5CONTECSI June 04 - 06, 2008 São Paulo, Brazil

5th International Conference on Information Systems and Technology Management
5º Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistema de Informação
De 04 a 06 de Junho de 2008 - São Paulo - Brasil

PS-1057

PROPOSAL OF A CLASSIFICATION SCHEME

Joselice Ferreira Lima (Centro Federal de Educação Tecnológica de Januária CEFET Januária – Minas Gerais – Brasil) - Joseliceflima@yahoo.com.br
Carlos Augusto Paiva Martins (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC MG – Minas Gerais – Brasil) - Caps@pucminas.br
Luiz Danilo Barbosa Terra (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC MG – Minas Gerais – Brasil) - ldanilo@pucminas.br

The purpose of this article is to present a review of literature on the theory of classification and the process of classifying the laboratories, and from this content, propose a classification schema. The laboratories are considered areas of work for tests and experiments, indispensable activities to the professional formation in the area of Engineering. Thus, it was used in literature to explore the concepts already used and, through this theoretical analysis, proposed a Laboratories Classification Scheme (ECL - in Portuguese). This article argues that consider two classes of laboratories - real and virtual - creates problems in the classification. Since the problems observed, the work is directed to the goal of developing the ECL, considering its components, according to its natural characteristics, that is able to encompass all kinds of laboratories. The scheme is flexible, allowing the inclusion of new laboratories categories. The ECL checking results in didactic laboratories of the Engineering Electric graduation course have been successful, as well as the comparative analysis with some other laboratories classification schemas. The main contribution of this research consists precisely on the proposition of a Laboratories Classification Schema.

Keywords: process of classifying, classification scheme; classification of laboratories; laboratories: real, virtual and hybrid.

PROPOSTA DE UM ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO

A proposta deste artigo é apresentar uma revisão de literatura sobre teoria da classificação e o processo de classificar os laboratórios e, a partir deste conteúdo, propor um esquema de classificação. Os laboratórios são considerados espaços de trabalho para a realização de ensaios e experimentos, atividades indispensáveis à formação profissional na área de Engenharia. Dessa maneira, utilizou-se da pesquisa bibliográfica para explorar os conceitos já utilizados e, através desta análise teórica, propôs-se um Esquema de Classificação de Laboratórios (ECL). Este artigo sustenta que considerar duas classes de laboratórios – real e virtual – gera problemas na classificação. A partir dos problemas observados, o trabalho se direcionou para o objetivo de desenvolver o ECL, considerando os seus componentes, segundo suas características naturais, que seja capaz de contemplar todos os tipos de laboratórios. O esquema é flexível, permitindo a inclusão de novas classes de laboratórios. Os resultados da verificação do ECL em laboratórios didáticos do curso de graduação em Engenharia Elétrica foram positivos, assim como a análise comparativa com outros esquemas de classificação de laboratórios. A principal contribuição desta pesquisa consiste justamente na proposição do Esquema de Classificação de Laboratórios.

Palavras-chave: processo de classificar, esquema de classificação; classificação de laboratórios; laboratórios: real, virtual e híbrido.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo desenvolve um estudo sobre o processo de classificar, em especial, a classificação dos laboratórios, destacando sua importância no contexto das Engenharias, com foco nos vários tipos oriundos da evolução tecnológica de acordo com a literatura verificada.

A arte de classificar é tão antiga quanto a humanidade. O homem sempre manifestou a necessidade de dar ordem para seu mundo e para a coisa existente. Estabeleceu uma classificação para o tempo, o espaço, e vem estendendo essa prática para todas as coisas existentes no universo.

As teorias de classificação do conhecimento derivam na sua maioria, das idéias de divisão do conhecimento de Aristóteles em que ele deu o nome de categorias às classes gerais, segundo ele, pode-se situar, ordenadamente, as idéias que temos das coisas e que constituem os gêneros supremos.

Entende-se que os sistemas de classificação do conhecimento tentam representar o universo de conhecimento que pretendem cobrir. Os sistemas de classificação vão sendo construídos em qualquer área, e é necessário a identificação de todos os elementos e processos que a envolvem, bem como sua estruturação e adequação a um sistema de classificação específico. Neste trabalho, pretende-se abordar a questão da classificação dos laboratórios, em função da não padronização. No ensino presencial ou no ensino a distância, o uso de laboratórios é uma atividade indispensável à formação do aluno, especialmente em Engenharia.

Com a evolução tecnológica, a utilização dos laboratórios passou a ter grande importância para a aplicação dos conceitos relacionados à prática nos cursos que precisam realizar experimentos. Os laboratórios agregaram novos recursos tecnológicos e, conseqüentemente, passaram a desenvolver outras funções, aderindo-se ao processo de virtualização. As aulas práticas mudam com o aumento da utilização de instrumentos com controle, em que o operador tem de ajustar os instrumentos físicos tradicionais que executavam tarefas específicas. Com isso, os instrumentos foram se aderindo ao processo de virtualização e acoplando outros módulos padronizados para a aquisição de dados (Hahn *et al.,* 2000; e Steidley *et al.,* 2005). As áreas de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Elétrica utilizam-se largamente desses recursos, principalmente os programas de simulação, como meio de realizar seus ensaios e experimentos (Queiroz *et al.,*1998; Rong, 2005).

O espaço do laboratório deixou de ser considerado meramente como um local, assumindo uma dimensão temporal, com o advento das redes de comunicação, agregando, novas tecnologias e diversificando sua atuação (Lima, 2006). Com isso, outros tipos de laboratórios surgiram para atender à demanda existente, como os laboratórios virtuais, os laboratórios remotos e os laboratórios virtuais remotos, com o uso da web, para que os estudantes interagissem com o material do curso como reforço na aprendizagem. (Fujii *et al*., 2005).

Lima e Medrado *et al*. (2005) comentam que os laboratórios virtuais adquiriram espaço no meio acadêmico. Com o avanço da educação a distância, a demanda por este tipo de laboratório aumenta com o propósito de suprir deficiências na realização de aulas práticas, que são fundamentais para o desenvolvimento do aluno.

Considerando que os laboratórios passaram a agregar novas tecnologias e a readaptar funções, incorporando recursos, independente de espaço físico, entende-se que eles precisam ser reorganizados, de forma que cada um possa ser identificado de acordo com sua classe, para que possa ser restabelecida a sua ordem natural. Constatou-se que, na

maioria das vezes, tais incoerências aconteciam em função da existência de apenas duas classes: real e virtual.

Por essa abordagem, o **objetivo inicial** deste artigo consiste em defender que a existência de apenas duas classes de laboratórios causa problemas na classificação. A partir desse apontamento, indica-se uma proposta de solução, mediante a da criação de uma terceira classe de laboratórios.

Dessa maneira, este trabalho se compromete com a resolução de um **problema motivador** principal: necessidade de um esquema de classificação para laboratórios em que se propõe a elaborar um esquema de classificação de laboratórios, fundamentado no fato de que o processo de classificar é restabelecer a ordem natural das coisas, assunto ou objetos. Por isso, decidiu-se pela utilização dos princípios da teoria da classificação, que pode propiciar o desenvolvimento de esquemas de classificação de laboratórios utilizando as características naturais dos seus componentes e mostrando a sua real composição, a partir dos critérios de classificação.

Define-se aqui como **objetivo principal** do artigo o desenvolvimento de um Esquema de Classificação de Laboratórios (ECL).

Assim, fixa-se como fronteira para o trabalho a proposta de um esquema de classificação de laboratórios que será verificado com a utilização de laboratórios didáticos utilizados nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica. Dessa maneira, procura-se demonstrar que a **relevância** da pesquisa está em apresentar uma proposta de esquema de classificação dos laboratórios em que tem o seu desenvolvimento orientado para o alcance dos objetivos e metas propostos, que será organizado conforme apresentação no próximo tópico.

Este artigo está subdividido nos seguintes tópicos: esta Introdução, a Metodologia, a Teoria da Classificação, Laboratório no Contexto das Engenharias, Proposta de Desenvolvimento de Esquema de Classificação de Laboratórios e a Conclusão.

2. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica é importante, por ser um método que implica a seleção, leitura e análise de textos relevantes a proposta. O desenvolvimento do estudo apóia-se na revisão bibliográfica sobre as teorias da classificação, em que se levam em consideração o tempo e o espaço em que viveram e suas influências.

Para responder ao problema de pesquisa serão feito estudos com base na teoria da classificação da Ciência da Informação, que se referencia na técnica de estabelecer classes de acordo com uma estrutura de hierarquias. A partir do embasamento teórico, pretende-se formular a proposta de um esquema de classificação que será **verificado** a partir de sua aplicação na classificação de laboratórios didáticos usado no curso de graduação em Engenharia Elétrica. O **método** para a verificação da proposta do esquema de classificação privilegiará a análise comparativa com outros tipos de esquemas de classificação encontrados na literatura referenciada, em comparação com o esquema de classificação ora proposto.

3. TEORIA DA CLASSIFICAÇÃO

Primeiramente, o termo *classificar* (do latim *classe* + ficar) pode ser definido como "distribuir em classes e/ou grupos, segundo sistema ou método de classificação; Determinar as categorias que divide e subdivide um conjunto de conceitos, objetos, coisas;

Identificar, qualificar". Por *classificação,* entende-se o "ato ou efeito de classificar" (FERREIRA, 1996). Para as áreas de estudos da Biblioteconomia e Ciência da Informação, o ato de classificar está relacionado com qualquer sistema de símbolo representativo do ramo do conhecimento usados em bibliotecas para distribuir em classes e subclasses de acordo com os respectivos assuntos, cuja classificação consiste em agrupar conceitos com características semelhantes.

Uma *classe* consiste em um número de elementos quaisquer (objetos e idéias) que possuem alguma característica comum pela qual devem ser diferenciados de outros elementos e, ao mesmo tempo, constitui sua própria unidade. A determinação e a seleção das classes que compreendem um esquema de classificação estão essencialmente relacionadas com as necessidades de utilização de cada esquema que possa permitir a distinção entre objetos (TRISTÃO *et al*., 2003).

Para Kaula (1982), a classificação tem sido colocada como a reunião de entidades semelhantes e a separação das não afins. Shera (1957) comenta que muitos autores utilizaram a classificação para compreender e analisar o conhecimento e que eles interpretaram o significado da classificação de diferentes modos. Por exemplo, Aristóteles[1] concebeu-a como um "exercício mental", mencionando os "predicáveis" em seu *Organon,* que foram chamados de "categorias[2]" (KAULA, 1982). Ao longo da história da criação dos esquemas de classificação, muitos tiveram sua origem no modelo de classificação do conhecimento ou nos modelos de organização do conhecimento concebidos a partir da interpretação do que existia naturalmente em todas as áreas do conhecimento ou em uma área específica do conhecimento, sempre de acordo com a necessidade de se classificar alguma coisa, que resultou em dois modelos básicos: a) classificação do conhecimento; e b) classificação de assunto utilizado amplamente para a organização de informações em bibliotecas e centros de informações, principalmente.

O ato de classificar significa estabelecer classes, de acordo com uma estrutura de categorias e ou hierarquias. Segundo Campos (2001), atualmente a classificação não pode mais ser vista em seu sentido restrito de estruturas hierárquicas. Corroborando esse raciocínio, a Federação Internacional de Documentação/Comitê Técnico de Pesquisa de Classificação (FID/CR̃) define classificação como "qualquer método de reconhecimento de relações genéricas ou outras, entre itens de informação, não importando o grau de hierarquia usada, nem se aqueles métodos são aplicados em conexão com sistemas de informação tradicionais ou computadorizados". Dessa maneira, a classificação pode ser tanto para organizar a informação quanto para ser aplicada a todo e qualquer processo de organização de objetos ou coisas ou assuntos. **Este é o princípio que adotaremos em nossa proposta de esquema de** classificação dos laboratórios.

