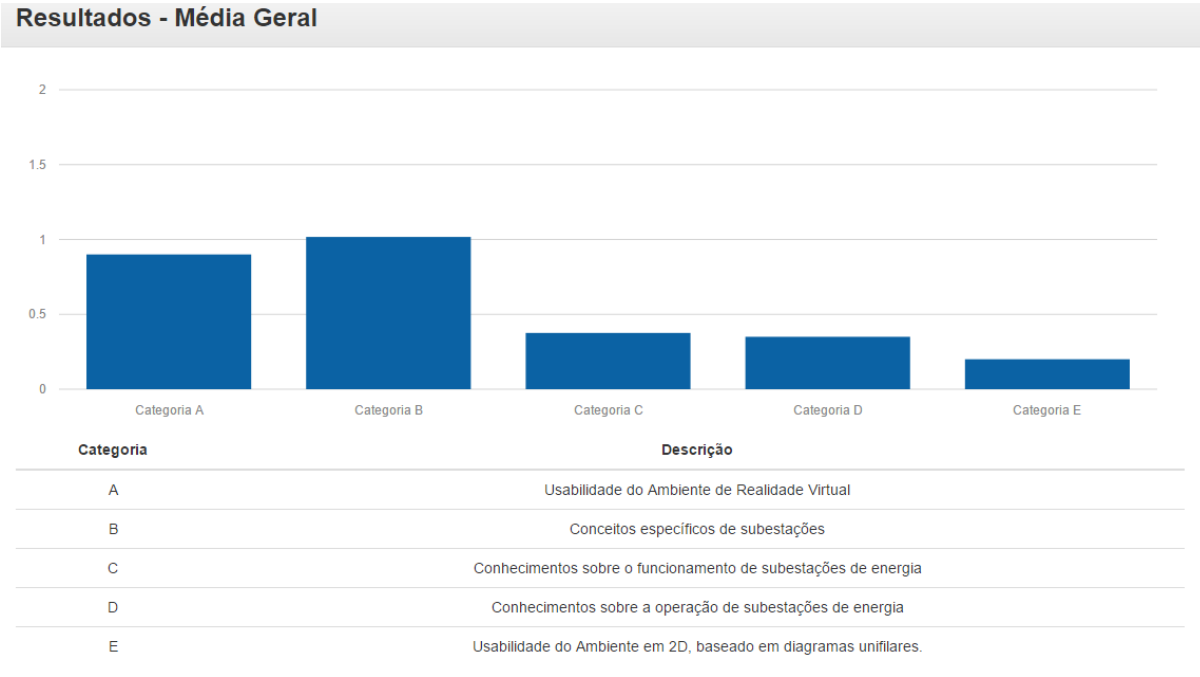
A potencialidade para desenvolver as habilidades mais complexas dos processos de entendimento (Categoria D) foi avaliada em 0,35, o que significa que o ambiente RV tem potencialidade de estimular a aprendizagem dos conhecimentos requeridos nessa categoria durante o treinamento.

Diante dessas considerações, pode-se concluir que o ambiente de treinamento RV possui um grande potencial para estimular a aprendizagem. No entanto, é necessário ser, ainda, aprimorado em vários aspectos para que possa ser considerado um objeto de aprendizagem potencialmente significativo.

Devido ao pequeno número de participantes nessa primeira etapa de aplicação do protótipo, ainda é cedo para se dar por concluída a avaliação das

potencialidades de aprendizagem dos ambientes (2D e RV), mas pode-se dizer que a proposta desta pesquisa, de se desenvolver um protótipo de avaliação baseado em *checklist* e métrica, foi cumprida com êxito.

Figura 43 – Média geral dos resultados quantitativos do *checklist*



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Análise de *feedback*

Com relação às considerações do usuário a respeito do protótipo de avaliação, foram coletadas poucas sugestões e críticas dos participantes, como pode ser visualizado na figura 43. Os participantes consideraram válido o instrumento de avaliação proposto.

Foram sugeridas pequenas mudanças nas interfaces relacionadas a critérios de adaptabilidade e acessibilidade (ISO 9241-11).

Figura 44 – Feedback para o sistema de avaliação



Fonte: Elaborado pela autora.

Foram recolhidas sugestões de correções e alterações imprescindíveis a serem feitas no *checklist* na Categoria B.

Quando o banco de dados do protótipo apresentou a pergunta: "Você apresentou alguma dificuldade para recordar como se opera o item "####" da subestação? Quais foram?" para os itens: antena de telecomunicações (figura 54), suporte (figura 60), torre (figura 51), 500KV parabólica (figura 57), Trafo tensão auxiliar (figura 73), 138KV disjuntor2 (figura 48), 138KV disjuntor1 (figura 47), 500KV TP (figura 64), 500KV reator (figura 59) e isolador (figura 70), essa pergunta gerou muita dúvida e imprecisão entre os usuários, como mostram os comentários feitos por eles: "Qual seria a operação a que se refere? De toda a sorte, não se distinguem, de imediato, as possíveis operações.... Não entendi sua pergunta Revisar o português da pergunta.... Está errado? "

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se falar de avaliação de sistemas e/ou ambientes de aprendizagem, é relevante considerarmos duas vertentes, a saber, a avaliação dos fatores puramente técnicos (avaliação das características de usabilidade do sistema) e a avaliação pedagógica (avaliação da aprendizagem). Conforme afirma Santos *et al* (2011), a avaliação dos fatores técnicos é contextualizada na engenharia de *software* e baseia-se em instrumentos oficiais que estabelecem normas, critérios, recomendações e requisitos para a avaliação da qualidade de desenvolvimento do protótipo (ISO 9126, ISO 12119, ISO 9241, ISO 12207).

Já a avaliação dos fatores pedagógicos compreende, também, dimensões de natureza psicológica e ideológica, caracterizando complexo o processo de avaliação da qualidade de sistemas e/ou ambientes de aprendizagem (SANTOS *et al*, 2011).

Buscou-se, com a presente pesquisa, desenvolver um instrumento de avaliação capaz de abordar tanto as questões técnicas como as pedagógicas. Embora tal estudo tenha se apresentado de forma sucinta, priorizou-se a análise qualitativa dos dados medidos.

Para tanto, foi feito o mapeamento do conteúdo de aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus *layouts*, ativos e componentes, com o intuito de alinhar conhecimentos, processos cognitivos e objetos de aprendizagem em 2D e RV. Procurou-se, ao longo da pesquisa, identificar as características de modelagem e processos cognitivos em 2D e RV, com o objetivo de criar pesos para um sistema avaliativo, baseado em *checklist* e métricas.

Foram, então, desenvolvidos dois ambientes distintos para o sistema proposto: o primeiro deles, o protótipo, apresenta um *checklist* interativo e seu resultado individual; o segundo, um ambiente de gerenciamento de dados, destinado à configuração e edição do protótipo, além da observação e análise dos resultados da pesquisa. Para validação do protótipo, cinco profissionais ligados à área de treinamento da Cemig foram convidados a acessar o *checklist* virtual e respondê-lo.

A partir dos resultados obtidos observou-se que o ambiente de treinamento com recursos bidimensionais foi melhor avaliado que o ambiente baseado em realidade virtual, talvez isto se dê devido ao pequeno número de participantes que

responderam à pesquisa, e por estes participantes trabalharem a vários anos na área de treinamento utilizando o ambiente 2D e por isso demonstrarem uma certa resistência ao uso do novo ambiente em RV.

Portanto, pode-se dizer que esta pesquisa alcançou a sua finalidade ao criar um protótipo que ilustra a aplicação de pesos avaliativos para a aprendizagem conceitual de subestações de energia elétrica, seus *layouts*, ativos e componentes em 2D e RV nos ambientes de treinamento da CEMIG, porém mostrou-se inconclusiva a respeito da avaliação das potencialidades dos ambientes propostos enquanto objetos de aprendizagem, o que remete aos trabalhos futuros nos quais a partir das contribuições recebidas propõe-se a atualização do protótipo AvaPATCemig para submetê-lo ao uso dos técnicos em eletrotécnica em processo de treinamento no C.O.S Cemig a fim de realizar-se uma avaliação baseada em métodos comparativos que possa ser considerada conclusiva a respeito das potencialidades dos ambientes de treinamento 2D e RV. Pretende-se ainda, nos trabalhos futuros, tornar o protótipo mais intuitivo criando-se perfis diferenciados para os diversos níveis de profissionais que atuam no C.O.S Cemig (engenheiros, técnicos, prestadores de serviços de manutenção, etc) de forma a tornar a avaliação das potencialidades mais precisa e obter assim um *feedback* mais confiável para os desenvolvedores dos ambientes de aprendizagem.

