



REFLEXÕES SOBRE ENSINO DE MEDIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Flávio Henrique Vasconcelos¹, Elson José da Silva², Wallace do Couto Boaventura³

¹ UFMG, Belo Horizonte, Brasil, fvasc@dee.ufmg.br

² UFMG, Belo Horizonte, Brasil, elson@dee.ufmg.br

³ UFMG, Belo Horizonte, Brasil, wventura@dee.ufmg.br

Resumo: Metrologia e instrumentação são disciplinas oferecidas separadamente na maioria dos cursos de engenharia na área elétrica de universidades do Brasil e do exterior. Convicto de que estes temas são partes de um todo e, portanto, devem ser tratados em conjunto e motivado a desafiar as posições contrárias, este artigo levanta questionamentos e traz propostas, abordando questões como o foco do ensino, a avaliação, as estratégias de ensino/aprendizado no laboratório, dentre outras.

Palavras chave: metrologia elétrica, instrumentação, avaliação do aprendizado, ensino.

Abstract:

Electrical metrology and instrumentation are important topics in engineering courses, studied as separated disciplines not only in Brazil but also in universities in many other countries. Convinced that they are just parts of a whole unit and motivated to challenge some different positions about the way the topics should be taught and learned, this paper raise questions and put propositions on laboratory teaching, student assessment and even on course design for a metrology/instrumentation course unit.

Keywords: electrical metrology, instrumentation, teaching, student assessment,

1. INTRODUÇÃO

Analisando os currículos de várias universidades do Brasil e do exterior pode ser claramente percebido que o tópico instrumentação é muito mais presente do que o tópico metrologia. Apesar da similaridade nos assuntos abordados em todos os cursos, é possível identificar duas tendências. Uma aqui denominada por europeia e outra qualificada de americana. A primeira se caracteriza por uma presença mais forte de tópicos de metrologia nas disciplinas. Essa tendência pode ser notada nos currículos dos cursos das universidades inglesas (Imperial College, University of Manchester) italianas (Politecnico di Milano) holandesas (T.U. Delft) e, principalmente, da Hungria

(Budapest University of Technology and Economics) e Polónia (Warsaw University of Technology), sendo também o caso de universidades em países asiáticos como Malásia (University Kebangsaan) e Índia (India Institute of Technology). Nas universidades da Europa do leste é grande a ênfase no estudo de instrumentos e técnicas de medições. Por contraste, as universidades na América do Norte tratam os tópicos de metrologia e instrumentação em aulas de laboratórios de disciplinas de eletrônica geral ou disciplinas com ênfase no estudo de sensores e dispositivos de aquisição de dados. De toda forma, abordam tópicos relacionados a metrologia de forma apenas tradicional. Isto pode ser comprovado nos currículos dos cursos de engenharia elétrica do MIT, da University of California em Berkely e da Carnegie-Mellon University nos Estados Unidos e da University of British Columbia no Canadá.

No Brasil algumas universidades seguem parcialmente a tendência americana e em outras percebe-se uma maior similaridade com a tendência europeia. No entanto, em muitas outras nota-se que metrologia e instrumentação adotam uma linha ligada a sistemas de energia elétrica, com pouca influência de eletrônica e computação. É comum a abordagem apenas de tópicos relacionados com dispositivos e instrumentos eletromecânicos para medição de grandezas elétricas, provavelmente um resquício deixado por reformas curriculares [1]. Os dispositivos eletrônicos para circuitos de medição praticamente não são tratados, a exceção ficando por conta do osciloscópio analógico. Por outro lado, constata-se a existência de um outro grupo de disciplinas em que são abordados tópicos de instrumentação eletrônica. Neste caso é nítida a influência da visão de controle de processos. A metrologia é pouco abordada e, em geral, a bibliografia existente passa por este tema de maneira apenas superficial. Por terem um universo comum, seria de se esperar que esses dois grupos de disciplinas fossem construídos a partir de uma visão única e muito mais complementar.

Tendo por base essa situação detectada nos cursos relacionados ao tema metrologia elétrica e instrumentação, este artigo tem por objetivos fazer questionamentos e colocar em discussão propostas para o ensino de metrologia/instrumentação, tratados sob uma ótica conjunta. As competências que um profissional precisa possuir para atuar na área são tomadas como elementos-chave, para definir unidades de cursos, que seriam elaboradas com base em abordagens pedagógicas mais atuais e eficazes, contrastando com a dos tradicionais conteúdos.