3.1 Princípios da teoria da classificação

Quando se classifica, está-se agrupando objetos iguais e separando aqueles que são diferentes. Os objetos agrupados compartilham características naturais semelhantes. Por isso, fazem parte da mesma categoria de objeto. No processo de classificação, as características constituem a base do processo de classificar. É a partir das características naturais dos objetos que será desencadeado o processo. As características **naturais** são baseadas nos elementos intrínsecos ao objeto e são imutáveis – por exemplo, gênero: masculino ou feminino; animais: racionais ou irracionais. As características **artificiais** são aquelas que podem sofrer alterações ao longo do tempo – por exemplo, peso, altura,

[1] Aristóteles (282-322 a.C), filósofo grego.
[2] (1) Gênero; (2) Espécie; (3) Diferença; (4) Propriedade; e (5) Acidente.

medidas. A base para a classificação deve seguir as características naturais dos objetos, na medida em que apresentam um esquema fixo ou o menos mutável possível.

Outro conceito a ser trabalhado no processo de classificação é o de definição de categoria. Dahlberg, citada por Campos (2001:103), utiliza a noção de categoria como um recurso para compreender dois aspectos: a) a natureza do conceito; e b) a criação do esquema (modelo) de classificação do conhecimento em uma determinada área. Esses dois aspectos são complementares.

Conceitualmente, c*ategoria,* do grego *Kategoría*, "atributo", pelo latim *categoria*. "S. f. 1. Caráter, espécie, natureza. Série, grupo. Classe. Hierarquia social ou administrativa. Hist. Filos. Segundo Aristóteles (v. aristotelismo) predicado de uma proposição. Segundo Kant (v. kantismo), o conjunto dos conceitos fundamentais do entendimento" (FERREIRA, 1976).

As categorias passam a ser abordadas nos estudos de esquemas de classificação do conhecimento para significar a idéia de grandes classes do conhecimento, espelhando o próprio desenvolvimento científico, em que a idéia de classe já não satisfaz um modelo padrão de classificação do conhecimento. Os conceitos já não são tão estanques ou definitivos; eles "passeiam" ou perpassam por áreas do conhecimento diferentes e com definições que são particulares para a área contextualizada. Daí porque a categoria de assunto, entendido como grande classe de assunto, veio servir como princípio norteador para situar o conceito em uma área do conhecimento. Por exemplo, o conceito de "computador" perpassa por várias áreas do conhecimento: na Ciência da Computação, vai posicionar-se em uma classe específica, por exemplo, "ferramenta", ou "equipamento", ou "produto"; na Educação, vai pertencer a classes diferentes, que podem ser, por exemplo, "ferramenta didática" ou "instrumento didático".

A utilização da idéia de categoria para organizar os conceitos foi introduzida por Ranganathan, a partir da teoria de classificação, orientada para a análise e organização dos assuntos. É representada nos documentos a categoria que permite que os conceitos possam estar reunidos em classes segundo a sua natureza, isto é, propriedade, entidade, processo, formando um todo coeso (CAMPOS, 2001; e DODEBEI, 2002).

Segundo O Dicionário Aurélio básico, "conceito (do latim *conceptual*) é a representação de um objeto pelo pensamento, por meio de suas características gerais, abstração, caracterização, pensamento, idéia, concepção, apreciação e julgamento". "Conceituar" significa "formular um conceito" (FERREIRA, 1976). Campos (2001:101) menciona que Dahlberg, uma das principais pesquisadoras sobre classificação, define conceito como "unidade de pensamento", pertencente a várias áreas do conhecimento.

No curso da história, seguindo a evolução da ciência e, conseqüentemente, do conhecimento, o engenheiro eletrotécnico austríaco Wuster, na década de 1930, iniciou estudos para organizar a terminologia da área de eletrotécnica, com o objetivo de criar uma univocidade na comunicação técnica. Seu trabalho resultou na proposta de criação da teoria geral da terminologia (TGT), que trata dos conceitos de uma linguagem técnica e seus relacionamentos numa área específica (CAMPOS, 2001:60).

A abordagem de conceito de Dahlberg vai ao encontro da definição proposta por Wuster, que chama de conceito uma unidade do pensamento. No entanto, em trabalho publicado em 1978 amplia essa definição, propondo que conceito seja definido como "unidade de conhecimento", pois conhecimento pressupõe um entendimento mais objetivo de algo observável. A definição objetiva de Wuster é justificada pela própria empregabilidade da TGT, que é a construção de terminologias para a padronização de linguagem, o que exige uma objetividade científica – neste caso, o conhecimento existente sobre determinado objeto ou coisa. Enquanto Dahlberg destaca a compreensão, o

entendimento, o pensamento que se faz de determinada coisa ou objeto, Wuster já aborda o uso do conhecimento que existe sobre o conceito, sendo finalmente empregado e sistematizado em uma terminologia própria, quer dizer, uma ferramenta de auxílio para a compreensão da área, como é o caso da nossa proposta. Os conceitos, como base no processo classificatório, são definidos ou entendidos a partir das suas características.

Características, para Dahlberg, citada por Campos (2001:104), são propriedades do objeto que, no nível de conceito, passam a ser também características do conceito. Ambas se dividem em: a) características necessárias, essenciais – servem para definir conceitos gerais; e b) características acidentais – servem para descrever os conceitos específicos e individuais, adicionando as características essenciais.

Sob o ponto de vista de Campos (2001:122), os conceitos se relacionam entre si por meio das características comuns que existem entre eles. As características é que determinam o tipo de relação que se evidencia entre dois ou mais conceitos.

Para o agrupamento dos conceitos em classes de assunto, é necessário definir os conceitos, pois a partir da definição é que se podem obter as características do conceito que constituem a base do processo classificatório. O conjunto das características ou de enunciados verdadeiros sobre um objeto ou coisa é que permite a sua definição ou sua representação como conceito.

O Dicionário Aurélio básico traz o seguinte enunciado sobre "definição": "do latim *definitione*, S.f. Ato de definir; determinação exata. Explicação precisa, significação. Determinação da compreensão de um conceito. Definição por abstração, inclusão de um objeto símbolo ou função em uma classe, pela determinação das condições sob as quais o objeto por definir se iguala a qualquer da referida classe".

A definição é um elemento importante para a compreensão do conceito e para posicioná-lo em um sistema de conceitos (CAMPOS, 2001: 125). A TGT mostra "definição" com um destaque merecido que tal conceito deve ter no processo de fixação dos conceitos, destacando a função que a definição tem para o posicionamento do conceito ou de um sistema de conceito.

3.2 Teoria geral da terminologia

Wuster, a partir de seus estudos sobre a criação de uma terminologia para a área de Eletrotécnica, elaborou os princípios da TGT, considerada uma disciplina científica, que cria uma base para o trabalho terminológico científico e tecnológico, a partir da fixação de conceitos, visando à elaboração de definições orgânicas capazes de possibilitar a comunicação mais precisa entre especialistas das diversas áreas do conhecimento, preparando-os para uma melhor correspondência entre conceitos e termos no âmbito da Ciência e da Tecnologia (CAMPOS, 2001:66).

Gomes (1996), comenta que o *termo* é uma palavra ou um grupo de palavras que designa um conceito, guardando com ele uma relação unívoca.

Dahlberg (1978), Gomes e*t al.* (1990), e Campos (2001) destacam a importância da TGT para o sistema de classificação, enfatizando, o postulado de Wuster, segundo o qual "os termos de uma área de assunto se relacionam como um sistema".

As relações existentes entre os conceitos são estabelecidas por suas características e definições. Genericamente, as relações entre conceitos podem ser: a) **hierárquicas;** ou b) **não hierárquicas**. As relações hierárquicas mais conhecidas são as de gênero e espécie, como na zoologia e na botânica. As relações não hierárquicas mais comuns são as de equivalência e as de associação. As primeiras são representadas pelos sinônimos de um mesmo conceito – por exemplo, prédio/edifício, casa/residência, ONU/Nações Unidas. As

últimas são fáceis de ser associadas a outros conceitos quando abordados em um contexto – por exemplo, planeta Terra/Sistema solar.

Wuster propõe que as relações entre conceitos podem ser divididas em dois grupos: a) **das relações lógicas** – com base na similaridade das características entre os conceitos; e b) **das relações ontológicas –** que são observadas nos objetos individuais. O conceito de definição na TGT é reconhecido como uma forma de descrição do conceito, porém a definição é a chave para o trabalho científico. A definição possibilita, além da fixação do conceito, seu posicionamento no próprio sistema de conceito ou no sistema de classificação proposto para classificar um conjunto de conceitos, juntamente com as características do conceito. Os esquemas de classificação tradicionais são construídos tendo por base uma estrutura hierárquica de conceitos, com ênfase nas subdivisões macros, em categorias. Nas categorias, têm-se classes mais específicas e menores, relativamente amplas, que podem ser limitadas para a combinação entre classes ou para expressarem conteúdos complexos, (DAHBERG, 1978; GOMES e*t al.,* 1990; CAMPOS, 2001; DODEBEI, 2002; TRISTÃO *et al.,* 2003).

Os sistemas de classificação vão sendo construídos em qualquer área, e é necessária a identificação de todos os elementos e processos que a envolvem, bem como sua estruturação e adequação a um sistema de classificação específico.

Muito tem sido escrito sobre as características dos laboratórios, mas muitas destas características são contundentes, dificultando o processo de classificação. Diante de tal situação é que estamos propondo este estudo através da elaboração de um esquema de classificação. Mesmo que outros esquemas de classificação de laboratórios tenham sido concebidos, seus autores ou criadores não divulgaram a preocupação em embasar em qualquer teoria sobre eles, nesse sentido, a base para a proposta de classificação está na teoria da classificação da Ciência da Informação.

4 LABORATÓRIOS NO CONTEXTO DAS ENGENHARIAS

A área de Engenharia Elétrica lida com um alto grau de abstração. Os engenheiros eletricistas são continuamente forçados a buscar formas de representar conceitos abstratos, como campo elétrico e campo magnético (Souza *et al.* (2001). Nesse contexto, ganham importância as atividades didáticas voltadas para a modelagem, visualização, simulação e experimentação (Macias *et al.,* 2001; Kocijancic *et al*., 2002; e Rong, 2005). No ensino presencial ou no ensino a distância, o uso de laboratórios é uma atividade indispensável à formação do aluno, especialmente em Engenharia.

Desenvolvem-se rapidamente na comunidade interessada no uso de tecnologia na educação os laboratórios acessados via Internet ou, simplesmente, laboratórios virtuais (Macias *et al.,* 2001; Stevanoviae *et al.,* 2004). De acordo com Souza (2001), essa denominação genérica engloba, na realidade, classes distintas de laboratórios.

As instituições de ensino cujos cursos apresentam necessidades de experimentação laboratorial têm enfrentado muitas dificuldades para realizar aulas práticas. Se, de um lado, a utilização de novas tecnologias associadas aos sistemas de comunicação proporciona um avanço sem precedentes na área da educação e na do P&D[3], pela difusão rápida do conhecimento, de outro, exige-se maior investimento na construção de laboratórios e na aquisição de equipamentos, às vezes, com soluções específicas para um determinado curso ou, até mesmo, para uma disciplina (SOUZA *et al.,* 2001; FAMILIA, 2005)

[3] Pesquisa e Desenvolvimento

Nesse sentido, entende-se que todos os tipos de laboratórios apresentam vantagens e desvantagens. A escolha do tipo a ser implementado deve considerar a sua aplicabilidade e usabilidade de acordo com a demanda. Desse modo, Lima (2006), sustenta que o laboratório virtual surge como elemento cooperador na área de ensino, na área de P & D (pesquisa e desenvolvimento) e na área de extensão.