Avalia-se ainda, que a metodologia de avaliação de ambientes de treinamento aqui desenvolvida possa ser aplicada não somente para o caso das subestações de energia da CEMIG, mas, também, que possa ser reinterpretada e aplicada a outros tipos de ambientes de treinamento em 2D e RV que busquem a aprendizagem de forma eficaz e significativa.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W., KRATHWOHL, D. R., AIRASIAN, P. W., CRUIKSHANK, K. A., MAYER, R. E., PINTRICH, P. R., RATHS, J., WITTRICK, M. C. **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing** — A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Addison Wesley Longman, Inc. 2001.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: A cognitive view. Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARBOSA, C. F. et al. Avaliação do Uso de Tecnologia ZigBee no Ambiente de uma Subestação de Potência. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (SBSE)**, v. 4, 2012. Disponível em: <www.swge.inf.br/anais/sbse2012/PDFS/ARTIGOS/96668.PDF>. Acesso em: 04 nov. 2014.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Informação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. Maria João Alvarez; Sarah Bahia dos Santos; Telmo Morinho Baptista. Porto Portugal: Editora Porto Ltda, 1994.

BRAGA, M. Realidade virtual e educação. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2001. Disponível em: <eduep.uepb.edu.br>. Acesso em: 04 nov. 2014.

BRANSFORD, J. D., BROWN, A. L., COCKING, R. R., editors. How people learn: brain, mind, experience, and school. **Committee on Developments in the Science of Learning and Committee on Learning Research and Educational Practice, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council**. — Expanded ed. 2000.

CAÑAS, A. J.; HILL, G.; CARFF, R.; SURI, N.; LOTT, J.; ESKRIDGE, T.; et al. "CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment". In: CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; GONZÁLEZ, F. M. (Eds.). Concept maps: theory, methodology, technology. **Proceedings of the first international conference on concept mapping**. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, v. 1, p.125-133. 2004.

CEMIG. **Galeria Web**. Disponível em: <<https://gt411.cgwusa.com>>. Acesso em: 14 jan. 2015

CHANG, Z., FANG, Y., HU, C. A Training Simulation System for Substation Equipments Maintenance. Simulation Research & Training Center Sichuan Electric Power Test & Research Institute. Chengdu 610072, **International Conference on Machine Vision and Human-machine Interface**. China 2010. Disponível em: <changzw@ustc.edu>. Acesso em: 20 set. 2014.

DE LIMA, A. J. R., CUNHA, G. G. HAGUENAUER, C. J. Realidade aumentada no ensino de geometria descritiva. **Realidade Virtual**, v. 2, p. 1984-0179, 2008. Disponível em: <files.drucillainf.webnode.com>. Acesso em: 24 out. 2015.

DOS SANTOS MACHADO, L. **Conceitos Básicos da Realidade Virtual**. 1995. Disponível em: <di. ufpb.br>. Acesso em: 12 jan. 2015.

DUALIBE, P. **Subestações**: Tipos, Equipamentos e Proteção. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Consultoria para fuso eficiente de energia. 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. Atlas: São Paulo, 2002.

GOMES FILHO, J. **Gestalt do objeto**. Sistema de leitura Visual da Forma. São Paulo: Escrituras Editora, 2000.

HALSTEAD, M. H. **Elements of Software Science**. Amsterdam: Elsevier North-Holland. 1977

HEITER, F. Gestalt theory: Early history and reminiscences. **Journal of the History of the Behavioral Sciences**, 6, 131 – 139. 1970.

HOUNSELL, M. S., PIMENTEL, A. On the Use of Virtual Reality to Teach Robotics”, In: ICECE - **International Conference on Engineering and Computer Education**, 3., São Paulo, 16-19 Março 2003.

JONASSEM, D. H. **Learning with Technology**: Technologies for Meaning Making. Chapter 1. 2001.

JUNIOR, C; ALVES, N. A. **Integração de subestações de distribuição com o COS**. 2010.

KIRNER, C. Evolução da Realidade Virtual no Brasil. In: **X Symposium on Virtual and Augmented Reality**, 2008, João Pessoa. Proceedings of the X Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: SBC, 2008. v. 1. p. 1-11. Disponível em: <<http://www.ckirner.com/historia-rv/historiarv.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

KRATHWOHL, D. R., A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. **Theory into Practice**, Volume 41, Number 4, Autumn 2002 Copyright. College of Education, The Ohio State University. 2002.

KREITLER, S. **Psychological perspectives on virtual reality**. 2001.

KRUG, S. **Don't make me think**: a common sense approach to web usability. New Riders, pp.5. 2000.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**. 1932

MARTINS, J. G. *et al.* **Realidade Virtual através de jogos na educação**. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, 2001. Disponível em: <portcom.intercom.org.br>. Acesso

em: 24 nov. 2014.

MCCALL, J.A., RICHARDS, P. G., WALTERS, G. G., **Factors in Software Quality**, Vols. I, II and III (NTIS AD/A-049/015/055), NTIS, Springfield, VA. 1977.

MENDES, M. L., FREITAS, M. H. G. **Normatização para confecção de sinóticos**. Concert, UFMG, Cemig. Especificação Funcional. Documento XOM EF 028. R01. 2009.

MIRANDA, R.M. D. GROA: **Um sistema de referência de repositório de objetos de aprendizagem**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre – Rio Grande do Sul, 2004.

MONTEIRO, Luís Manuel Coelho **Manipulação da emoção em ambientes de realidade virtual**: Validação Metodológica, Tese de Doutorado, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto, Portugal 2011.

MORIE, J. F. Inspiring the future: merging mass communication, art, entertainment and virtual environment, **Computer Graphics**, 28(2):135-138, May, 1994.

NBR ISO/IEC 12119 **Tecnologia de Informação** – Pacotes de *software* – Teste e requisitos de qualidade. ABNT, 1998.

NBR ISO/IEC 12207 **Processos de software**. ABNT, 1995.

NBR ISO/IEC 9126 **Engenharia de Software** – Qualidade do Produto. ABNT, 2003.

NBR ISO/IEC 9241-11 **Guia de especificações e medidas de usabilidade**. ABNT, 1998.

NOVAK, J. D., CAÑAS, A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. 2010.

OSGOOD, C. E; SUCI, G. J.; TANNENBAUM, P. H. **The measurement of meaning**. University of Illinois Press, 1964.

PENNA, A. G. **Introdução ao gestaltismo**. Rio de Janeiro: Imago, 1999.

PINHEIRO, H.B. **Sistema especialista para operação de subestações de energia elétrica**. 1995. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000093990>> Acesso em: 03 nov. 2014.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de Software**. Trad. Mônica Maria G. Travieso. 5. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002.

RINDERMANN, H. Evaluation. Chapter 19. In ADELSBERGER, H. H; COLLIS, B; PAWLOWSKI, J. M. Handbook on Information Technologies for Education and

Training. **Springer**, 2013.

SANTOS, E. E. F. dos. **Estruturas Cognitivas para Tecnologias Educacionais Construtivistas** – ECoTEC e seu Instrumento de Otimização – Web-ECoTEC. Dissertação de Mestrado. Banco de Teses da UFU, 2009.

SANTOS, E. E. F.; FIGUEIRA-SAMPAIO, A. S.; CARRIJO, G. A.; MENDES, E. Web-ECoTEC: an optimization tool for the ECoTEC assessment methodology. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, v. 28, p. 651-655, 2011.

SCHIFFMAN, H. R. **Sensação e Percepção**. Trad. Luís Antônio Fajardo Pontes, Stella Machado; revisão técnica Maurício Canton Bastos. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

SCHMITZ, Q. T; KEMCZINSKI, A; HOUNSELL, M. da S. Realidade Virtual no Treinamento da Inspeção de Focos de Dengue. In: **IV Workshop de Informática aplicada à Saúde-CBComp**. pp. 541-546. 2004. Disponível em: <joinville.udesc.br>. Acesso em: 24 nov. 2014.

SCHOLTZ, J., MORSE, E., STEVES, M.P. **Evaluation metrics and methodologies for user-centered evaluation of intelligent systems**. Elsevier 2006.

SIEMER J., ANGELIDES, M. C. A comprehensive method for the evaluation of complete intelligent tutoring systems. **Elsevier Science**, 1998.