2. ENSINO DE MEDIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

De acordo com o órgão brasileiro de regulamentação da profissão, sistemas de medição é um dos campos de atuação para engenheiros na área elétrica. Essa possibilidade era mesmo colocada em prática desde os primeiros cursos de engenharia criados no Brasil, quando já podia ser notada a presença de disciplinas com tópicos em medições de grandezas elétricas. Considerando todo o desenvolvimento técnico dos últimos anos e a grande demanda por instrumentos e equipamentos de medição, seria lógico supor a existência de consenso sobre os elementos-chaves a compor a formação do profissional desta área. A realidade percebida a partir da análise dos currículos de vários cursos de engenharia no Brasil mostra que a situação é, no entanto, bem outra. Uma das razões que levam a isso está o fato de medições serem uma necessidade em praticamente todos os demais campos de atuação do engenheiro, delineando desta forma um sem número de perfis diferentes. Aliado a isso, deve-se considerar o grande dinamismo da área, provocado por avanços constantes em dispositivos (fig.1), técnicas e procedimentos. Além disso, a percepção intuitiva que afeta não só a prática profissional, mas também o ensino, uma vez que medição é um fato cotidiano da vida, aprofunda vícios e coloca obstáculos difíceis de serem contornados. Porém, muito possivelmente, a falta de discussões mais amplas entre as partes com interesse é que tem causado esse estado de coisas.



Fig. 1. Sistema de medição em ambiente industrial.

Em vista dessa situação, parece ser de interesse tentar descrever um conjunto de conhecimentos e habilidades que definiriam as competências essenciais para a formação de profissionais com condições para atuar na área de medição e instrumentação. Tentativas nesse sentido, obrigatoriamente, levantariam muitas questões, tais como:

- do ponto de vista de engenharia, o que, exatamente, é fazer medições?
- como pode ser definido o termo instrumentação, no contexto da engenharia?
- as competências a serem adquiridas pelo estudante, durante o processo de ensino/aprendizagem, para que seja capaz de atuar com medição e instrumentação se restringem as habilidades práticas ou conhecimentos e habilidades intelectuais são igualmente importantes?
- existem précondições para o estudante desenvolver as tais competências?
- o aprendizado dessas competências pode ser concentrado em uma única unidade de ensino ou é melhor que ele seja distribuído durante o curso?
- é necessário dispor de uma estrutura laboratorial, que geralmente tem um custo mais alto, para que o aluno desenvolva competências para dotá-lo de capacidade para atuar na área?
- etc.

As questões são muitas e as respostas, na maioria das vezes, não são óbvias.

3. LINHAS DE ABORDAGENS PEDAGÓGICA

Os currículos dos cursos de graduação no Brasil são constituídos por unidades de curso elaboradas durante um processo denominado “reforma curricular”. Como regra geral, até os novos cursos se enquadram nesse modelo, uma vez que raramente é levado a cabo um processo racional de criação de disciplinas desde o início. Em geral se toma algum outro currículo – de um curso mais consolidado – como modelo e, então, ajustes iniciais ou ao longo do tempo são feitos de forma a adaptá-lo considerando o corpo docente, a infra-estrutura existente e evolução tecnológica. Essa construção fragmentária, com foco apenas nos tópicos específicos a serem lecionados será aqui denominada de “abordagem baseada em conteúdos”. Cada unidade é reconhecida por um nome e um conjunto de tópicos (ementa), cabendo ao professor detalhar os conteúdos. Em geral, o detalhamento bem como as avaliações são feitos sem um foco claro na formação do aluno. O uso do laboratório como espaço pedagógico segue mais uma tradição do que objetivos claros e definidos. O estudante tem de seguir uma agenda pré-determinada, não tendo nenhuma possibilidade de participação na definição do que irá estudar em nenhuma etapa do curso.

Hoje em dia existe um grande interesse de universidades e mesmo de governos em modernizar o processo de ensino/aprendizado, não só para aumentar o número de estudantes no ensino superior, mas também para melhorar a qualidade do aprendizado [2] e aumentar a eficácia dos recursos dispendidos.

Um modelo de currículos mais eficaz foi proposto inicialmente nos anos de 1970 nos Estados Unidos [3] que, posteriormente, na década de 1990, começou também a ser adotado em universidades do Reino Unido. Atualmente já é igualmente aplicado em cursos de universidades na Europa, Austrália, Coreia do Sul, China, Índia, Malásia, etc.

3.1 Abordagem por “Resultados do Aprendizado”

Essa proposta define as unidades de curso a partir das competências que o estudante tem de adquirir [4], ao invés dos tradicionais conteúdos (fig.2).