Segundo Fernandez *et al.* (2000), o ambiente que permite o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios remotamente é chamado de "**laboratório virtual**".

São considerados **laboratórios virtuais**, de acordo com Souza *et al.* (2001), os laboratórios que existem apenas nos arquivos de um sistema de computação, e todos os seus equipamentos são desenvolvidos por meio de recursos de simulação, modelagem e visualização.

Já Nedic *et al.* (2003) argumentam que os **laboratórios remotos** são uma das melhores opções em relação aos laboratórios reais, porque, se projetados adequadamente, podem oferecer: telepresença de um laboratório, desempenho no experimento como se fosse no laboratório real, colaboração, aprendizagem pela experimentação e pelo erro, análise do desempenho dos experimentos e flexibilidade de tempo.

Em Deniz *et al.* (2003) defendem que os **laboratórios virtuais remotos** relacionam-se aos ambientes de *software* que funcionam com as experiências, interagindo com os dispositivos reais, o que permite que os usuários remotos se comuniquem com os dispositivos à medida que se ativa a instalação da experimentação para fazer experiências em um sistema real. Os laboratórios virtuais remotos são uma síntese "da natureza distribuída e interativa de laboratórios virtuais" e da "realidade de laboratórios reais".

Nedic *et al.* (2003), em seu trabalho *Remote Laboratories Versus Virtual and Real Laboratories*, comparam os laboratórios: real, virtual e remoto, e indicam as vantagens e desvantagens de cada um (quadro 1).

Quadro 1 – Comparação entre os laboratórios: real, virtual e remoto

Tipo de laboratório	Vantagens	Desvantagens
Real	- dados real - interação com o equipamento - trabalho colaborativo - interação com o supervisor	- limitações de tempo e lugar - requer programa - custo alto - requer supervisão
Virtual	- bom para explanação de conceito - não existe limitação de tempo ou lugar - meio interativo - baixo custo	- dados idealizados - falta colaboração - não há interação com o equipamento
Remoto	- interação com o equipamento é real - dados real - não há limitação de tempo e lugar - custo médio	- somente presença virtual no laboratório.

Fonte: Nedic *et al*. (2003).

Todos os tipos de laboratórios apresentam vantagens e desvantagens. A escolha do tipo a ser implementado deve considerar a sua aplicabilidade.

4.1 Classificação dos laboratórios virtuais

A seguir, relacionam-se trabalhos que apresentam esquemas de classificação de laboratórios virtuais encontrados na literatura: Stimson *et al*. (1997) e Queiroz (1998). Existem outros trabalhos; entretanto, devido à dimensão da pesquisa, optou-se por abordar estes, em função da proposta desta pesquisa.

Para Stimson *et al*. (1997), os laboratórios virtuais envolvem "aprender pela experimentação, pela investigação ou pela observação", permitindo que os estudantes alcancem suas próprias conclusões, individualmente ou em grupo. A partir da classificação dos ambientes virtuais no processo de aprendizagem, Stimson *et al*. (1997) propõe-se a classificar os laboratórios virtuais com base nos estudos de Diana Laurillard, em 1993, voltados para ambientes virtuais. Os autores expõem os diferentes tipos de laboratório virtual, ressaltando os benefícios, os riscos e os custos educacionais.

Num processo de classificação, dois laboratórios podem usar as mesmas tecnologias mas conter assuntos diferentes e apresentar os conteúdos e meio de interação de diferentes modos. Os autores se preocupam com o interesse em relação aos benefícios relativos às formas como os diferentes laboratórios virtuais podem apresentar os conteúdos. Daí receberam as seguintes classificações: de hipermídia; de simulação; tutorial de simulação; de realidade virtual; de aprendizagem discursiva; remoto sem manipulação; e remoto com manipulação (quadro 2).

Quadro 2 – Classificação dos laboratórios virtuais proposta por Stimson *et al*. (1997)

	Característica	**Hiper mídia**	**Simu lação**	**Tutori al de simu lação**	**Reali-dade virtu-al**	**Apren diza gem discur siva**	**Remoto sem manipu lação**	**Remoto com manipula ção**
Lab-1	Texto, gráficos, som, vídeo e animações.	XXX						
Lab-2	Simulador.		XX					
Lab-3	Tutorial, simulador.			XXX				
Lab-4	Tutorial, simulador e imersão no ambiente virtual por meio de sensores (capacetes, luvas...)				XXX			
Lab-5	Chat, e-mail, vídeo conferência.					XXX		
Lab-6	Apresenta ensaios e experiências para análise e observações virtuais, mas não há manipulação das experiências.						XXX	
Lab-7	Permissão para a realização dos ensaios, experimentos utilizando os recursos disponíveis a distância, até mesmo experiências compartilhadas.							XXX

Este esquema de classificação baseou-se na proposta de classificação de ambientes virtuais para propor a classificação dos laboratórios virtuais, levando em conta o modo como são apresentados os conteúdos nos laboratórios.

Para Queiroz (1998), existe falta de uma definição quanto à expressão *laboratório virtual*. Por isso, ele propõe uma classificação de acordo com a forma como se apresenta ao usuário: é um laboratório que não existe mas que contém as condições essenciais à sua realização. Apesar de não existir, é capaz de simular um laboratório real.

A proposta de classificação dos laboratórios virtuais depende da forma como são apresentados ao usuário ou do nível de interação entre o aluno e o ambiente remoto. A

classificação proposta foi de telepresença real, simulação e hipermídia de acordo com o quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos laboratórios virtuais proposta por Queiroz (1998)

Laboratórios	Características do laboratório	Hipermídia	Simulação	Telepresença real
Laboratório 1	Fotos, textos ou vídeo sobre o assunto	XXX		
Laboratório 2	Fotos, textos, microscópio virtual		XXX	
Laboratório 3	Fotos, testos, animações microscópio real acessado em outro local			XXX

Neste esquema, Queiroz (1998) procura mostrar a classificação de laboratórios virtuais, não se preocupando com a categoria "laboratórios". Outro ponto a salientar é que no processo de classificação apresentado não existiu qualquer preocupação em fundamentar a proposta de classificação de modo claro. A contribuição restringe-se a apresentar a classificação a partir da maneira como é apresentada ao aluno ou do nível de interação entre o aluno e o ambiente remoto.

Lima *et al.* (2005) explica que, ao ser definido, o objeto laboratório virtual, na maioria das vezes, é confundido com outros tipos de laboratórios. Existem autores que afirmam que o laboratório virtual é desenvolvido para conduzir experimentos simulados; ou seja, são simuladores de coisa real. Outros defendem que é o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios realizados de forma remota. E, ainda, há outros que argumentam que se trata de demonstrativos interativos sofisticados. Percebe-se que não existe uma definição padronizada sobre esses laboratórios. Ocorrem, então, uma mistura de termos e conceitos que, em alguns casos, leva a contradições no que se refere a "ser virtual".

A utilização dos recursos tecnológicos por meio de laboratórios virtuais é recente, como observam Stimson *et al.* (1997), cujo trabalho aponta os seguintes problemas: necessidade de padronização dos laboratórios virtuais na definição; e necessidade de uma classificação. Outros pesquisadores, como Queiroz (1998), Vary *et al*. (2000) e Família (2005), relatam a necessidade de uma classificação, ou taxonomia, para os laboratórios virtuais.

Dessa forma, decidiu-se pela classificação dos laboratórios em função das características naturais dos seus componentes, em que, a partir da sua identificação, ou agrupamento dos componentes, classifica-se de acordo com os critérios definidos. A análise das características dos componentes, ou dos grupos de componentes, permite definir a classe em que o laboratório será inserido: real, virtual ou híbrida. Desse modo, o esquema abrange a categoria de laboratórios, na medida em que passa a contemplar novas demandas de classe para atender às exigências do que está sendo classificado. Assim, o processo de classificação vai se organizando a partir dos componentes com os quais o laboratório é formado.

A seguir, o trabalho aborda a discussão sobre a questão das classificações dos laboratórios como base no processo de classificar.

5 PROPOSTA DE ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE LABORATÓRIOS

O processo de classificar um laboratório constitui-se em tarefa complexa, pois envolve uma série de objetos que o compõem. Para obter uma classificação em que se possa acompanhar passo a passo o processo que se está utilizando, é importante utilizar um esquema de classificação.

É neste universo de discurso que será apresentada a proposta do esquema de classificação de laboratórios, utilizando-se as idéias da classificação do conhecimento na sua estrutura, bem como os conceitos de categoria, classe, grupo.

O esquema proposto será apresentado por meio de hipóteses de solução, com o objetivo de facilitar a compreensão. Para isto, serão utilizados quatro laboratórios didáticos do curso de graduação em Engenharia Elétrica para a apresentação, análise e exemplificação das hipóteses.

Para tentar solucionar os problemas apresentados e buscar um consenso sobre a necessidade de uma classificação dos laboratórios virtuais, apresentam-se, a seguir, laboratórios didáticos, todos utilizados nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica.

● LAB 1. É um laboratório didático de máquinas elétricas, cujo objetivo é permitir a realização de diversos tipos de experimentos com motores. Por meio de ensaios, é possível determinar o rendimento de um motor, o torque, seu desempenho e suas características elétricas. Tem material de apoio para auxiliar a realização das práticas laboratoriais. Todos os componentes são reais. Conforme apresentado no Quadro 1.

● LAB 2. É um laboratório didático, representado por um simulador que permite realizar diversos experimentos na área de eletrônica analógica. O material de apoio é disponibilizado na forma digital. Conforme apresentado no Quadro 1.

● LAB 3. Pertence à área de circuitos elétricos e incorpora características do LAB 1 e do LAB 2. Os instrumentos e equipamentos são reais e os componentes eletrônicos são virtuais. Para interligar os instrumentos ao circuito, é utilizada uma placa de aquisição de dados, cujas orientações de uso podem ser acompanhadas por meio de um tutorial em meio eletrônico. Este laboratório tem a possibilidade de acesso remoto para a realização dos experimentos a distância. Conforme apresentado no Quadro 1.

- O LAB 4 pertence à área de circuitos elétricos e incorpora características do LAB 3, entretanto tem mais recursos para a utilização a distância e a inclusão de um osciloscópio. Para interligar os instrumentos ao circuito, é utilizada uma placa de aquisição de dados, cujas orientações de uso podem ser acompanhadas por meio de um tutorial em meio eletrônico. Este laboratório tem acesso remoto para a realização dos experimentos à distância. Conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 4 – Descrição de laboratórios

LAB 1 – Máquinas elétricas	**LAB 2 – circuitos elétricos**	**LAB 3 – circuitos elétricos**	**LAB 4 – circuitos elétricos**
Motor	fonte de alimentação	fonte de alimentação	fonte de alimentação
fonte de tensão variável	transformador	placa de aquisição de dados	placa de aquisição de dados
capacitor variável	diodo	resistor	resistor
resistor variável	resistor	capacitor	capacitor
Voltímetro	capacitor	indutor	indutor
amperímetro	diodo	computador	computador
computador	zener	tutorial	tutorial
guias práticos	voltímetro	voltímetro	voltímetro
- x -	amperímetro	osciloscópio	osciloscópio
- x -	- x -	- x -	osciloscópio virtual

Considerando as propostas de classificações citadas, em que os laboratórios são classificados em duas classes – real e virtual –, apresenta-se, a seguir, o resultado da classificação do LAB 1, do LAB 2 e do LAB 3.