SILVA, L. F.; CARDOSO, A; MENDES, E. B; LAMOUNIER, E; TAKAHASHI, E. K. Ambientes distribuídos em Realidade Virtual como suporte à Aprendizagem Cooperativa para a Resolução de Problemas. RENOTE. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 7, p. 1, 2009.

SISCOUTTO, R. A., SZENBERG, F., TORI, R., RAPOSO, A. B., CELES, W., GATTASS, M. **Estereoscopia**. 2004.

STERNBERG, R. Psicologia Cognitiva. São Paulo: Artmed, 2000. EDUARDO WISNIESKI BASSO. **Visão e Cognição**. Porto Alegre, março de 2006.

TRINDADE, J., FIOLHAIS, C. A realidade virtual no ensino e na aprendizagem da Física e da Química. **Gazeta da Física**, v. 19, n. 11, 1996. researchgate.net

YAM, P. Surreal Science - Virtual reality finds a place in the classroom, **Scientific American**, 268, 1993.

ANEXOS

ANEXO I - QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DAS NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM DOS OPERADORES CEMIG

ANÁLISE DAS NECESSIDADES DE APRENDIZAGEM DOS OPERADORES DA CEMIG				
1 DESCRIÇÃO DA OCUPAÇÃO DO OPERADOR				
ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
1.1	Extr.Relev.	Como pode ser descrita a atividade de operador?	Gerente e /ou Supervisor	
1.2	Relevante	Quais são os pré-requisitos para ser operador?	Gerente e /ou Supervisor	
1.3	Pouco Relev.	Como é feita a seleção profissional para o cargo de operador?	Gerente e /ou Supervisor	
1.4	Extr.Relev.	Quais conceitos encontram-se envolvidos nesta atividade profissional?	Gerente e /ou Supervisor	
1.5	Relevante	Como estes conceitos são adquiridos?	Gerente e /ou Supervisor	
1.6	Extr.Relev.	Quais habilidades encontram-se envolvidas nesta atividade profissional?	Gerente e /ou Supervisor	
1.7	Relevante	Como estas habilidades são desenvolvidas?	Gerente e /ou Supervisor	
1.8	Extr.Relev.	Que atitudes se encontram envolvidas nesta atividade profissional?	Gerente e /ou Supervisor	
1.9	Extr.Relev.	Como estas atitudes são desenvolvidas?	Gerente e /ou Supervisor	
1.10	Extr.Relev.	Qual é a duração do turno de trabalho dos operadores?	Gerente e /ou Supervisor	
1.11	Relevante	Existe intervalo durante o turno o período é ininterrupto? Se existe, qual é a duração do mesmo?	Gerente e /ou Supervisor	

1.12	Extr.Relev.	Quais são os tipos de problemas enfrentados pelo operador? É possível categorizar sua criticidade (grau de importância)?	Gerente e /ou Supervisor	
1.13	Extr.Relev.	Quando surge um problema, qual é o grau de autonomia do operador?	Gerente e /ou Supervisor	
1.14	Extr.Relev.	Caso ocorra algum problema e não seja possível resolvê-lo, a quem o operador deve contatar/relatar?	Gerente e /ou Supervisor	
1.15	Extr.Relev.	Em que situações o operador deve solicitar auxílio de um superior e qual é o cargo deste?	Gerente e /ou Supervisor	
1.16	Extr.Relev.	Em caso de erro, como o operador deve proceder?	Gerente e /ou Supervisor	

2 PERFIL DO OPERADOR

ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
2.1	Extr.Relev.	Qual é a faixa etária média dos operadores?	Gerente e /ou Supervisor	
2.2	Extr.Relev.	Qual é o tempo médio dos operadores nesta função?	Gerente e /ou Supervisor	
2.3	Relevante	Qual é o grau de escolarização dos operadores?	Gerente e /ou Supervisor	
2.4	Extr.Relev.	Qual é a fluência tecnológica dos operadores?	Gerente e /ou Supervisor	
2.5	Pouco Relev.	É possível categorizar os operadores em diferentes níveis de experiência/habilidades? Quais são eles? (O grau de experiência na atividade é um fator crítico para tal categorização e desempenho das atividades?)	Gerente e /ou Supervisor	

3 FORMAÇÃO DO OPERADOR

ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
3.1	Extr.Relev.	Que cursos o operador fez antes de assumir o cargo no centro de operações? Qual é a motivação que os operadores têm para sua realização?	Instrutor	
3.2	Extr.Relev.	Há uma grade de conteúdos? Como esta se encontra organizada?	Instrutor	

3.3	Extr.Relev.	Quanto tempo dura o curso e/ou módulos para a formação do operador?	Instrutor	
3.4	Relevante	Com qual periodicidade o treinamento é atualizado?	Instrutor	
3.5	Relevante	Em que local é realizado o treinamento?	Instrutor	
3.6	Extr.Relev.	Qual é o suporte tecnológico disponível para o treinamento?	Instrutor	
3.7	Extr.Relev.	Quais são os métodos e técnicas utilizados no treinamento? (Exemplos) a) Aulas expositivas b) Apostilas impressas c) Vídeos d) Simulações de cenários e) Simulações em sistemas reais f) Autoinstrução em Computador, CD-ROM ou Web (Intranet) g) Auxílio de trabalho (procedimentos estruturados) h) Estudo de casos i) Treinamento em grupo j) Observação k) Trabalho sob supervisão de um mentor l) Outra forma de treinamento (Qual?)	Instrutor	
3.8	Relevante	Qual é o grau de interação com o material e/ou instrutor nos treinamentos atuais?	Instrutor	
3.9	Pouco Relev.	O que se espera que o operador seja capaz fazer após o treinamento? (Caso o treinamento ocorra em módulos, o que é requerido ao final de cada módulo?)	Instrutor	
3.10	Extr.Relev.	Como é realizada a avaliação dos operadores? Qual é o grau de acerto mínimo requerido? (Ou seja, qual é a tolerância a erros?)	Supervisor	
3.11	Extr.Relev.	Quais são as necessidades de treinamento que não têm obtido os resultados esperados com as técnicas empregadas atualmente? Qual é a origem destas necessidades?	Supervisor	
3.12	Extr.Relev.	Quais são as consequências da falha do operador? Quais são os impactos?	Gerente e /ou Supervisor	

3.13	Extr.Relev.	Quais são os conhecimentos e habilidades requeridas constantemente/diariamente do operador? Quais destes encontram-se mais consolidados?	Supervisor	
3.14	Extr.Relev.	Quais são as lacunas de conhecimentos e habilidades que precisariam ser mais trabalhadas? Quais são as lacunas prioritárias?	Instrutor	
3.15	Extr.Relev.	Quais são as ferramentas, recursos, etc. que podem ser utilizados ou auxiliar a obtenção de um desempenho de excelência do operador? Elas encontram-se disponíveis para o operador? Em que formato?	Gerente e /ou Supervisor	

4 CONVERSA COM SUPERVISORES E OUTRAS INSTÂNCIAS DA CEMIG				
ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
4.1	Extr.Relev.	Quais são as expectativas da CEMIG em relação ao uso do SRV? E em relação ao treinamento com o SRV?	Gerente	
4.2	Extr.Relev.	Como supervisor, qual é a expectativa em relação ao uso do SRV na atuação profissional e/ou treinamento?	Supervisor	
4.3	Relevante	Como poderia ser caracterizado o desempenho atual dos operadores? Qual seria o esperado? (O que não está sendo feito e deveria ser realizado e o que está sendo feito e não deveria ser realizado?)	Supervisor	
4.4	Pouco Relev.	Os operadores têm consciência do que é esperado deles?	Supervisor	
4.5	Extr.Relev.	Existe algum dispositivo que possibilite verificar se o operador está desempenhando sua atividade adequadamente?	Supervisor	
4.6	Extr.Relev.	Qual é a expectativa de tempo a ser disponibilizado para a realização da transição para SRV (caso se comprove que é a saída mais adequada)? E para o uso do SRV no treinamento?	Gerente	
4.7	Extr.Relev.	Existe alguma limitação para o uso do SRV?	Gerente	