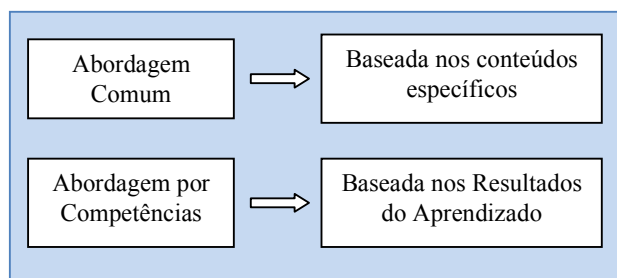


Fig.2 – Tipos de abordagens pedagógicas.

Cada unidade de ensino – disciplina, módulo, etc. – é elaborada para possibilitar ao estudante adquirir um conjunto de competências, compreendidas aqui como os conhecimentos, habilidades ou atitudes, que

estabelecem a coerência da formação técnica e pessoal, pretendida. O alvo do processo de ensino passa, então, a ser a verificação da aquisição desses conhecimentos, habilidades e atitudes, que constituem, por assim dizer, os *Resultados do Aprendizado* [1, 2]. Para ser aprovado na unidade de ensino, o aluno tem, então, de demonstrar os Resultados do Aprendizado (*learning outcomes*).

Pode ser dito que se a educação vale a pena ser discutida, também vale a pena ser definida.

O campo de atuação em sistemas de medição e de instrumentação pode ser definido a partir de certos elementos-chave. Estes seriam o sistema metroológico atual (SI, Tratado do Metro, padrões, etc.), métodos e procedimentos de medição, qualidade do resultado da medição, conversão de grandezas físicas em sinais elétricos por meio de sensores, circuitos e dispositivos eletro-eletrônicos para condicionamento de sinais analógicos, instrumentos de medição, aquisição de dados e interface analógico/digital e processamento digital de sinais.

“Resultados do Aprendizado” determinando unidades de curso na área de metrologia/instrumentação podem ser escritos [2] tomando por base os elementos-chave, descritos acima. Exemplos são dados abaixo:

1. (Usar?, Projetar?, etc.) instrumentos para realização de medições de tensão, corrente, resistência, etc. em circuitos CC ou CA (habilidade prática).
2. (Demonstrar?/Criticar? etc.) a relação entre um resultado obtido por medição com correspondentes unidades do SI. (conhecimento/ habilidade intelectual).
3. (Usar?/Elaborar?) métodos e procedimentos para medição de grandezas elétricas. (habilidade prática).
4. (Aplicar?/ Desenvolver?) modelos matemáticos e estatísticos para determinar o resultado completo da medição de grandezas elétricas (habilidade intelectual).
5. (Montar?/Projetar?) circuitos e dispositivos eletro-eletrônicos para condicionamento de sinais provenientes de dispositivos sensores, para medição de grandezas físicas. (habilidade prática).

A demonstração desses conhecimentos, habilidades e atitudes é o objetivo do processo de ensino. Os “resultados do aprendizado” estão escritos de acordo com a taxonomia de Bloom [5] para os verbos que denotam ação e tem significado inequívoco. Ao escrever os RA acima, no início de cada sentença foram colocados dois verbos. O objetivo é mostrar que um mesmo complemento pode definir *Resultados* de níveis complementamente diferentes. Já no primeiro exemplo, o nível de habilidade requerida de quem vai apenas *usar* alguma

coisa é completamente diferente daquela exigida de quem tem de *projetar*. Assim, esse mesmo conjunto ou uma parte dele poderia ser usado para definir unidades de curso de nível básico, de intermediário ou de nível avançado, de acordo com o nível de aprofundamento que os autores do projeto curricular desejam dar ao tema.

Para ter a habilidade prática de usar instrumentos para realização de medições, o aluno deve demonstrar que é capaz não apenas de operar os seus controles, mas também conhecer as suas características e limitações, condições de uso, o significado de estar calibrado, etc.

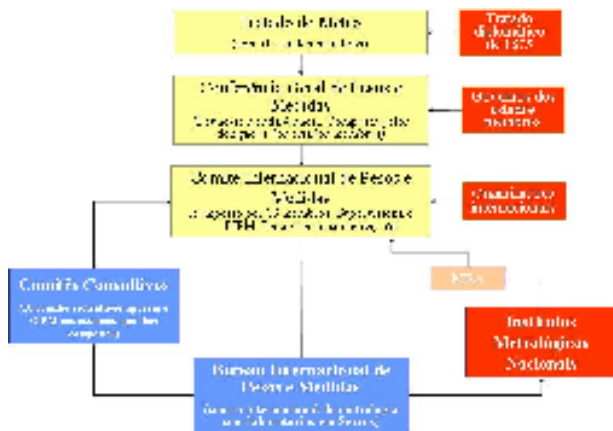


Fig. 3. Estrutura do sistema metrológico internacional.