- LAB 1 - Tem na sua composição todos os equipamentos reais, instrumentos e materiais didáticos reais. Portanto, pertence à classe laboratório **real**.
- LAB 2 - Tem na sua composição equipamentos, instrumentos, tutorial e componentes discretos virtuais. Neste caso, constata-se que a classe à qual ele pertence é a de laboratório **virtual**.
- LAB 3 - Tem na sua composição equipamentos, instrumentos reais, instrumentos virtuais e material didático virtual e acesso remoto. Os esquemas analisados não prevêem em qual das classes deve ser incluído este laboratório, pois, simultaneamente, possui características reais e virtuais, tornando difícil a sua classificação.

A representação da classificação pode ser na forma gráfica, usando tabelas, ou por símbolos. Um laboratório pode ser classificado com um símbolo, em que este pode receber os valores de real (r) ou virtual (v), do conjunto de classes.

C = classe; r = real; v = virtual;

Classe = {C }

Em que

C € { r, v}

Desse modo, o número de classes base (NCB^4) elevado ao número de símbolos (NS) indica-se o número de combinações de classes possíveis, em que:

NC = número de classes,

$NC = NCB^{NS}$

$NC = 2^1$

NC = 2

Nesse contexto, os laboratórios exemplificados nesta hipótese foram classificados conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Classificação dos LAB 1, LAB 2 e LAB 3

Laboratório	Classe	Representação
LAB 1	Laboratório real	R
LAB 2	Laboratório virtual	V
LAB 3	**	**

** Nas propostas de classificação verificadas, existe uma predominância para aquelas que privilegiam o meio de interação, a forma de acesso e o conteúdo disponível. Diante disso, o LAB 3, que tem equipamento, instrumentos reais e instrumentos, material didáticos virtuais, ou seja, dotado de características diferentes, não fica claro como deve ser classificado. Para alguns autores, este laboratório seria classificado como "virtual"; para outros, como "real". Neste caso, entende-se que não tem uma classe definida. Dessa forma, constata-se que usar apenas duas classes – real e virtual – não permite classificar corretamente os laboratórios, conforme apresentado na classificação do LAB 3.

Conclui-se que a primeira contribuição da proposta baseia-se na constatação de que classificar os laboratórios em duas classes – real e virtual – gera falha. Neste caso, aponta-se que necessita de outra classe que possa resolver o problema.

[4] NCB – é igual ao número de elementos do conjunto pertencente à classe **c**.

A partir da análise dos problemas observados e das causas identificadas, propõe-se como solução criar uma terceira classe de laboratório para resolver os conflitos quando não existe homogeneidade na composição do laboratório, o que constitui a próxima hipótese.

Hipótese 2 – A inserção de uma terceira classe de laboratórios. Considerando que a classificação dos laboratórios – real e virtual – não apresenta a clareza, inclui-se aqui a terceira classe de laboratórios, a ”híbrida”, que contempla os laboratórios que têm estrutura heterogênea, os quais serão denominados de “laboratórios híbridos”. A inserção de uma terceira classe cria a possibilidade de classificação para os laboratórios que antes não tinham uma classe definida.

Neste contexto, considera-se:

- **Real (r) –** formado de matéria, palpável, atômica; existe fisicamente; tangível.
- **Virtual (v) –** não tem existência física; intangível; que resulta ou constitui uma emulação de componente físico, dispositivo, recurso; nasce, vive e morre no espaço virtual.
- **Híbrida (h) –** composto, ao mesmo tempo por objetos reais e objetos virtuais.

A partir da inclusão da nova classe, observa-se que a proposta apresenta a opção de classificação do LAB 3, que antes não tinha uma classe definida, em razão da sua composição ser heterogênea. No quadro 6, apresenta-se a classificação do LAB 3, com base na literatura.

Quadro 6 – Classificação do LAB 3

Laboratório: LAB 3	Classe: Laboratório Híbrido
Instrumentos – reais • Osciloscópio • placa de aquisição de dados • voltímetro Componentes discretos - virtuais • resistor • capacitor • indutor Equipamentos – reais • computador • fonte de alimentação Material didático – virtual • tutorial	

Entretanto, com a criação da terceira classe de laboratórios, a “híbrida”, aparece o terceiro símbolo, representado pelo (h). Segue-se a representação da classe por meio do conjunto dos símbolos:

$$\text{Classe} = \{C\}$$
$$C \in \{r, h, v\}$$
$$NC = NCB^{NS}$$
$$NC = 3^{1}$$
$$NC = 3$$

Em que o número de classes base passou de 2 para 3. Assim, os laboratórios exemplificados foram classificados conforme apresentado no quadro 7.

Quadro 7 – Resultado das classificações dos LAB 1, LAB 2 e LAB 3.

Laboratório	Classe	Representação
LAB 1	Laboratório real	R
LAB 2	Laboratório virtual	V
LAB 3	Laboratório híbrido	H

Considera-se que nesta hipótese aparece a segunda contribuição, que é a criação de uma nova classe de laboratórios. Constatou-se que classificar os laboratórios em real e/ou virtual não atende a todas as demandas. A inclusão da classe "híbrida" resolve parte do problema apontado. Neste caso, apresenta-se a primeira versão do ECL, com a criação da classe de laboratórios "híbridos", conforme apresentado no quadro 7.

Às vezes, laboratórios diferentes entre si podem estar incluídos na mesma classe, a "híbrida". Este problema acontece a partir da heterogeneidade na composição interna do laboratório. Concluímos que o laboratório que não for totalmente "real" ou totalmente "virtual" será incluído na classe de laboratório "híbrido". Resolve-se o problema das classes dos laboratórios, mas gera-se um problema interno na classe dos laboratórios híbridos: a inclusão de laboratórios muito diferentes na mesma classe. Para solucionar esse problema, propõe-se classificar os laboratórios em função da sua composição interna. Este será o tema a ser contemplado na próxima hipótese.

Hipótese 3 – Laboratórios diferentes classificados na mesma classe**.** Considerando que a classe de laboratórios híbridos apresenta problemas na sua composição interna, propõe-se que o laboratório seja classificado em função das características dos seus componentes. Da mesma maneira que se consideram três classes de laboratórios – real, virtual e híbrida –, passa-se a considerar três classes de componentes: real, virtual e híbrida. Esta proposta baseia-se nas características naturais dos componentes internos do laboratório.

Neste contexto, passa-se a considerar componente tudo que existe dentro do laboratório a ser classificado. Desse modo, considera-se:

- **Componente real** – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível.
- **Componente virtual** – aquele não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.
- **Componente híbrido** – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.

A partir dessa definição, os componentes dos laboratórios a serem classificados têm de seguir as características naturais, sendo considerados: reais, virtuais ou híbridos. Com a definição dos critérios que serão utilizados para classificar os componentes dos laboratórios, passa-se à identificação destes componentes, de acordo com suas características naturais, conforme exemplificado nos quadros 8 e 9.

Quadro 8 – Estrutura do esquema de classificação do LAB 3 com componentes.

Laboratório: LAB 3	Classe: Laboratório Híbrido		
Componentes	Real	Virtual	Híbrido
Fonte de alimentação	X		
Placa de aquisição de dados	X		
Resistor		X	
Capacitor		X	
Indutor		X	
Computador	X		
Tutorial		X	
Voltímetro	X		
Osciloscópio	X		

A alocação desses componentes no laboratório passa a ser o foco deste estudo, pois é a partir deles que será feita sua classificação. Desse modo, considera-se componente tudo aquilo que compõe o laboratório: resistor, capacitor, osciloscópio e tutorial, assumindo características naturais, por meio das quais será classificado.

A classificação dos laboratórios em função dos seus componentes permite diferenciar um laboratório do outro quando classificados na mesma classe, a “híbrida”. Verifica-se este fato no LAB 4 utilizado como exemplo para demonstrar como caracterizar laboratórios diferentes na mesma classe. Conforme apresentado no quadro 9.

Quadro 9 – Estrutura do esquema de classificação do LAB 4 com componentes.

Laboratório: LAB 4	Classe: Laboratório Híbrido		
Componentes	Real	Virtual	Híbrido
Fonte de alimentação	X		
Placa de aquisição de dados	X		
Resistor		X	
Capacitor		X	
Indutor		X	
Computador	X		
Tutorial		X	
Voltímetro	X		
Osciloscópio	X		
Osciloscópio virtual		X	

O LAB 4 diferencia-se do LAB 3 em relação ao componente osciloscópio virtual. Ao classificar o laboratório em relação aos seus componentes, no final é identificado o nível de hibridismo em relação a sua composição. No entanto, pertence à mesma classe base de laboratório, a “híbrida".

Neste trabalho, não se pretende analisar a composição interna de cada componente de um laboratório. Ou seja, não serão discutidas aqui, por exemplo, as partes internas de um instrumento (aquisição, processamento e exibição), mas se aceita que, de agora em diante, estes componentes passem a ser considerados híbridos.

Seguindo a forma de representação da classe, em que cada símbolo pertence ao conjunto de classe base em que esta classificação corresponde àquela dos componentes que compõe o laboratório, tem-se:

Classe = {C}

$C = C_n$, onde n = 1,2,3,… k.

Logo:

$C = \{c_1, c_2, c_{3,} ..., c_k\}$ e

C_n € {r, h, v}

Em que

C_n representa cada componente do laboratório. Neste caso, o número de classes é dado pela seguinte equação:

$NC = NCB^k$

Em que k é k-ésimo componente do laboratório

$NC = 3^k$

Assim, cada componente do laboratório recebe a identificação do símbolo correspondente a sua característica, conforme apresentado no quadro 10.

Quadro 10 – Resultado das classificações dos LAB 2, LAB 3 e LAB 4 com componentes.

Laboratório	Classe	Representação
LAB 2	Laboratório virtual	V, V, V, V, V, V, V, V, V, V
LAB 3	Laboratório híbrido	R, R, V, V, V, R, V, R, R
LAB 4	Laboratório híbrido	R, R, V, V, V, R, V, R, R, V

Considera-se como a terceira contribuição deste trabalho a indicação da classificação dos laboratórios por meio da classificação dos seus componentes internos, levando em consideração as suas características naturais. Tal esquema auxilia na solução de problemas relacionados à classificação dos laboratórios por meio da análise das características de seus próprios componentes.

Com base no pressuposto de que um laboratório é composto por diversos componentes, que serão classificados de acordo com suas características naturais, percebe-se que o processo pode se tornar complexo, devido, em alguns casos, à grande quantidade desses componentes no laboratório. Com isso, propõe-se como solução que tais componentes sejam reunidos, formando, assim, grupos de componentes, o que leva à próxima hipótese.

Hipótese 4 – classificar em função dos componentes individuais fica muito complexo. Considerando que trabalhar com todos os componentes individualmente pode ser muito complexo, propõe-se a formação de grupos de componentes que serão formados a partir da identificação de acordo com a funcionalidade. Entretanto, a quantidade de grupos de componentes a serem formados fica a critério do usuário. Deste modo, pode-se trabalhar com grupos de um único componente.

A análise das características dos grupos de componentes dos laboratórios permite definir a classe em que será classificado: real, virtual ou híbrida. Desse modo, o processo de classificacão vai se organizando a partir dos grupos de componentes com os quais o laboratório é formado. Nos quadros 11, 12 e 13, apresenta-se a segunda versão do esquema de classificação para os laboratórios: LAB 2, LAB 3 e LAB 4.