5 CONVERSA COM OPERADORES				
ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
5.1	Extr.Relev.	Como você descreveria sua atividade profissional?	Operador	
5.2	Relevante	Qual é o elemento que constitui a maior motivação para que você desempenhe sua atividade profissional?	Operador	
5.3	Extr.Relev.	Qual é o elemento que constitui a maior dificuldade na sua atuação profissional?	Operador	
5.4	Relevante	Quando você tem alguma dúvida como você procede?	Operador	
5.5	Extr.Relev.	Quais são as ocorrências mais comuns em sua rotina de trabalho? Como você procede quando elas ocorrem?	Operador	
5.6	Relevante	Quais são as ocorrências menos comuns em sua rotina de trabalho? Como você procede quando elas ocorrem?	Operador	
5.7	Extr.Relev.	Quais são os problemas mais comuns que você enfrenta em seu trabalho?	Operador	
5.8	Extr.Relev.	O que você gostaria de saber a respeito da sua atividade profissional que ainda não tem conhecimento? Qual você acredita que seria o impacto no seu desempenho caso tivesse esse conhecimento?	Operador	
5.9	Extr.Relev.	Você tem dimensão geral sobre a relevância do seu trabalho?	Operador	
5.10	Extr.Relev.	Qual você acredita que é a maior habilidade de um operador? Por quê?	Operador	
5.11	Extr.Relev.	Você gostaria de ver a subestação em RV? Você já interagiu com alguma aplicação em RV?	Operador	
6 LOGÍSTICA DA VISITA				
ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
6.1	Extr.Relev.	É possível observar as atividades do operador? (Ou ver uma simulação detalhada de como é esta atividade?)	Gerente	

6.2	Extr.Relev.	É possível ter acesso ao material utilizado no treinamento do operador?	Gerente	
6.3	Extr.Relev.	Onde é possível obter dados a respeito dos problemas mais comuns na atuação dos operadores? (E como estabelecer os procedimentos adequados nestes casos?)	Gerente	
6.4	Relevante	Há fatores externos (sem controle) que contribuem para definir as necessidades de desempenho nas atividades dos operadores? (Regulamentações Governamentais, Corporativas, Contratos, etc.)	Gerente	
6.5	Extr.Relev.	Há fatores internos (controláveis) para definir as necessidades de desempenho nas atividades dos operadores?	Gerente	
6.6	Extr.Relev.	Qual (is) pessoa (s) será (ão) designada (s) como consultores técnicos de conteúdos e de processos pertinentes à atividade do operador?	Gerente	
6.7	Extr.Relev.	Qual (is) pessoa (s) será (ão) responsável (is) pela aprovação da proposta de Design Instrucional do treinamento?	Gerente	

7 DESCRIÇÃO/OBSERVAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO

ID	Grau de Relevância	Questão	A quem se destina	Observações
7.1	Extr.Relev.	Como é o ambiente de trabalho do operador?	Núcleo Eng.Educ.	
7.2	Extr.Relev.	Quais equipamentos encontram-se disponíveis?	Núcleo Eng.Educ.	
7.3	Extr.Relev.	Quais equipamentos são os utilizados com maior frequência? Por quê?	Núcleo Eng.Educ.	
7.4	Extr.Relev.	Quais equipamentos são usados com menor frequência? Por quê?	Núcleo Eng.Educ.	
7.5	Extr.Relev.	Como eles lidam com a sobrecarga de informação?	Núcleo Eng.Educ.	

ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Questionário)

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa de Avaliação dos ambientes de aprendizagem 2D e RV (Realidade Virtual) utilizados no Centro de Controle e Operação da Cemig, através de um questionário online por meio do instrumento de avaliação de processos cognitivos para a aprendizagem de subestações de energia em realidade virtual, AvaPATCemig (Avaliação das Potencialidades de Aprendizagem dos Ambientes de Treinamento da Cemig), no caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador (a) ou com a instituição.

PESQUISADOR (A) RESPONSÁVEL: Aline Fernanda Furtado Silva

ENDEREÇO: Rua Gonçalves Ledo, 242 Jardim Ipiranga. Patrocínio MG 38740-000

TELEFONE: (34) 3515 2100 / (34) 99191-2925

ORIENTADOR: Prof. (a). Dr^a Elise B. Mendes

PARCERIA: Prof. Dr. Alexandre Cardoso. Projeto GT411.

OBJETIVOS: Avaliar as potencialidades de aprendizagem dos ambientes 2D e RV de treinamento e operação do C.O.S. Cemig.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: se concordar em participar da pesquisa, você terá que responder online, acessando o link: <http://digitown.com.br/aline/pesquisa/> a um questionário sobre os ambientes de RV e 2D utilizados no treinamento e na operação no Centro de Operação do Sistema de subestações de energia Cemig. Para responder ao questionário basta informar o seu CPF. Caso deseje pausar as respostas e retornar em outro momento oportuno, basta clicar no botão SAIR, no canto superior direito da tela apresentada, e depois retornar ao link informando seu CPF. São um total de 8 telas de múltipla escolha contendo entre 4 e 6 perguntas cada tela. A qualquer momento você poderá voltar à tela anterior e alterar suas respostas caso seja necessário. Ao finalizar o preenchimento de todas as perguntas, uma tela com os resultados da sua avaliação será apresentada. Os dados coletados serão utilizados na avaliação dos potenciais usos de tais ambientes na aprendizagem dos participantes.

RISCOS E DESCONFORTOS: Esta pesquisa poderá proporcionar um certo desconforto visual pela exposição do usuário a um longo tempo diante das telas do questionário.

BENEFÍCIOS: A participação nesta pesquisa irá acarretar uma significativa melhoria nas técnicas e tecnologias utilizadas no ambiente de treinamento dos operadores Cemig.

CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE: Não haverá nenhum gasto com sua participação. Esta será totalmente gratuita, não recebendo nenhuma cobrança com o que será realizado. Você também não receberá nenhum pagamento com a sua participação.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Esta pesquisa é confidencial, as informações prestadas pelos participantes são sigilosas e serão processadas apenas pelo sistema computacional de forma automática, a privacidade do

ANEXO 3 – CÓDIGO FONTE AVAPATCEMIG

```
INICIAR.php
<?php
session_start();

require('../util/seguranca.php');
Seguranca::VerificaAutenticacao();

require('../util/conexao.php');
$conexao = new Conexao();

require('../util/funcoes.php');

require('../model/Usuario.php');
$Usuario = new Usuario($conexao);

$usuario = $Usuario->getIDPorCPF($_SESSION[Session::$SessionNumero]);
?>
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
        <?php include('head.php'); ?>
        <link rel="stylesheet" type="text/css" href="../highslide/highslide.css" />
    </head>
    <body>
        <div class="container">
            <div id="wrapper">
                <div id="page-wrapper">
                    <?php include('header.php'); ?>
                    <!-- /.row -->
                    <div class="row">
                        <div class="col-md-12">
```

```

<p><?php echo Config::imprimeValor('texto_home'); ?></p>

<div class="clearfix" style="margin-top: 15px;"></div>

<a href="../img/mapa_conceitual.jpg" class="highslide btn btn-
default" onclick="return hs.expand(this)">Mapa Conceitual Subestações</a>
<!--<a href="../img/tabela.jpg" class="highslide btn btn-default"
onclick="return hs.expand(this)">Tabela</a>-->
<!-- High Slide -->
<div class="clearfix" style="margin-top: 15px;"></div>

<?php if ($usuario->etapa == 1) { ?>
    <a href="questionario.php" class="btn btn-success text-
center">Iniciar pesquisa</a>
    <?php } else if ($usuario->etapa > 1 && $usuario->etapa < 6) { ?>
        <a href="questionario.php" class="btn btn-success text-
center">Continuar pesquisa</a>
        <?php } else if ($usuario->etapa == 6) { ?>
            <form action="../scripts/respostas_limpar.php" method="post">
                <button type="submit" class="btn btn-success text-center"
value="1" name="BtnLimpar">Responder novamente a pesquisa</button>
            </form>
        <?php } ?>

<div class="clearfix" style="margin-top: 15px;"></div>

<?php if ($usuario->finalizado == 1) { ?>
    <a href="resultado.php" class="btn btn-primary text-
center">Resultado de sua pesquisa</a>
    <a href="resultados.php" class="btn btn-warning text-
center">Resultado da média geral</a>
    <?php } ?>

```

```

<div class="clearfix" style="margin-top: 15px;"></div>

<?php if ($usuario->comentario == 0 && $usuario->finalizado == 1)
{ ?>
    <a href="comentario.php" class="btn btn-danger text-
center">Deixe aqui sua avaliação sobre o sistema</a>
    <?php } ?>

<div class="clearfix" style="margin-top: 15px;"></div>

<?php
$cod = GetID('coment');
if ($cod == 1) {
    ?>
    <div class="alert alert-success" role="alert">Obrigado por
compartilhar conosco sua opinião.</div>
    <?php } else if ($cod == 2) { ?>
    <div class="alert alert-danger" role="alert">Ocorreu algum erro,
tente novamente.</div>
    <?php
    } ?>

</div>
<!-- /.col-lg-12 -->
</div>
<!-- /.row -->
</div>
<!-- /#page-wrapper -->
</div>
<!-- /#wrapper -->
</div>
<script src="../../bootstrap/js/jquery.js"></script>