Para demonstrar a relação entre um resultado de medição com a unidade SI, o aluno deverá aprender que, nos termos da metrologia, resultado quer dizer valor de posição em relação à unidade acompanhado da incerteza da medição. Isso envolve não somente o conhecimento do VIM [6], do Sistema Internacional de Unidades (SI) [7] e do Guia [8], mas também da estrutura atual do sistema metrológico (fig.3) para que seja capaz de estabelecer a relação entre aquele resultado, usualmente obtido com um instrumento de medição e a correspondente unidade do SI que o instrumento *representa*.

A habilidade para construir circuitos e dispositivos eletro-eletrônicos, tais como atenuadores, filtros, blindagem contra ruídos eletromagnéticos, conversores AC/DC, conversores A/D, circuitos para linearização do sinal, dentre outros, é muito importante na medida em que esses são elementos essenciais para possibilitar a medição de sinais proveniente de sensores dos mais diversos tipos que afetam diretamente o resultado e a qualidade da medição.

Medição é uma atividade metódica que requer o conhecimento e uso de instrumentos, de métodos (substituição, diferencial, etc) e de procedimentos detalhados nos termos do VIM, para que sejam obtidas estimativas de uma grandeza, com uma qualidade definida.

O senso comum se acostumou a relacionar o ato de realizar medições com o de registrar as indicações do instrumento com o qual se faz a medição. Uma das tarefas mais importantes do engenheiro de medições, que estaria inclusive contemplada ao se elaborar o procedimento de medição, é a de escrever a relação funcional, $Y=f(X_1, X_2, \dots)$, entre o mensurando (Y) e as aqueles fatores que contribuem de forma relevante para incerteza da medição. Para tanto, é preciso conhecer instrumentos, circuitos, métodos e técnicas de medição.

Outras competências de natureza não-específicas da engenharia, seriam igualmente importantes, dentre as quais podem ser relacionadas:

- (Comunicar?/Contrastar?, etc.) os resultados de trabalhos técnicos de maneira clara e coerente (habilidade intelectual).
- (Usar?/Avaliar?) o espaço laboratorial, não expondo a si nem outros a riscos de acidentes (atitude).

3.2 Avaliação

Na abordagem por conteúdos, o professor elabora as avaliações procurando verificar o domínio do estudante em relação ao tópico específico, tratado na disciplina. Não existe uma estratégia mais ampla para tratar a avaliação e a visão do curso é fragmentária.

No caso da abordagem por RA, um *esquema de avaliação* deve ser criteriosamente elaborado em razão de sua relevância nessa abordagem pedagógica. O esquema compreende um grupo de *métodos de avaliação* que são constituídos pelos *componentes de avaliação*.

O método de avaliação são os meios que examinador (professor) lança mão para verificar se o estudante é capaz de demonstrar os *Resultados do Aprendizado* de uma unidade de ensino em particular. Estabelece o grau de profundidade em que um determinado RA deverá ser demonstrado.

Os componentes da avaliação referem-se às técnicas elaboradas para avaliar os “Resultados” de uma unidade de ensino. Os componentes podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Grupo-1
a evidência de que o aluno foi capaz de demonstrar os “Resultados” é dada por meios que pressupõem a elaboração ou a análise de textos tais como relatórios de projetos, prova escrita, teses, etc.
- Grupo -2
exigem menor dependência da escrita como é o caso dos exames orais, jogos e simulações, projetos e montagens, elaboração de posters, trabalhos computacionais, etc.

Antes de escolher os componentes a serem utilizados, é importante verificar se a avaliação é de caráter apenas somativo, para determinar a nota, ou se é formativa, para corrigir equívocos ou aprendizados incompletos. A autoavaliação e a

avaliação pelos colegas (alunos avaliando alunos) são também importantes elementos de avaliação. Um outro aspecto diz respeito à confiabilidade (exemplo-1) e validade (exemplo-2) da avaliação [9].

Exemplo-1: A medição da altura de uma pessoa, usando como instrumento um elástico, dá resultados confiáveis?