Quadro 11 – Estrutura do esquema de classificação do LAB 2 em grupos

LAB 2			Classe: virtual				
Componentes	Real	Virtual	Híbrido	Grupo	Real	Virtual	Híbrida
Fonte de alimentação		X		Equipamento		X	
Transformador		X					
Diodo		X		Componente		X	
Resistor		X					
Capacitor		X					
Zener		X					
Voltímetro		X		Instrumento		X	
Amperímetro		X					
Tutorial		X		Multimídia		X	

Nos grupos de componentes em que existe homogeneidade, o processo de classificação é simplificado, bastando seguir as regras naturais das características deles. Observa-se que, a partir da identificação dos componentes para a formação dos grupos,

LAB 3 e LAB 4, as características assumidas pelos componentes classificados refletem as características dos grupos, conforme apresentado no quadro 12 e 13.

Quadro 12 – Estrutura do esquema de classificação do LAB 3 em grupos

Laboratório: LAB 3				Classe: Híbrida			
Componentes	Real	Virtual	Híbrido	Grupo	Real	Virtual	Híbrida
Osciloscópio	X			Instrumento	X		
Voltímetro	X						
Placa de aquisição de dados	X						
Resistor		X		Componente		X	
Capacitor		X					
Indutor		X					
Computador	X			Equipamento	X		
Fonte de alimentação	X						
Tutorial		X		Multimídia		X	

O quadro 12 mostra o LAB 3, classificado a partir da formação dos grupos de componentes, obedecendo às características dos componentes. Com a classificação dos laboratórios por meio da formação dos grupos de componentes, obedecendo-se às características próprias de cada componente, podem-se reconhecer falhas percebidas quanto a este tipo de classificação, as quais podem ser atribuídas à aglutinação dos componentes nos grupos, sem o reconhecimento de critérios na sua composição. Cada grupo de componentes constituídos deve primar pela presença de características dos seus componentes, como apresentado nos quadros 13 e 14.

Quadro 13 – Estrutura do esquema de classificação do LAB 4 em grupos

LAB 4				Classe: Híbrido			
Componentes	Real	Virtual	Híbrido	Grupo	Real	Virtual	Híbrida
Fonte de alimentação	X			Equipamento	X		
Computador	X						
Resistor		X		Componente		X	
Capacitor		X					
Indutor		X					
Tutorial		X		Multimídia		X	
Voltímetro	X			Instrumento			X
Osciloscópio	X						
Placa de aquisição de dados	X						
Osciloscópio virtual		X					

A partir da reunião dos componentes classificados em grupos, obedecendo às características dos componentes, formam-se os laboratórios, que podem ser denominados, de acordo com os grupos que o compõem, de: “laboratório real”, “laboratório virtual” ou “laboratório híbrido”. Conclui-se que as características dos componentes exercem influência direta na formação dos grupos, que, conseqüentemente, dão origem às classes de laboratórios. Desse modo, a partir da análise dos grupos de componentes, tem-se uma projeção da classe em que o laboratório será inserido.

A proposta de esquema de classificação aqui defendida é flexível, na medida em que passa a contemplar novas demandas de formação de grupos de componentes. Observa-se que a qualquer momento que se julgar necessário será possível criar grupos de componentes para atender às exigências do que está sendo classificado.

De acordo com a representação da classe por meio de símbolos, em que:

Classe = {C}

$C = Cg_n$

Em que n = 1,2,3..., p, logo:

$C = \{cg_1, cg_2, cg_3, ..., cg_p\}$ e

Cg_n € {r, h, v}

Em que Cg_n representa cada grupo de componente do laboratório.

Neste caso, o número de classes é dado pela seguinte equação:

$NC = NCB^p$

Em que p é p-ésimo grupo de componentes do laboratório.

$NC = 3^p$

Desse modo, a representação dos laboratórios, após o agrupamento dos componentes, está de acordo com o apresentado no quadro 14.

Quadro 14 – Resultado das classificações dos LAB 2, LAB 3 e LAB 4 em grupos

Laboratório	Classe	Representação em grupos
LAB 2	Laboratório virtual	V, V, V, V
LAB 3	Laboratório híbrido	R, V, R, V
LAB 4	Laboratório híbrido	R, V, V, H

Nesta hipótese, identifica-se a quarta contribuição da dissertação, na medida em que indicou uma nova forma de classificação dos laboratórios por meio da reunião dos componentes classificados em grupos.

Até o presente momento, a representação da estrutura do ECL foi feita por meio de quadros. Mas para um laboratório com muitos componentes esta proposta fica inviável. Estes grupos de componentes devem ser organizados de forma sistemática, seguindo um esquema de combinações entre si, que será representado por meio de uma árvore ternária, tema da próxima hipótese.

Hipótese 5 – A representação por meio de quadros é complexa. Sugere-se uma representação gráfica em árvore ternária**.** Com a classificação dos componentes e/ou dos grupo de componentes e a definição do número de classes bases – real, virtual e híbrida –, identificado o número de grupos de componentes, é possível fazer a representação desta estrutura por intermédio de árvore ternária.

Considera-se a elaboração das combinações dessas classes já identificadas em cada classificação dos exemplos apresentados. Com a definição das classes e a identificação dos grupos, estabelece-se a quantidade de combinações possíveis.

Nesse caso, considera-se a definição dos grupos de componentes dos laboratórios: LAB 2, LAB 3 e LAB 4, utilizando as classes bases já definidas: real, virtual e híbrida. Têm-se três classes de laboratório, ou seja, três parâmetros, que consideramos fixos, até o presente momento.

Quanto aos grupos, neste caso, depende da constituição de cada laboratório, que são variáveis. Dessa forma, a representação das combinações possíveis seria dada pela seguinte equação:

LAB 2 = NCB^p

Em que p = 4, logo: $3^4 = 81$

LAB 3 = NCB^p

Em que p = 4, logo: $3^4 = 81$

LAB 4 = NCB^p

Em que p = 4, logo: $3^4 = 81$

Nessa forma de representação, existe a possibilidade de apresentar possíveis combinações de classes com o resultado da equação.

Na representação por meio de árvore ternária, o número de grupos é proporcional ao número de níveis, o que possibilita acompanhar o fluxo no processo de classificação

com os grupos de componentes na seguinte disposição: à esquerda, real (r); no centro, híbrido (h); e à direita, virtual (v). Neste caso, será feita a representação completa em árvore ternária do LAB 2, como exemplificado na figura 2.

Legenda:

real = (r)
virtual = (v)
híbrido = (h)
——— = fluxo
..... = não utilizado

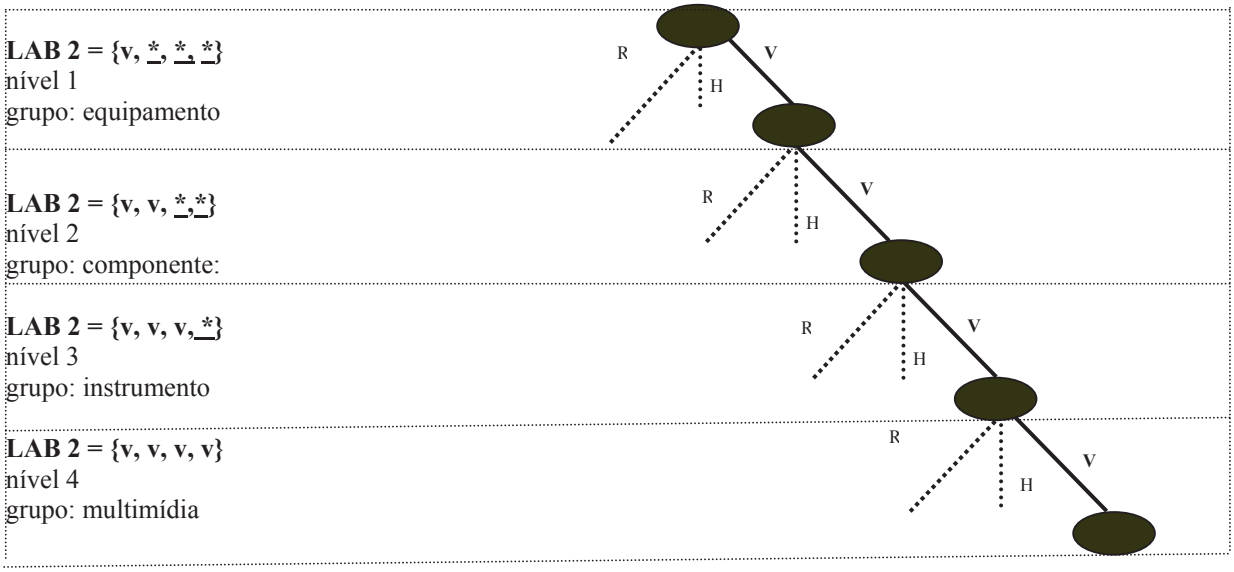


Figura 1 – Representação da classificação do LAB 2 em árvore

LAB 2 = {v, v, v, v}

Seguindo o fluxo na árvore, o primeiro nível representa o primeiro grupo, com suas três opções (r, h, v). Cada nível oferece as opções de classificação. Neste momento é que se escolhe a opção em que se encaixa o grupo de componentes de acordo com a sua classificação. No caso da representação do LAB 2 (Fig. 2), observa-se a característica do grupo de componentes, no primeiro nível, virtual, após a escolha em qual opção se encaixa, desprezando-se as outras opções. Então, continua a seqüência da primeira opção escolhida. Desse modo, o segundo nível tem a classificação do primeiro nível juntamente com a do segundo nível. Assim, o processo vai, a cada nível, adicionando a classe anterior.

Acompanhando o caminho percorrido na árvore, vê-se que todo o processo de classificação feito com os grupos de componentes assume a posição de virtual. Tem-se, assim:

LAB 2 = {v, v, v, v}

Conseqüentemente, a classe na qual o laboratório vai pertencer é a classe “virtual”.

À medida que os grupos vão sendo classificados, forma-se uma rede de relacionamentos, a qual mostra as características dos grupos que o compõem. Nesta forma de organizar, quanto maior for o número de grupos de componentes que compõem o laboratório, maior será o grau de dificuldade de representação. A representação desse esquema sem uma ferramenta que o automatize fica inviável. Os exemplos utilizados como bases representativas contêm poucos grupos, devido à complexidade de sua operacionalização.

A nossa proposta sustenta que, por meio do esquema de classificação, pode-se estabelecer a ordem natural desses laboratórios, que está de acordo com a ordem natural das coisas.

Esta é a quinta contribuição desta dissertação, em que a forma de representação da classificação dos laboratórios se dá por meio de árvore ternária. Dessa maneira, a estrutura de classificação aqui proposta possibilita a classificação e identificação dos grupos de componentes percorrendo o fluxo na árvore para encontrarmos a localização correta.

Analisando os exemplos apresentados do LAB 2, LAB 3 e LAB 4, vamos mostrar, com base na classificação do ECL, como seria a representação comparativa destes laboratórios numa estrutura em árvore. Nessa comparação final, apresenta-se a classificação, utilizando os grupos de componentes de cada laboratório.

Assim, finaliza-se esta proposta com a representação por meio de uma árvore ternária, compreendendo a classificação dos laboratórios utilizados nas exemplificações (Fig. 2).