```

```
<script src="../../bootstrap/js/bootstrap.js"></script>
<script type="text/javascript" src="../../highslide/highslide-with-gallery.js"></script>
<script type="text/javascript">
    hs.graphicsDir = '../../highslide/graphics/';
    hs.align = 'center';
    hs.transitions = ['expand', 'crossfade'];
    hs.wrapperClassName = 'dark borderless floating-caption';
    hs.fadeInOut = true;
    hs.dimmingOpacity = .75;
    hs.showCredits = false;
    // Add the controlbar
    if (hs.addSlideshow)
        hs.addSlideshow({
            //slideshowGroup: 'group1',
            interval: 5000,
            repeat: false,
            useControls: true,
            fixedControls: 'fit',
            overlayOptions: {
                opacity: .6,
                position: 'bottom center',
                hideOnMouseOut: true
            }
        });
</script>
</body>
</html>
```

QUESTIONÁRIO.PHP

```
<?PHP
```

```
SESSION_START();
```

```
REQUIRE('../UTIL/SEGURANCA.PHP');  
SEGURANCA::VERIFICAUTENTICACAO();
```

```
REQUIRE('../UTIL/CONEXAO.PHP');  
$CONEXAO = NEW CONEXAO();
```

```
REQUIRE('../UTIL/FUNCOES.PHP');
```

```
REQUIRE('../MODEL/USUARIO.PHP');  
$USUARIO = NEW USUARIO($CONEXAO);
```

```
REQUIRE('../MODEL/CATEGORIAS.PHP');  
$CATEGORIAS = NEW CATEGORIAS($CONEXAO);
```

```
REQUIRE('../MODEL/PERGUNTAS.PHP');  
$PERGUNTAS = NEW PERGUNTAS($CONEXAO);
```

```
$USUARIO = $USUARIO->  
>GETIDPORCPF($_SESSION[SESSION::$SESSIONNUMERO]);
```

```
$PERGUNTA = $USUARIO->ETAPA;
```

```
$RSCATEGORIA = $CATEGORIAS->GETPORID($PERGUNTA);  
$OBJCATEGORIA = MYSQL_FETCH_OBJECT($RSCATEGORIA);
```

```
IF ($PERGUNTA == 6) {  
    HEADER("LOCATION: ../PESQUISA/RESULTADO.PHP");
```

```

EXIT();
}

IF ($PERGUNTA == 2) {
    $ORDEM = $USUARIO->COMPONENTE;
    $RSPERGUNTA = $PERGUNTAS->GETPORIDCATEGORIAORDEM(2,
$ORDEM);
    $OBJPERGUNTA = MYSQL_FETCH_OBJECT($RSPERGUNTA);

    REQUIRE('../MODEL/COMPONENTE.PHP');
    $COMPONENTE = NEW COMPONENTE($CONEXAO);

    $RSCOMPONENTE = $COMPONENTE->GETLIMIT(5);
} ELSE {

    $RSPERGUNTAS = $PERGUNTAS->GETPORCATEGORIA($PERGUNTA);
}

IF ($PERGUNTA == 1) {
    $PROGRESS = 14.28;
    $PAGINA = 1;
} ELSE IF ($PERGUNTA == 2) {
    IF ($ORDEM == 1) {
        $PROGRESS = 28.46;
        $PAGINA = 2;
    } ELSE IF ($ORDEM == 2) {
        $PROGRESS = 42.86;
        $PAGINA = 3;
    } ELSE IF ($ORDEM == 3) {
        $PROGRESS = 57.12;
        $PAGINA = 4;
    }
}
// ELSE IF ($ORDEM == 4) {

```

```

//    $PROGRESS = 50;
//    $PAGINA = 5;
// }
} ELSE IF ($PERGUNTA == 3) {
    $PROGRESS = 71.4;
    $PAGINA = 5;
} ELSE IF ($PERGUNTA == 4) {
    $PROGRESS = 85.68;
    $PAGINA = 6;
} ELSE IF ($PERGUNTA == 5) {
    $PROGRESS = 100;
    $PAGINA = 7;
}
?>
<!DOCTYPE HTML>
<HTML>
    <HEAD>
        <META HTTP-EQUIV="CONTENT-TYPE" CONTENT="TEXT/HTML;
CHARSET=UTF-8">
        <?PHP INCLUDE('HEAD.PHP'); ?>
        <LINK REL="STYLESHEET" TYPE="TEXT/CSS"
HREF="../../HIGHSLIDE/HIGHSLIDE.CSS" />
    </HEAD>
    <BODY>
        <DIV CLASS="CONTAINER">
            <DIV ID="WRAPPER">
                <DIV ID="PAGE-WRAPPER">
                    <?PHP INCLUDE('HEADER.PHP'); ?>
                    <!-- /.ROW -->
                    <DIV CLASS="ROW">
                        <DIV CLASS="COL-MD-12">
                            <DIV CLASS="PROGRESS">

```

```

        <DIV CLASS="PROGRESS-BAR PROGRESS-BAR-STRIPED"
ROLE="PROGRESSBAR" ARIA-VALUENOW="70"
        ARIA-VALUEMIN="0" ARIA-VALUEMAX="100"
STYLE="WIDTH:<?PHP ECHO $PROGRESS; ?>%">
        ETAPA <?PHP ECHO $PAGINA; ?>/7
    </DIV>
</DIV>
<P>* <?PHP ECHO
CONFIG::IMPRIMEVALOR('OBRIGATORIO'); ?></P>

<!-- HIGH SLIDE -->
<?PHP IF ($PERGUNTA == 1) { ?>
    <P><B>DESCRIÇÃO: </B>ESTAS QUESTÕES SÃO PARA
AVALIAR AS CARACTERÍSTICAS DE MODELAGEM DO SISTEMA RV.</P>
    <?PHP } ?>

    <FORM ROLE="FORM" METHOD="POST"
ACTION="../SCRIPTS/RESPOSTAS_ADD.PHP">
        <DIV CLASS="CLEARFIX"></DIV>
        <H4>CATEGORIA <?PHP ECHO $OBJCATEGORIA-
>CODIGO . ": " . $OBJCATEGORIA->TITULO; ?></H4>
        <DIV CLASS="PANEL PANEL-DEFAULT">
            <DIV CLASS="PANEL-HEADING">
                <B>QUESTÕES: <?PHP ECHO $OBJCATEGORIA-
>DESCRICAO; ?></B>
            </DIV>
            <DIV CLASS="PANEL-BODY">
                <DIV CLASS="ROW">
                    <DIV CLASS="COL-LG-12">
                        <?PHP
                            IF ($PERGUNTA == 2) {
                                WHILE ($OBJ =
MYSQL_FETCH_OBJECT($RSCOMPONENTE)) {

```

```

$LINK2 = "<A
HREF='../IMG/CATEGORIA_B/$OBJ->IMAGEM\' CLASS=\'HIGHSLIDE\'
ONCLICK=\'RETURN HS.EXPAND(THIS)\' TITLE=\'CLIQUE PARA EXIBIR A
IMAGEM\'>$OBJ->DESCRICAO</A>";

?>

<!-- IMAGEM DO COMPONENTE -->

<DIV CLASS="FORM-GROUP" ID="ITEM-
<?PHP ECHO $OBJPERGUNTA->ID_PERGUNTA . '-' . $OBJ-
>ID_COMPONENTE; ?>">

<LABEL><?PHP ECHO
STR_REPLACE("###", $LINK2, $OBJPERGUNTA->PERGUNTA); ?></LABEL>

<DIV CLASS="CLEARFIX"></DIV>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJPERGUNTA-
>ID_PERGUNTA . ']' . $OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]" VALUE="1"
REQUIRED>NENHUM / NUNCA

</LABEL>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJPERGUNTA-
>ID_PERGUNTA . ']' . $OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]" VALUE="2">A MINORIA /
NA MINORIA DAS VEZES

</LABEL>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJPERGUNTA-
>ID_PERGUNTA . ']' . $OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]" VALUE="3">ALGUNS /
ALGUMAS VEZES

</LABEL>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJPERGUNTA-

```

>ID_PERGUNTA . ']' . \$OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]" VALUE="4">A MAIORIA /
NA MAIORIA DAS VEZES

</LABEL>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"