Legenda:

= real (r)
= virtual (v)
= híbrido (h)

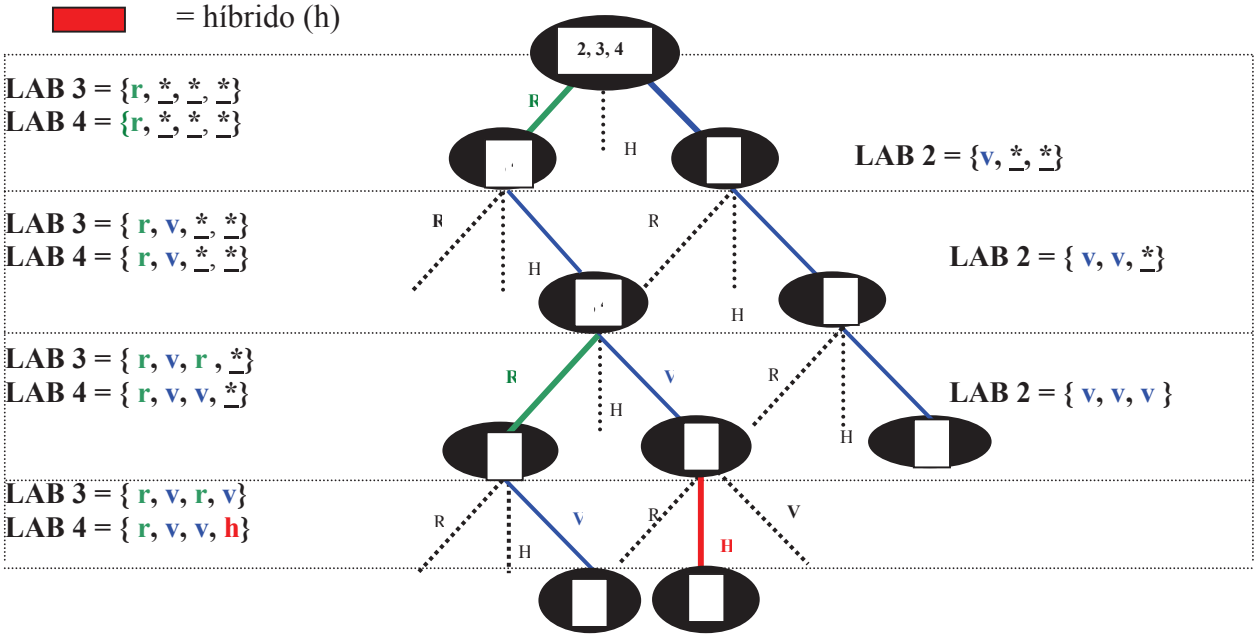


Figura 2 – Representação do LAB 2, LAB 3 e LAB 4 em árvore.

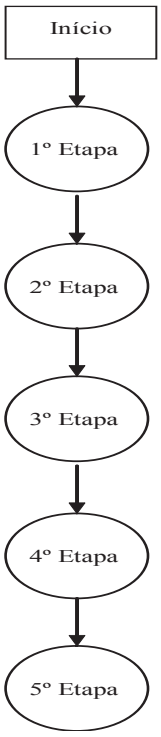
Nesta proposta, até o presente momento, as três classes definidas como bases conseguiram atender às exigências: real, híbrida e virtual. Caso seja necessário ampliar esse número base, o ECL apresenta condições suficientes para atender à inclusão de uma nova classe de laboratórios, desde que seja devidamente fundamentada. Nesta forma de mapeamento de representação, pode-se localizar o ponto na árvore em que se encontra o objeto em função do grupo de componentes que se está buscando. Desse modo, a representação vai se organizando num sistema hierárquico visível.

Conclui-se que laboratório real é aquele que contém componente(s) exclusivamente real(is); que laboratório virtual é aquele que contém componente(s) exclusivamente virtual(is); e que laboratório híbrido é aquele que contém esses dois tipos de componentes (pelo menos um de cada) ou componentes híbridos.

Com a finalização da apresentação da proposta do ECL, no próximo capítulo será apresentado a verificação do ECL, por meio do processo de utilização dessa estrutura em etapas.

5.1 Processo de utilização do Esquema de Classificação de Laboratórios

Nesta seção, para o entendimento da aplicação do ECL, será apresentada uma primeira versão do processo de utilização do esquema, a partir da execução das cinco etapas, que serão apresentadas, explicadas e exemplificadas por meio da classificação de um laboratório didático. A figura 4 apresenta o fluxo do processo de utilização do esquema quando da execução de todas as etapas do processo.



- Primeira etapa – entendimento e análise do problema;
- Segunda etapa – apresentação do formulário e identificação do laboratório;
- Terceira etapa – identificação e classificação dos componentes;
- Quarta etapa – identificação e classificação dos grupos de componentes; e
- Quinta etapa – representação da classificação do laboratório usando árvore ternária.

Figura 3 – Representação do diagrama das etapas do processo de utilização do ECL

As etapas de utilização do ECL constituem um processo de orientação da aplicação do esquema. Na figura 5, apresenta-se o formulário de classificação de laboratório, que será utilizado no processo de verificação, com o propósito de orientar o usuário no processo de utilização do ECL.

Formulário de classificação de laboratório							
Componente/grupo real – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível							
Componente/grupo virtual – aquele que não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.							
Componente/grupo híbrido – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.							
Laboratório:				**Classe de laboratório:**			
Classificação do componente:				**Classificação do grupo :**			
Componentes	Características classe			Grupo	Características classe		
	Real	Virtual	Híbrido		Real	Virtual	Híbrido
NC = NCB$^{()}$. **Logo:**							

Figura 4 – Apresentação do formulário de classificação

- Os primeiros três campos apresentam os critérios utilizados para classificar o componente, ou o grupo de componentes, como real, virtual ou híbrido;
- O campo **laboratório** identifica o laboratório a ser classificado;
- O campo **classe de laboratório** indica a classe que pertence, resultado da classificação;
- O campo **classificação do componente** em que indica a classe do componente será preenchido ao final da terceira etapa;
- O campo **classificação do grupo de componente** será preenchido ao final da quarta etapa;
- O campo **componente** será preenchido de acordo com a identificação dos componentes do laboratório e classifica-se;
- O campo **grupo** será preenchido quando o usuário agrupar os componentes e classificá-los;
- Cálculo do número de combinações de classes possíveis que é dada pela equação descrita.

A seguir, apresentam-se e descrevem-se as etapas de utilização do ECL.

Primeira **etapa –** O entendimento e análise do problema a ser resolvido, mediante a utilização do ECL.

Nesta etapa, o usuário procura conhecer o problema a ser resolvido, que pode ser o de classificar "um" ou "n" laboratórios, diferenciar dois ou mais laboratórios ou analisar as alterações de um laboratório e sua nova classificação. Neste caso, para elaborar a classificação de um laboratório, primeiramente, indica-se que sejam feitos o entendimento e a análise do problema a ser resolvido. A partir do entendimento de cada etapa que será apresentada, o usuário toma a decisão de executá-la ou não (conforme fig. 11) no final do processo, em que são mostradas as possibilidades oferecidas no uso do processo de utilização do ECL.

Identificadas as etapas a serem executadas, dá-se início ao processo de classificação. Se optar pela classificação passo a passo, utilizam-se as cinco etapas indicadas no processo de classificação. Como modo de exemplo do processo de classificação, será utilizado o LAB 1.

O LAB 1 – laboratório de máquinas elétricas, composto de oito componentes. Será classificado seguindo as características dos seus componentes: real, virtual ou híbrido. Neste exemplo, serão executadas todas as etapas de classificação propostas.

Segunda **etapa –** Identificação do laboratório

Nesta etapa, identifica-se o laboratório a ser classificado (conforme fig. 6).

Formulário de classificação de laboratório							
Componente/grupo real – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível							
Componente/grupo virtual – aquele que não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.							
Componente/grupo híbrido – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.							
Laboratório: Lab 1 – máquinas elétricas				**Classe de laboratório:**			
Classificação do componente:				**Classificação do grupo:**			
Componentes	Características classe			Grupo	Características classe		
	Real	Virtual	Híbrido		Real	Virtual	Híbrido
NC = NCB$^{(\ )}$. L**ogo:**							

Figura 5 – Identificação do LAB 1

Acompanhando as etapas de utilização do ECL, o usuário, ao final do processo, poderá chegar a seu objetivo: encontrar a classe na qual será classificado o laboratório em questão. A seguir, dá-se início ao processo de classificação.

Observação: Quando o usuário não usar a classificação por meio de componentes, não há necessidade de realizar a próxima etapa. Passa-se para a quarta etapa, conforme indicado no diagrama de fluxo de processo (fig. 10).

Terceira **etapa** – Identificação e classificação dos componentes

Nesta etapa, identificam-se e classificam-se os componentes do laboratório de acordo com suas características naturais.

Formulário de classificação de laboratório							
Componente/grupo real – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível.							
Componente/grupo virtual – aquele que não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.							
Componente/grupo híbrido – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.							
Laboratório: LAB 1 - máquinas elétricas				**Classe de laboratório:**			
Classificação do componente: {r,r,r,r,r,r,r,r}				**Classificação do grupo:**			
Componentes	Características classe			Grupo	Características classe		
	Real	Virtual	Híbrido		Real	Virtual	Híbrido
Motor	X						
Computador	X						
Capacitor Variável	X						
Fonte Variável	X						
Resistor Variável	X						
Voltímetro	X						
Amperímetro	X						
Guias práticos	X						
NC = NCB$^{(8\ )}$: lo**go:**							

Figura 6 – Classificação dos componentes do LAB 1

A partir da reunião dos componentes classificados, tem-se a representação simbólica da classificação dos componentes no campo *classificação dos componentes*, representado pelo vetor. Caso não se utilize a próxima etapa, calculam-se as possíveis combinações das classes por meio da equação NCB$^{K.}$ Dessa forma, vai-se organizando a classificação do laboratório.

Observação: Quando o usuário não usar a classificação por meio de grupos de componentes, não há necessidade de realizar a próxima etapa.

Quarta **etapa** – Identificação e classificação dos grupos de componentes

Nesta etapa, identificam-se e classificam-se os grupos que compõem o laboratório por meio da análise da classificação dos componentes.

<table>
<tr><th colspan="8">Formulário de classificação de laboratório</th></tr>
<tr><td colspan="8">Componente/grupo real – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível</td></tr>
<tr><td colspan="8">Componente/grupo virtual – aquele que não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.</td></tr>
<tr><td colspan="8">Componente/grupo híbrido – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Laboratório: LAB 1- máquinas elétricas</td><td colspan="4">Classe de laboratório:</td></tr>
<tr><td colspan="4">Classificação do componente: {r,r,r,r,r,r,r,r}</td><td colspan="4">Classificação do grupo: {r,r,r,r}</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Componentes</td><td colspan="3">Características</td><td rowspan="2">Grupo</td><td colspan="3">Características</td></tr>
<tr><td>Real</td><td>Virtual</td><td>Híbrido</td><td>Real</td><td>Virtual</td><td>Híbrido</td></tr>
<tr><td>Motor</td><td>X</td><td></td><td></td><td rowspan="3">Equipamento</td><td rowspan="3">X</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Computador</td><td>X</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Fonte Variável</td><td>X</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Capacitor Variável</td><td>X</td><td></td><td></td><td rowspan="2">Componentes</td><td rowspan="2">X</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Resistor Variável</td><td>X</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Voltímetro</td><td>X</td><td></td><td></td><td rowspan="2">Instrumento</td><td rowspan="2">X</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Amperímetro</td><td>X</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Guias práticas</td><td>X</td><td></td><td></td><td>Material didático</td><td>X</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">$NC = NCB^P$: Logo: $NC = 3^4 = 81$</td></tr>
</table>

Figura 7 – Classificação dos grupos de componentes do LAB 1

Identifica-se a classe dos grupos e tem-se a primeira representação da classificação dos grupos de componentes por meio de símbolos, pelo vetor no campo *classificação dos grupos.* A qualquer momento que se julgar necessário, é possível criar grupos de componentes. A partir da criação dos grupos de componentes, calcula-se o número de classes possíveis por meio da equação NCB^P.