CLASS="RDORRESP" NAME="RDORRESP[<?PHP ECHO \$OBJPERGUNTA->

ID_PERGUNTA . ']' . \$OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]" VALUE="5">TODOS /

SEMPRE

</LABEL>

</DIV>

<?PHP IF (\$OBJPERGUNTA->CAMPO == 1) {

?>

<TEXTAREA NAME="TXTRESP[<?PHP

ECHO \$OBJPERGUNTA->ID_PERGUNTA . ']' . \$OBJ->ID_COMPONENTE; ?>]"

ID="TXTRESP-<?PHP ECHO \$OBJPERGUNTA CAMPO"

PLACEHOLDER="JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA AQUI"></TEXTAREA>

<?PHP

}

}

} ELSE {

WHILE (\$OBJ =

MYSQL_FETCH_OBJECT(\$RSPERGUNTAS)) {

?>

<DIV CLASS="FORM-GROUP" ID="ITEM-

<?PHP ECHO \$OBJPERGUNTA->ID_PERGUNTA; ?>"]>

<LABEL><?PHP ECHO \$OBJ->PERGUNTA;

?></LABEL>

<DIV CLASS="CLEARFIX"></DIV>

<LABEL CLASS="RADIO-INLINE">

<INPUT TYPE="RADIO"

CLASS="RDORRESP" NAME="RDORRESP[<?PHP ECHO \$OBJ->ID_PERGUNTA;

?>]" VALUE="1" REQUIRED>NENHUM / NUNCA

</LABEL>

```

        <LABEL CLASS="RADIO-INLINE">
            <INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJ->ID_PERGUNTA;
?>]" VALUE="2">A MINORIA / NA MINORIA DAS VEZES
        </LABEL>
        <LABEL CLASS="RADIO-INLINE">
            <INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJ->ID_PERGUNTA;
?>]" VALUE="3">ALGUNS / ALGUMAS VEZES
        </LABEL>
        <LABEL CLASS="RADIO-INLINE">
            <INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJ->ID_PERGUNTA;
?>]" VALUE="4">A MAIORIA / NA MAIORIA DAS VEZES
->ID_PERGUNTA . '-' . $OBJ->ID_COMPONENTE; ?>" CLASS="FORM-
CONTROL CAMPO-TEXT OCU
LTA
        </LABEL>
        <LABEL CLASS="RADIO-INLINE">
            <INPUT TYPE="RADIO"
CLASS="RDORESP" NAME="RDORESP[<?PHP ECHO $OBJ->ID_PERGUNTA;
?>]" VALUE="5">TODOS / SEMPRE
        </LABEL>
    </DIV>
    <?PHP IF ($OBJ->CAMPO == 1) { ?>
        <TEXTAREA NAME="TXTRESP[<?PHP
ECHO $OBJ->ID_PERGUNTA; ?>]" ID="TXTRESP-<?PHP ECHO $OBJ-
>ID_PERGUNTA; ?>" CLASS="FORM-CONTROL CAMPO-TEXT OCU
LTA
CAMPO" PLACEHOLDER="JUSTIFIQUE SUA RESPOSTA
AQUI"></TEXTAREA>
        <?PHP
    }
}
}

```

```

        ?>
    </DIV>
    <!-- /.COL-LG-12 -->
</DIV>
    <!-- /.ROW (NESTED) -->
</DIV>
    <!-- /.PANEL-BODY -->
</DIV>
    <!-- /.PANEL -->
    <DIV CLASS="FOOTER">
        <BUTTON TYPE="SUBMIT" CLASS="BTN BTN-SUCCESS">ENVIAR RESPOSTAS</BUTTON>
        <BUTTON TYPE="RESET" CLASS="BTN BTN-DEFAULT">LIMPAR RESPOTAS</BUTTON>
    </DIV>
</FORM>
</DIV>
    <!-- /.COL-LG-12 -->
</DIV>
    <!-- /.ROW -->
</DIV>
    <!-- /#PAGE-WRAPPER -->
</DIV>
    <!-- /#WRAPPER -->
</DIV>
<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/JQUERY.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/BOOTSTRAP.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT TYPE="TEXT/JAVASCRIPT" SRC=" ../HIGHSLIDE/HIGHSLIDE-WITH-GALLERY.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT TYPE="TEXT/JAVASCRIPT">

$(DOCUMENT).READY(FUNCTION() {
    $(".RDORESP").CHANGE(FUNCTION() {

```

```

    VAR STR = THIS.NAME;
    VAR RES = STR.REPLACE("RDORESP",
"TXTRESP").REPLACE("[", "-").REPLACE("]", "").REPLACE("[", "-");
    IF ($("#" + RES).LENGTH) {
        IF (THIS.VALUE > 1) {
            $("#" + RES).SHOW().PROP('REQUIRED', TRUE);
        } ELSE {
            $("#" + RES).HIDE().PROP('REQUIRED', FALSE);
            $("#" + RES).VAL("");
        }
    }
    //
    $("TEXTAREA#EXAMPLEMESSAGE").VAL(RESULT.EXAMPLEMESSAGE);
    }
    }
    });
    });

    HS.GRAPHICSDIR = '../HIGHSLIDE/GRAPHICS/';
    HS.ALIGN = 'CENTER';
    HS.TRANSITIONS = ['EXPAND', 'CROSSFADE'];
    HS.WRAPPERCLASSNAME = 'DARK BORDERLESS FLOATING-
CAPTION';
    HS.FADEINOUT = TRUE;
    HS.DIMMINGOPACITY = .75;
    HS.SHOWCREDITS = FALSE;
    // ADD THE CONTROLBAR
    IF (HS.ADDSLIDESHOW)
        HS.ADDSLIDESHOW({
            //SLIDESHOWGROUP: 'GROUP1',
            INTERVAL: 5000,
            REPEAT: FALSE,
            USECONTROLS: FALSE,
            FIXEDCONTROLS: 'FIT',
            OVERLAYOPTIONS: {

```

```
        OPACITY: .6,  
        POSITION: 'BOTTOM CENTER',  
        HIDEONMOUSEOUT: TRUE  
    }  
});  
</SCRIPT>  
</BODY>  
</HTML>
```

RESULTADOS.PHP

```
<?PHP  
SESSION_START();  
  
require('../UTIL/SEGURANCA.PHP');  
SEGURANCA::VERIFICA_AUTENTICACAO();  
  
require('../UTIL/CONEXAO.PHP');  
$CONEXAO = new CONEXAO();  
  
require('../UTIL/FUNCOES.PHP');  
  
require('../MODEL/USUARIO.PHP');  
$USUARIO = new USUARIO($CONEXAO);  
  
$USUARIO = $USUARIO->  
>GETIDPORCPF($_SESSION[SESSION::$SESSIONNUMERO]);  
  
require('../MODEL/CATEGORIAS.PHP');  
$CATEGORIAS = new CATEGORIAS($CONEXAO);  
  
$RSCATEGORIA = $CATEGORIAS->GETTODOS();  
?>  
<!DOCTYPE HTML>
```

```

<HTML>
  <HEAD>
    <META HTTP-EQUIV="CONTENT-TYPE" CONTENT="TEXT/HTML;
CHARSET=UTF-8">
    <?PHP INCLUDE('HEAD.PHP'); ?>
    <LINK HREF="../BOOTSTRAP/CSS/MORRIS.CSS" REL="STYLESHEET">
  </HEAD>
  <BODY>
    <DIV CLASS="CONTAINER">
      <DIV ID="WRAPPER">
        <DIV ID="PAGE-WRAPPER">
          <?PHP INCLUDE('HEADER.PHP'); ?>
          <!-- /.ROW -->
          <DIV CLASS="ROW">
            <DIV CLASS="COL-MD-12">

              <DIV CLASS="CLEARFIX"></DIV>
              <H4><?PHP ECHO
CONFIG::IMPRIMEVALOR('RESULTADO_TITLE'); ?></H4>
              <P><?PHP ECHO
CONFIG::IMPRIMEVALOR('RESULTADO_DESC'); ?></P>
              <DIV CLASS="PANEL PANEL-DEFAULT">
                <DIV CLASS="PANEL-HEADING">
                  <B>GRÁFICO</B>
                </DIV>
                <DIV CLASS="PANEL-BODY">
                  <DIV CLASS="ROW">
                    <DIV CLASS="COL-LG-12">
                      <!-- GRÁFICO -->
                      <!-- MORRIS -->
                      <DIV ID="MORRIS-BAR-CHART"></DIV>
                      <DIV CLASS="COL-MD-6">
                        <DIV CLASS="TABLE-RESPONSIVE">