Observação: Caso a quinta etapa não seja executada, devido à complexidade decorrente da falta de uma ferramenta automatizada, o usuário terá de determinar a classe do laboratório por meio da análise da classificação dos componentes (Figura 7) ou da análise da classificação dos grupos de componentes (Figura 8). Entretanto, considera-se este processo complexo e sujeito a erros. Desse modo, recomenda-se que seja executada a quinta etapa.

Quinta **etapa** – representação da classificação do laboratório em árvore ternária

A representação é feita por meio do esquema de árvore ternária. Neste caso, optou-se por representar, a partir da classificação dos grupos de componentes, em que os grupos serão representados em níveis.

Legenda:
real = (r)
virtual = (v)
híbrido = (h)
——— = fluxo
..... = não utilizado

LAB 1 = {r, *, *, *}
nível 1
grupo: equipamento

LAB 1 = {r, r, *, *}
nível 2
grupo: instrumento

LAB 1 = {r, r, r, *}
nível 3
grupo: componente

LAB 1 = {r, r, r, r}
nível 4
grupo: material didático

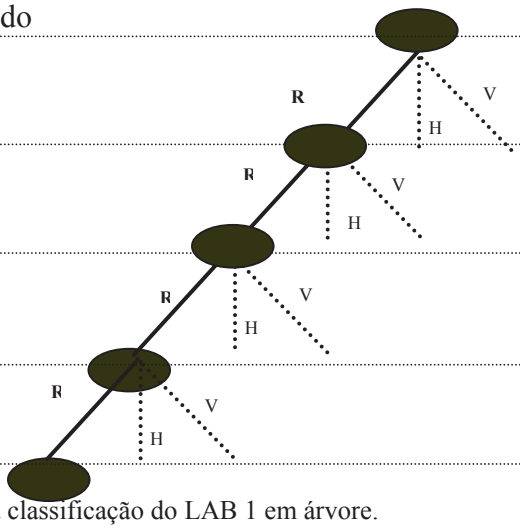


Figura 8 – Representação da classificação do LAB 1 em árvore.

No primeiro nível, identifica-se o primeiro grupo de componentes real (r). Automaticamente, eliminam-se as outras opções. No segundo nível, na seqüência do grupo que foi classificado, identifica-se o segundo grupo de componentes real (r). Neste segundo nível, estão incluídos os elementos do primeiro nível e mais os do segundo. Assim, o processo vai, a cada nível, adicionando a classe anterior. Tem-se, vetor *grupo de componentes*:
LAB 1 = **{r,r,r,r}**

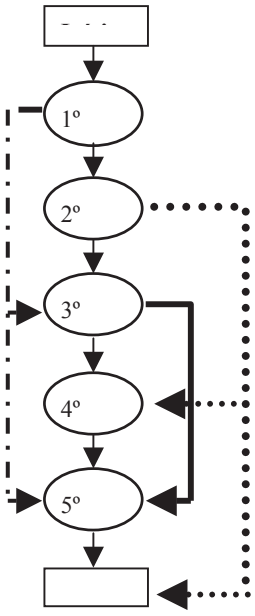
- **Análise da classificação**

Neste caso, apuram-se, no final, os quatro grupos de componentes, classificados como *real, real* e *real*, representados, na estrutura em árvore, em quatro níveis ou por meio do formulário quando da identificação dos grupos de componentes na quarta etapa. Na figura 9, apresenta-se o formulário preenchido utilizando as etapas.

Formulário de classificação de laboratório							
Componente/grupo real – aquele que tem existência física, que é formado de matéria palpável, verdadeira, concreta, tangível.							
Componente/grupo virtual – aquele que não tem existência física, mas tem representação; não é real; nasce, vive e morre no espaço virtual; emulado; intangível.							
Componente/grupo híbrido – é um objeto composto, formado, ao mesmo tempo, de partes reais e partes virtuais.							
Laboratório: LAB 1- máquinas elétricas				**Classe de laboratório**: Real = {r,r,r,r}			
Classificação do componente: {r,r,r,r,r,r,r,r}				**Classificação do grupo:** {r,r,r,r}			
Componentes	Características classe			Grupo	Características classe		
	Real	Virtual	Híbrido		Real	Virtual	Híbrido
Motor	X			Equipamento	X		
Computador	X						
Fonte Variável	X						
Capacitor Variável	X			Componentes	X		
Resistor Variável	X						
Voltímetro	X			Instrumento	X		
Amperímetro	X						
Guia prática	X			Material didático	X		
$NC = NCB^P$: **Logo:** $NC = 3^4 = 81$							

Figura 9 – Classificação final do LAB 1

O laboratório didático de máquinas elétricas, após o seu processo de classificação, ficou composto por quatro grupos distintos, representando as características de seus componentes. Dessa forma, como todos os grupos são reais, o laboratório é considerado pertencente à classe de laboratório "real", conforme apresentado na figura 10.



Dessa maneira, não apresenta problemas no processo de classificação quando o laboratório tem na sua estrutura componente reais e seu modo de acesso é presencial.

Ao final da apresentação do processo de utilização do ECL, tem-se o diagrama do fluxo de possibilidade de uso das etapas desenvolvidas. O usuário pode, por meio do diagrama, após a análise e o entendimento do problema a ser resolvido, escolher quais etapas serão executadas, de acordo com a sua forma de classificação.

Figura 10 – Diagrama do fluxo das possibilidades de utilização do ECL

5.2.1 Análise comparativa dos resultados dos laboratórios verificados

Neste tópico, será apresentada a análise comparativa dos resultados das classificações dos laboratórios didáticos utilizados para apresentar o esquema, realizadas com o ECL e com os trabalhos de Stimson *et al.* (1997) e Queiroz (1998).

Quadro 15 – Classificação comparativa do LAB 1, LAB 4, LAB 5 e LAB 6

Laboratórios	Stimson *et al*. (1997)	Queiroz (1998)	ECL (2006)
LAB 1 – Máquinas elétricas	Laboratório **real**	Laboratório **real**	Laboratório **real** - **{r,r,r,r,r}**
LAB 2 – Circuitos elétricos	Laboratório **virtual** de simulação	Laboratório **virtual** de simulação	Laboratório **virtual** **{v,v,v,v}**
LAB 3 – Circuitos elétricos	Não classificado	Não classificado	Laboratório **híbrido** **{ r, v, r, v }**
LAB 4 – Circuitos elétricos	Laboratório **virtual** remoto com manipulação	Laboratório **virtual** de telepresença	Laboratório **híbrido** **{ r, v, v, h }**

Analisando a classificação de cada um dos laboratórios com os diversos esquemas de classificação, podem-se observar as seguintes divergências.

Na classificação do LAB 1, a classe indicada é a real nos três esquemas de classificação. Desse modo, não se observa divergência na indicação da classe. Não há problema de classificação.

Na classificação do LAB 2, a classe indicada é a virtual nos três esquemas de classificação. Desse modo, não se observa divergência na indicação da classe. Não há problema de classificação.

Na classificação do LAB 3, não foi possível determinar uma classe com os esquemas de Stimson *et al.* (1997) e Queiroz (1998), enquanto no ECL indica-se a classe híbrida. Desse modo, verifica-se que o laboratório não se enquadra em uma das classes dos esquemas comparados.

Na classificação do LAB 4, a utilização dos esquemas de Stinsom *et al.* (1997) e Queiroz (1998) indica que o laboratório é classificado como virtual, enquanto no ECL indica a classe híbrida. Desse modo, observa-se divergência na classe indicada entre os esquemas de classificação: laboratórios iguais classificados em classes diferentes nos diversos esquemas de classificação.

Considerando a literatura, os principais *erros* encontrados na utilização de um esquema de classificações dos laboratórios são:

1º.) Há laboratórios que não se enquadram em uma classe (E1).

2º.) Laboratórios diferentes classificados na mesma classe (E2).

3º.) Laboratórios iguais classificados em classes diferentes (E3).

Considerando a literatura, os principais erros encontrados na utilização de dois ou mais esquemas de classificações dos laboratórios são:

1º.) Laboratório classificado em diferentes classes nos diversos esquemas de classificação (E4).

Os erros E1, E2 e E4 foram observados na análise comparativa das classificações dos laboratórios realizados com os diferentes esquemas de classificações. Entretanto, não observamos o erro E3 no conjunto de laboratórios analisados. A seguir, exemplificamos uma situação em que E3 pode ser observado.

Nos laboratórios em que todos os componentes são reais, conforme apresentado na classificação do LAB 1**,** se considerar o acesso a distância, a classificação de Stimson *et al.* (1997) e a de Queiroz (1998) indicam a classe virtual; contudo, no ECL* o laboratório continua na classe de laboratório "real". Desse modo, a divergência encontrada é que o

mesmo laboratório é classificado em classes diferente. Este laboratório será identificado como LAB 1*.

No quadro 16, apresentam-se os *erros* encontrados nos laboratórios classificados nos quais os esquemas foram observados.

Quadro 16 – Esquema de classificação *versus* tipos de *erros*

Esquemas de classificação	**Erros de classificação**			
	E1	E2	E3	E4
Stimson *et al*. (1997)	LAB 3	LAB 4	LAB 1 e LAB 1*	LAB 4
Queiroz (1998)	LAB 3	LAB 4	LAB 1 e LAB 1*	LAB 4
ECL (2006)				

Observa-se que na comparação da classificação do ECL com os trabalhos correlato, estes apresentam *erros* de classificação, conforme apontados no quadro 16. Entretanto, o ECL não apresentou divergências. Assim, conclui-se que o ECL foi verificado, não apresentando problema no processo de classificação.

Neste caso, na verificação da proposta apresentada não foram observados *erros* de classificação por meio do conjunto de testes aplicados com o ECL. Entretanto, nos trabalhos relacionados foram apontadas divergências, conforme apontado no quadro 16. Desse modo, conclui-se que a proposta de solução com o uso do ECL, que encontrou a referida classe para os laboratórios verificados, deu prova de ser um sistema de classificação com resultados satisfatórios.

6. CONCLUSÃO

Neste tópico, apresenta-se a discussão dos resultados obtidos com o desenvolvimento e a verificação do ECL, comentam-se o alcance dos objetivos, mostram-se as contribuições da pesquisa, sugerem-se trabalhos futuros e apresenta-se a conclusão geral da pesquisa.

6.1 Discussão dos resultados

A realização da pesquisa propiciou a elaboração de uma proposta de Esquema de Classificação de Laboratórios, a partir de cinco hipóteses de solução, em que se apresenta o problema a ser resolvido, indica-se a solução e mostra-se o desenvolvimento da proposta de solução na hipótese. Desse modo, construiu-se a estrutura do esquema de classificação.

Na verificação, apresentou-se o processo de utilização do ECL, composto de cinco etapas evolutivas, em que o usuário, no início da utilização do processo, analisa o problema de classificação a ser resolvido, toma a decisão sobre quais etapas serão executadas e indica a utilização do formulário.

Considerando os resultados obtidos, pôde-se concluir que, de acordo com o objetivo no que se refere à intenção de propor, desenvolver e verificar um esquema de classificação de laboratórios, o qual foi apresentado e desenvolvido no tópico **3** e verificado, conseguiu-se alcançar este objetivo. Desse modo, consideram-se os resultados satisfatórios, conforme apresentados no decorrer da pesquisa.

Comprovou-se que a utilização do ECL pressupõe a obediência a alguns procedimentos, por exemplo: utilizar os critérios de classificação; identificar e classificar os componentes e/ou os grupos de componentes; e utilizar a representação da classificação

por meio da estrutura em árvore, que apresenta clareza no acompanhamento para identificar a classe à qual o laboratório pertence.

Esta proposta foi apresentada e verificada, em que se aplicou o ECL em um conjunto de laboratórios didáticos utilizados nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica, em comparação com os trabalhos correlatos, mediante a utilização do processo de utilização do ECL. Depois da análise comparativa, os trabalhos correlatos apresentaram as seguintes divergências de classificação.

1º.) Há laboratórios que não se enquadram em uma classe.

2º.) Laboratórios diferentes são classificados na mesma classe.

3º.) Laboratórios iguais são classificados em classes diferentes.

4º.) Há Laboratórios classificados em diferentes classes nos diversos esquemas de classificação.

Constatou-se que os tipos de divergências apontados em relação aos trabalhos correlatos não foram encontrados na utilização do ECL. Neste caso, considera-se que o esquema de classificação de laboratórios, não apresentou problemas similares aos observados com os trabalhos correlatos.

Depois de concluída a verificação do ECL, chegou-se a uma conclusão a respeito das vantagens e desvantagens da sua utilização apontando-se como principais **vantagens** do uso do ECL:

- a possibilidade de classificar diferentes laboratórios utilizando características naturais dos componentes;
- a facilidade de organizar os componentes em grupos;
- a possibilidade de inserir novas classes, quando for necessário;
- não foram observados problemas de classificação na verificação em relação aos trabalhos correlatos verificados; e
- apresentou resultado melhores que os trabalhos correlatos.

Entre as **desvantagens**, aponta-se:

- as estruturas podem se tornar complexas, em razão do grande número de componentes no laboratório (indica-se que o uso de uma ferramenta automatizada pode tornar o processo seguro e eficiente);

Em termos do objetivo deste trabalho, pôde-se concluir que o **objetivo geral** foi alcançado. O principal problema relativo à classificação dos laboratórios foi solucionado por meio da criação e aplicação do ECL. Por isso, entende-se que esta versão do ECL pode ser considerada um ponto importante no processo de classificar, principalmente porque apresenta flexibilidade na aplicação. Recomenda-se que esta proposta seja aplicada e analisada com maior profundidade em trabalhos futuros em outras áreas do conhecimento

6.2 Contribuições principais

As principais contribuições desta dissertação são apresentadas na ordem em que foram observadas.

- Reconhecer que classificar os laboratórios em duas classes – real ou virtual – não atende à necessidade de classificação.
- Propor a inclusão de novas classes de laboratórios.
- Propor a classificação dos laboratórios em função dos seus componentes e/ou grupo de componentes.
- Indicar a representação da classificação na estrutura em árvore ternária (com esta representação, o processo torna-se visível e mais compreensível).

- Permitir a identificação, por meio da análise da composição do laboratório da classe em que o laboratório está inserido;
- Possibilitar a utilização do processo em que se verificou o esquema proposto.
- Promover a realização de um estudo em que os laboratórios classificados no ECL foram comparados com outros esquemas de classificação.
- Concluiu-se que a principal contribuição foi o Esquema de Classificação de Laboratórios.

6.3 Sugestões de trabalhos futuros

A pesquisa aqui apresentada possibilita a realização de diversos trabalhos futuros, por se tratar de um tema em questionamento e com possibilidades de outras pesquisas. Dentre as propostas de realização de novos trabalhos, destacam-se:

- Desenvolver um processo para definir e conceituar os laboratórios após a classificação.
- Desenvolver uma ferramenta que automatize a utilização do ECL no processo de classificar (*em desenvolvimento*).
- Desenvolver uma estrutura do esquema de classificação voltada para o aumento do nível de detalhamento dos componentes (*em desenvolvimento*).
- Aplicar este esquema de classificação em outras áreas do conhecimento.

6.4 Conclusão geral da pesquisa

No ECL, a flexibilidade manifesta-se no momento em que se analisam os laboratórios que serão classificados, mas não se encontra uma classe em que devem ser inseridos, e o ECL permite mesmo assim inserir novas classes. Neste momento, pode-se sugerir uma nova classe de laboratórios. Quanto aos grupos que compõem os laboratórios, nos quais serão organizados os componentes, a cada momento que se julgar necessário podem-se criar grupos de componentes. Desse modo, observa-se que, de acordo com a necessidade do laboratório que se está classificando, vai-se ampliando naturalmente o esquema.

Na análise de cada esquema de classificação, observou-se que, na maioria das vezes, os esquemas de classificação de laboratórios falham devido ao fato de identificarem duas classes de laboratórios – real e virtual –, não levando em consideração outros fatores. Outro ponto que gera conflito são os laboratórios que permitem o acompanhamento e controle de experimentos e ensaios a distância. Neste caso, observa-se que laboratórios muito diferentes entre si, mas com modo de acesso a distância são classificados na mesma classe, na maioria das vezes, como laboratórios virtuais. Entretanto, considera-se no ECL que modo de acesso é um meio de interação entre o usuário e o laboratório, razão pela qual não deve ser utilizado como critério direto de classificação.

Desse modo, será utilizada a definição de categoria para identificar a grande categoria dos laboratórios, as grandes classes – real, virtual e híbrida -, os grandes assuntos em geral, cujas partes podem ser utilizadas para reunir outros conceitos. No caso em questão, em categoria podem-se agregar as classes dos laboratórios. Por isso, o laboratório, como objeto de estudo, está classificado como categoria "laboratório" e os tipos de laboratórios estão nas classes "real," "virtual" e "híbrida". Estes laboratórios são

constituídos por componente, e/ou grupos de componentes, que podem ser aumentados de acordo com a flexibilidade que o ECL permite.

A conclusão da análise geral da dissertação apóia-se na convicção de que existem esquemas de classificação que são completos, porém complexos e complicados de aplicar. Outros esquemas são simples, porém funcionam em alguns casos, mas não em outros. O ECL é um esquema de classificação que comporta um processo de classificação mais simples, bem como processos de classificação mais complexos. Isso ocorre devido ao fato de ser flexível, parametrizado e adaptável.

Este trabalho pretende, então, ser mais uma contribuição para o desenvolvimento do conhecimento científico sobre a representação dos processos de classificação de informações – em especial, classificação dos laboratórios –, visando contribuir para a literatura sobre o assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, M. L A. **Linguagem documentária**: teorias que fundamentam sua elaboração. Niterói: Eduff, 2001.

DAHLBERG, I. **Teoria da Classificação, Ontem e Hoje**. Disponível em: <http://www.conexaorio.com/biti/dahlbergteoria/S1>. Acessado em: 07.10.2005.

DODEBEI, V. L. D. **Tesauro:** linguagem de representação da memória documentária. Niterói, Rio de Janeiro: Intertexto, Interciência, 2002. 119p.

FAMILIA, R. A.. Virtual laboratory for cooperative learning of robotics and mechatronics. **ITHET 6th Annual International Conference**. 2005 IEEE July 7-9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic. T2B-17 Session T2B.

DENIZ, D. Z.; BULANCAK, A.; ÖZCAN. A novel approach to remote laboratories. 33rd **ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference**. CO T3E-8.November 5-8, 2003, Boulder

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976.

FERNANDEZ, R. O., *et al*. Laboratório virtual aplicado à educação a distância. **SBIE2000 - XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, Maceió, AL. Novembro de 2000.

FUJII, N.; KOIKE, N..A time-sharing remote laboratory for hardware design and experiment with shared resources and service management. **ITHET 6th Annual International Conference**. 2005 IEEE July 7-9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic.T2B-

GOMES, H. E.; CAMPOS, M. L. A. Classificação e terminologia. ***In***: **Simpósio Latino Americano de Terminologia**, 2, 1990, Brasília. **Anais...** Brasília: IBICT, 1992. p.252-258.

GOMES, H. E. **Classificação, tesauro e terminologia** - fundamentos comuns. Disponível em: <http://www.conexaorio.com/biti/tertulia/tertulia.htm#1>. Acessado em: outubro de 2005.

HAHN, H. H.; SPONG, M. W.. Remote laboratories for control education. Conference on decision and control. **Proceedings of the 39 IEEE**. 895-900. Sydney, Australia December, 2000.

KAULA, P. N.. **Repensando os conceitos no estudo da classificação.** Disponível em: <http://www.conexaorio.com/biti/kaula/Kaula.htm>. Acessado em: 07.10.2005.

KOCIJANCIC S., O'SULLIVAN, C. **Integrating virtual and true laboratory in science and technology education**. IEEE November 6-9, 2002, Boston, MA. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. T2E-7.

LIMA, Joselice Ferreira; MEDRADO, João da Rocha N. ; MARTINS, C. A. P. S. . **Laboratório Virtual: apresentação, análise, conceituação e uma proposta de definição**.. In: XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) 2005, Campina Grande. v. 1. p. 1-12.

LIMA, Joselice Ferreira. **Esquema de Classificação de Laboratórios: aplicação nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG. Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica. Minas Gerais. Agosto de 2006.

MACÍAS, M. E.; CÄZARES, M. V.. **A virtual laboratory for introductory electrical engineering courses to increase the student performance**. 34nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. S2C-13. October. 2001.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSK, A. Remote laboratories versus virtual and real laboratories.. **33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference**. CO T3E-8.November 5-8, 2003, Boulder.

QUEIROZ, L. R.. **Laboratório Virtual de Robótica e Visão Computacional.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Departamento de Ciência da Computação. São Paulo. Novembro de 1998.

RONG, G. A case study of virtual circuit laboratory for undergraduate student courses. 2005 IEEE July 7-9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic. **ITHET 6th Annual International Conference**. T2B-21.

SHERA, J. H.. **Padrão, estrutura e conceituação na classificação**. Disponível em: <http://www.conexaorio.com/biti/shera/index.htm>. Acessado em: 07.10.2005.

SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, M. P. L. Recursos da computação gráfica para o desenvolvimento de um laboratório virtual de teoria eletromagnética. **COBENGE, 2001**. Porto Alegre, Setembro de 2001.

STEIDLEY, C.; BACHNAK, R.; Developing a Prototype Virtual Laboratory for Distance Science and Engineering Education. **ITHET 6th Annual International Conference**. 2005 IEEE July 7-9, 2005, Juan Dolio, Dominican Republic. T2B-1.

STEVANOVIAE, D.; ŠARANAC, A.; MATIJEVIAE, M.. New Educational Tool for Control Engineering. **VIII Triennial International SAUM Conference** on Systems, Automatic Control and Measurements. Belgrade, Serbia, November 5-6., 2004.

STIMSON, G.; TOMPSETT, B.. The potential contribution of virtual and remote aboratories to the development of a shared virtual learning environment: Report. **JSC Techonogy Applications Programme** – JTAP. 1997. University of Hull.

TRISTÃO, A. M. D., FACHIN, G. R. B., ALARCON, O. E.. **Sistema de classificação facetada e tesauros**: instrumentos para organização do conhecimento. Ci. Inf., Brasília, v. 33, n. 2, p. 161-171, maio/ago. 2004

VARY, P. J..(ED) **Report of the Expert Meeting on Virtual Laboratories International Institute of Theoretical and Applied Physics** (IITAP), Ames, Iowa. Paris. 2000. 64p.