```

```

<TABLE CLASS="TABLE TABLE-HOVER">
    <THEAD>
        <TR>
            <TH CLASS="COL-LG-4 TEXT-
CENTER">VALORES</TH>
            <TH CLASS="COL-LG-8 TEXT-
CENTER">DESCRIÇÃO</TH>
        </TR>
    </THEAD>
    <TBODY>
        <TR>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_1'); ?></TD>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_1_DESC'); ?></TD>
        </TR>
        <TR>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_2'); ?></TD>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_2_DESC'); ?></TD>
        </TR>
        <TR>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_3'); ?></TD>
            <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO CONFIG::IMPRIMEVALOR('ITEM_3_DESC'); ?></TD>
        </TR>
    </TBODY>
</TABLE>
</DIV>
</DIV>
<DIV CLASS="COL-MD-6">

```

```

<DIV CLASS="TABLE-RESPONSIVE">
    <TABLE CLASS="TABLE TABLE-HOVER">
        <THEAD>
            <TR>
                <TH CLASS="COL-LG-2 TEXT-
CENTER">CATEGORIA</TH>
                <TH CLASS="COL-LG-10 TEXT-
CENTER">DESCRIÇÃO</TH>
            </TR>
        </THEAD>
        <TBODY>
            <?PHP WHILE ($OBJCATEG =
MYSQL_FETCH_OBJECT($RSCATEGORIA)) { ?>
                <TR>
                    <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO $OBJCATEG->CODIGO; ?></TD>
                    <TD CLASS="TEXT-CENTER"><?PHP
ECHO $OBJCATEG->TITULO; ?></TD>
                </TR>
                <?PHP } ?>
            </TBODY>
        </TABLE>
    </DIV>
</DIV>
</DIV>
<!-- /.COL-LG-12 -->
</DIV>
<!-- /.ROW (NESTED) -->
</DIV>
<!-- /.PANEL-BODY -->
</DIV>
<!-- /.PANEL -->
<DIV CLASS="FOOTER">

```

```

        <A HREF="INICIAR.PHP" CLASS="BTN BTN-
SUCCESS">VOLTAR A TELA INICIAL</A>

        <A HREF="RESULTADOS.PHP" CLASS="BTN BTN-
WARNING">MÉDIA GERAL DOS RESULTADOS</A>

        <A HREF=" ../SCRIPTS/SAIR.PHP" CLASS="BTN BTN-
PRIMARY">SAIR DO SISTEMA</A>

        <DIV CLASS="CLEARFIX" STYLE="MARGIN-TOP:
15PX;"></DIV>

        <?PHP IF ($USUARIO->COMENTARIO == 0 && $USUARIO-
>FINALIZADO == 1) { ?>

            <A HREF="COMENTARIO.PHP" CLASS="BTN BTN-
DANGER TEXT-CENTER">DEIXE AQUI SUA AVALIAÇÃO SOBRE O
SISTEMA</A>

            <?PHP } ?>

        </DIV>

    </DIV>

    <!-- /.COL-LG-12 -->

</DIV>

<!-- /.ROW -->

</DIV>

<!-- /#PAGE-WRAPPER -->

</DIV>

<!-- /#WRAPPER -->

</DIV>

<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/JQUERY.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/BOOTSTRAP.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/RAPHAEL-MIN.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT SRC=" ../BOOTSTRAP/JS/MORRIS.MIN.JS"></SCRIPT>
<SCRIPT TYPE="TEXT/JAVASCRIPT">

    $(FUNCTION() {

        MORRIS.BAR({

            ELEMENT: 'MORRIS-BAR-CHART',

```

```
DATA: [  
    {Y: 'CATEGORIA A', A: <?PHP ECHO $USUARIO-  
>CATEGORIA_A; ?>},  
    {Y: 'CATEGORIA B', A: <?PHP ECHO $USUARIO-  
>CATEGORIA_B; ?>},  
    {Y: 'CATEGORIA C', A: <?PHP ECHO $USUARIO-  
>CATEGORIA_C; ?>},  
    {Y: 'CATEGORIA D', A: <?PHP ECHO $USUARIO-  
>CATEGORIA_D; ?>},  
    {Y: 'CATEGORIA E', A: <?PHP ECHO $USUARIO-  
>CATEGORIA_E; ?>}  
],  
XKEY: 'Y',  
YKEYS: ['A'],  
LABELS: ['TOTAL'],  
HIDEHOVER: 'AUTO',  
RESIZE: TRUE  
});  
});  
</SCRIPT>  
</BODY>  
</HTML>
```

ANEXO 5 – MODELOS EXTRAÍDOS DA GALERIA WEB – CEMIG:

ILUSTRAÇÃO 1 – 138KVCHAVESECCIONADORA

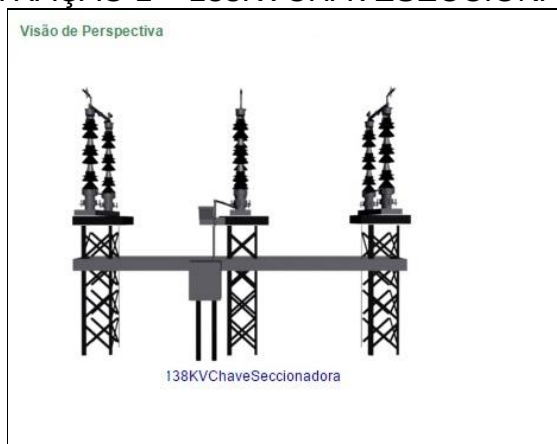


ILUSTRAÇÃO 2 – 138KVBARRAMENTO



ILUSTRAÇÃO 3 – 138KVCHAVEPANTOGRAFICA



ILUSTRAÇÃO 4 – 138KVDISJUNTOR_1



ILUSTRAÇÃO 6 – 138KVDISJUNTOR_2



ILUSTRAÇÃO 7 – 138KVPARARAIOS

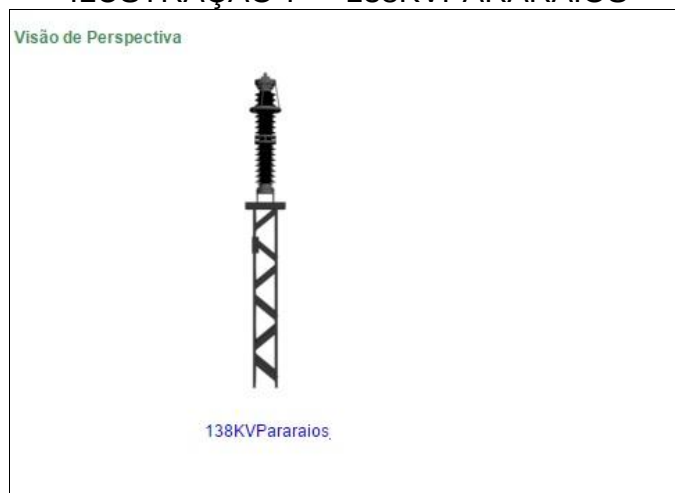


ILUSTRAÇÃO 8 – 138KVTC

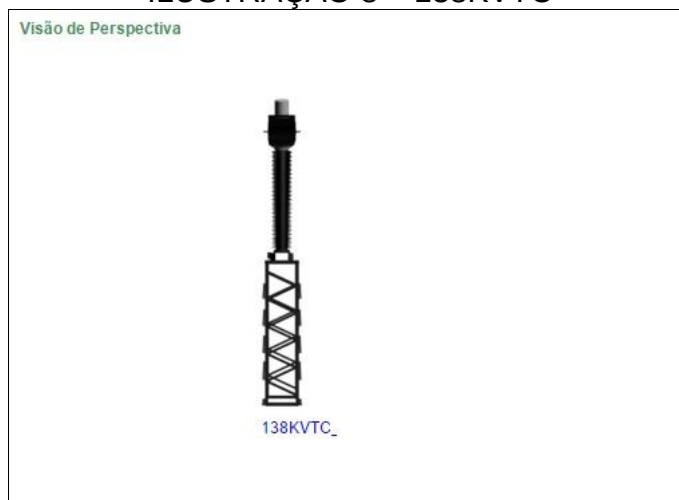


ILUSTRAÇÃO 9 – 138KV TORRE



ILUSTRAÇÃO 10 – 138KVTP



ILUSTRAÇÃO 11 – 138KVTRANSFORMADOR



ILUSTRAÇÃO 12 – ANTENATELECOMUNICAÇÕES



ILUSTRAÇÃO 13 – 500KVBARRAMENTO



ILUSTRAÇÃO 14 – 500KV DISJUNTOR Y



ILUSTRAÇÃO 15 – 500KV PARABOLICA



ILUSTRAÇÃO 16 – 500KV PARARAIO



ILUSTRAÇÃO 17 – 500KVREATOR



ILUSTRAÇÃO 18 – 500KVSUPORTE



ILUSTRAÇÃO 19 – 500KVTC



ILUSTRAÇÃO 20 – 500KV TORRE DE COMUNICAÇÕES

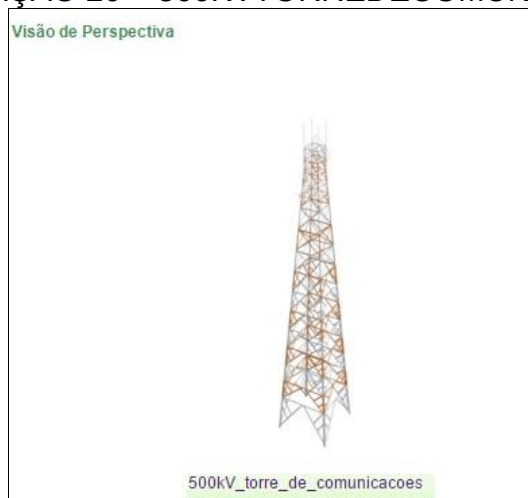


ILUSTRAÇÃO 21 – 500KV TORRE DE TRANSMISSÃO

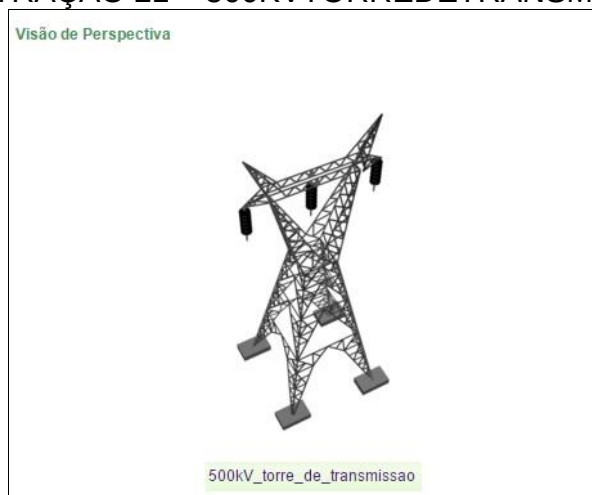


ILUSTRAÇÃO 22 – 500KV TP



ILUSTRAÇÃO 23 – 500KVTRAFO



ILUSTRAÇÃO 24 – 500KVTRANSFORMADORILUMINAÇÃO

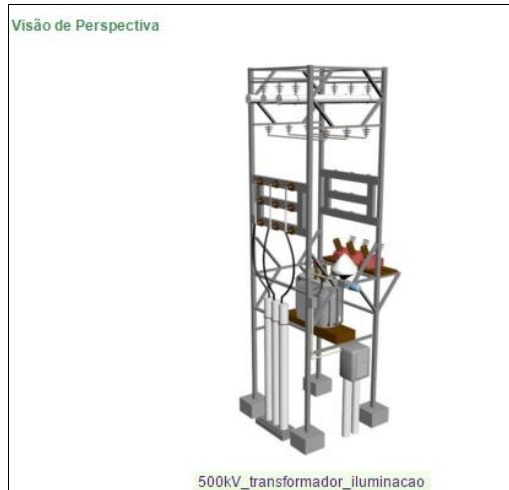


ILUSTRAÇÃO 25 – BOBINABLOQUEIO

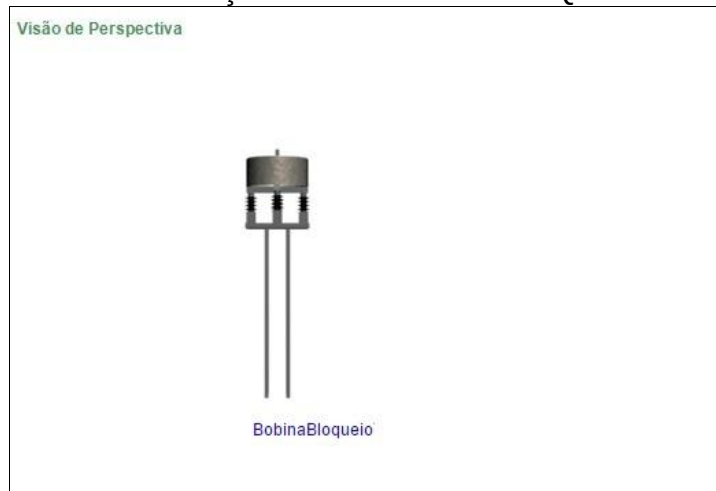


ILUSTRAÇÃO 26 – DISJUNTOR T



ILUSTRAÇÃO 27 – 500KV DISJUNTOR YY



ILUSTRAÇÃO 28 – ISOLADOR



ILUSTRAÇÃO 29 – BOBINA BLOQUEIO

Visão de Perspectiva



BobinaBloqueio

ILUSTRAÇÃO 30 – 138KVTC

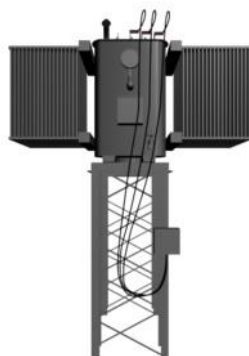
Visão de Perspectiva



138KVTC_

ILUSTRAÇÃO 31 – TENSÃO AUXILIAR

Visão de Perspectiva



TensaoAuxiliar_

ANEXO 6 – EXEMPLOS MODOS DE VISUALIZAÇÃO extraídos do AMBIENTE RV CEMIG

ILUSTRAÇÃO 32 – VISÃO DE TOPO



ILUSTRAÇÃO 33 – VISUALIZAÇÃO COM MINI MAPA DE NAVEGAÇÃO



ILUSTRAÇÃO 34 - VISÃO LATERAL



ILUSTRAÇÃO 35 - VISÃO FRONTAL

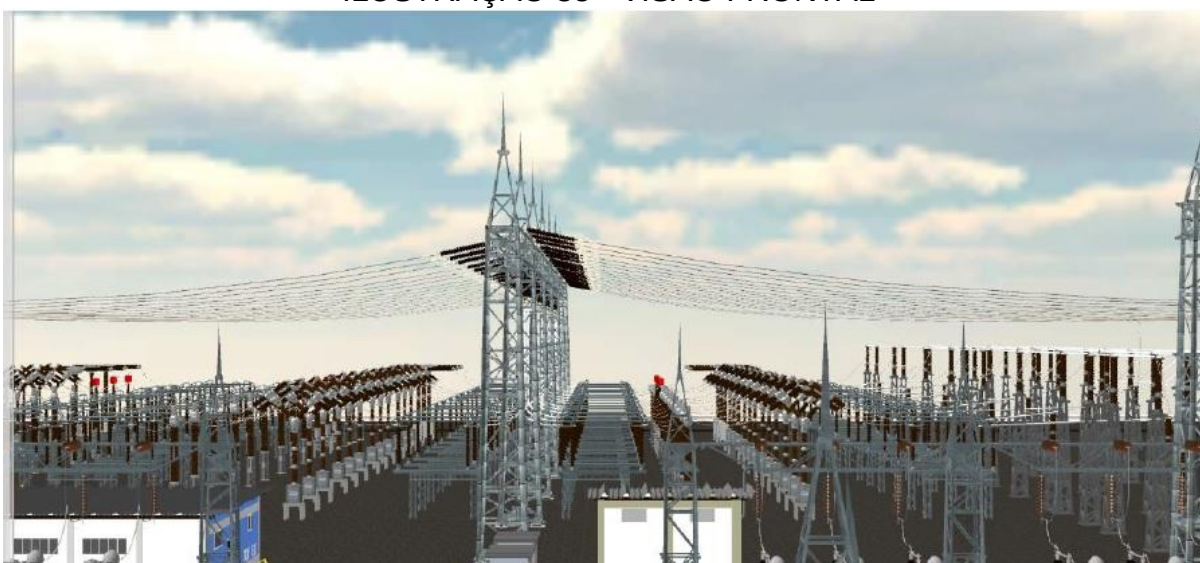


ILUSTRAÇÃO 36 – MENU DE INTERFACES



ILUSTRAÇÃO 37 – VISUALIZAÇÃO DO MENU DE CAMADAS ATIVAS