Exemplo-2: A medida da corrente elétrica é um bom método para indicar o consumo de energia em uma residência?

Não existe um modelo único. O professor sempre terá liberdade de escolha, definindo o que achar mais recomendável para a sua situação específica.

Para comprovar que o estudante sabe *usar* instrumentos de medição, um componente de avaliação adequado seria uma prova prática, em um laboratório de eletricidade. O professor projetaria casos em que seria requerido o uso do instrumento ou do grupo de instrumentos, de maneira a se comprovar a competência do estudante. Perguntas sobre aspectos teóricos ou práticos dos instrumentos poderiam complementar a avaliação.

Por outro lado, se o RA a ser demonstrado tiver uma maior complexidade, envolvendo um problema em aberto que demandasse, por exemplo, *projetar* um instrumento ao invés de apenas usá-lo, o componente de avaliação mais adequado seria um projeto. A demonstração do RA seria na forma de relatório do projeto e de um protótipo do instrumento.

A demonstração de vários RAs pode se dar com um mesmo componente e até no mesmo espaço de tempo. Por exemplo, uma mesma prova escrita pode ser utilizada para avaliar conhecimentos, habilidade intelectual e até alguns aspectos de habilidades práticas.

O importante é garantir que o estudante que foi aprovado, tenha sido capaz de demonstrar a aquisição das competências.

3.3 Estratégias de Ensino-Aprendizagem

São os métodos de ensino empregados em cada unidade de curso, para criar as condições para o estudante adquirir as competências. Para possibilitar que ele venha a demonstrar RAs.

Para metrologia/instrumentação as competências identificadas envolvem conhecimentos, habilidades práticas, habilidades intelectuais e atitudes. Consequentemente, mais de uma estratégia deve ser usada e isso dependerá também do tamanho da turma, dos recursos disponíveis, das instalações físicas, etc. Algumas das estratégias mais comuns são a aula expositiva, a aula de laboratório, os seminários, o ensino à distância com uso de computador como Moodle e Teleduc, estudo individual, etc. Não se pretende aqui discutir de maneira detalhada cada uma das possibilidades existentes.

Em razão de muitos RAs serem classificados como habilidades práticas, o espaço laboratorial se torna uma das mais importantes instâncias de desenvolvimento dessas competências. Por outro lado, esta é uma ferramenta pedagógica que exige maiores investimentos e, assim, precisa ser bem planejada para cumprir o seu papel.

No laboratório o estudante desenvolve sempre habilidades no uso de instrumentos e procedimentos de medição, atitudes de segurança pessoal e organização no ambiente de trabalho, além das habilidades específicas da disciplina.



Figura-4 Estudantes de graduação desenvolvendo atividades experimentais relacionadas a metrologia e instrumentação, fazendo uso da plataforma educacional NI-Elvis®.

A aula em laboratório é das mais complexas que o estudante experimenta. Em geral, por falta de clareza de propósitos, de planejamento adequado, de equipamento, de tempo suficiente e até de capacitação do instrutor, esta também é uma das mais mal sucedidas atividades pedagógicas.

Um laboratório equipado para atividades de ensino de graduação e pós-graduação, não possui, necessariamente, equipamentos muito sofisticados. Já existem várias opções disponíveis para equipar laboratórios de graduação na área eletro-eletrônica. Uma solução interessante e moderna é a plataforma educacional NI-Elvis da empresa National Instruments (fig.4). Ao custo de um osciloscópio digital básico, ela se mostra uma ferramenta bastante útil para o desenvolvimento de habilidades práticas em metrologia/instrumentação. Dispondo de um conjunto de, pelo menos, onze instrumentos de medição, um proto-board acoplado e diversos terminais de entrada e saída, ela se presta para a realização da grande maioria das atividades laboratoriais, tanto em nível básico quanto avançado nesta área.

O nível das atividades em laboratório pode variar substancialmente. Vai desde a demonstração, em que o estudante é um observador da atividade experimental, até a elaboração da tese de doutorado,

quando ele age de maneira independente e sem supervisão. Ao longo de um curso de graduação é importante que, ao planejar as unidades de curso, isso seja considerado. Não é admissível, embora isso aconteça frequentemente, oferecer o mesmo tipo de acompanhamento para estudantes do início e do final do curso. A forma de conduzir as atividades determina o nível do curso. Sugestão para um período de um semestre de metrologia instrumentação são dadas abaixo:

- Domínio no uso dos principais instrumentos de laboratórios de eletricidade, como gerador de sinais, multímetros e osciloscópio. Análise das suas especificações: funcionalidades e limitações.
- Medição de grandezas elétricas (tensão, corrente, etc) com base em um procedimento [8] escrito pelo próprio aluno, visando a obtenção do resultado completo, incluindo a incerteza da medição.
- Dispositivos auxiliares para circuitos de medição de tensão e corrente em CA: divisores de tensão, conversor corrente/tensão, etc.
- Dispositivos elétricos e circuitos eletrônicos para minimização da incerteza devido ao:
 - efeito de carga.
 - ruído de modo-comum.
- Obtenção do valor RMS de sinais variáveis no tempo: método do valor médio absoluto, método do valor de pico e método do valor eficaz verdadeiro. Identificação dos fatores que mais afetam a incerteza de medição.
- Aliasing e filtro antialiasing para sistemas digitais de medição. Fontes de incertezas.
- Minimização da incerteza da medição devido a presença de ruídos senoidais: conversor A/D com circuito integrador de sinais.
- Medição de potência em circuitos CA: método da multiplicação da tensão e corrente. Identificação das fontes de incertezas.
- Uso do método de comparação para medição de resistência elétrica: circuito eletrônico e fontes de incertezas.
- Medição da frequência de sinais alternados: circuitos com contadores digitais.

Cada uma dessas atividades, tomadas isoladamente, é simples. No entanto, requerem atenção, persistência e tempo do estudante para realizá-la com sucesso. Sugere-se, então que sejam abordadas usando o modelo pedagógico de *Resolução de Problemas* [10], em que para finalizar a tarefa proposta em cada aula, o aluno teria de entregar um produto – dispositivo simples funcionando – e elaborar relatório, atendendo a requisitos mínimos estabelecidos pelo professor.

Um olhar mais atento para o grupo de atividades mostra que em cada uma delas o estudante estaria, na realidade, construindo uma parte de um instrumento de medição (voltímetro, amperímetro, ohmímetro, etc). Consequentemente, uma unidade de curso mais avançada poderia ser proposta na forma de projeto, em que o estudante atuaria de maneira mais independente, sem um grande direcionamento, para construir um instrumento proposto pelo professor.

Um último aspecto importante a ser tratado é sobre a bibliografia existente. Não existe um único livro cobrindo todo o assunto. É preciso se valer de várias referências. Aqui neste trabalho, nas referências bibliográficas, são citados algumas que deveriam ser indicadas em qualquer curso na área [6,7,8]. As duas primeiras são publicações disponíveis sem custo. O Guia [8] é essencial para compreender o cálculo da incerteza em medições. Outras referências podem ser obtidas diretamente da própria página na internet dos organismos metroológicos nacionais (NMI), como INMETRO (www.inmetro.gov.br), BIPM (www.bipm.org), NIST/EUA (www.nist.gov) dentre outros. Os textos em português para esta área não são abundantes. Aquele de autoria de A. Balbinot & V.J. Brusamello [11], em dois volumes, trata tanto a parte de instrumentos de medida, volume 1, quanto a parte de sensores, volume 2. O volume 1, onde são abordados também os conceitos de metrologia, ainda não incorpora a modernização trazida na década de 1990 pelo VIM e Guia. Os livros mais abrangentes e mais atualizados são, no entanto, de autores do leste europeu [12]. A bibliografia sobre circuitos eletrônicos para condicionamento de sinais [13] é bastante ampla. Para a parte de sensores referências importantes são Pallás-Areny & Webster [14].

4. CONCLUSÃO

Este artigo teve o propósito de colocar em discussão o foco do ensino/aprendizado para metrologia e instrumentação, entendida aqui como uma única disciplina ou área do conhecimento com temas que se complementam.

Foi apresentado uma metodologia, já adotada em outros países, onde as unidades de curso são elaboradas com base no conjunto de competências que o profissional deveria ter para atuar na área como engenheiro.

Essa maneira de constituir a unidade de curso, estabelecendo os “resultados do aprendizado” que o aluno tem de demonstrar para ser aprovado, se mostra muito mais racional do que a forma atualmente adotada na maioria dos cursos no Brasil. Ela permite o controle do nível e a avaliação se aluno está, de fato, apto a atuar profissionalmente. As atividades pedagógicas são elaboradas para possibilitar ao aluno a demonstração das competências.

Por último, destaca-se que o fato de propor definir unidades de curso a partir das competências, em nada diminui a riqueza do ensino superior. Pelo contrário.

Isso desperta no estudante a consciência para um esquema que ela/ele poderia usar para tentar compreender inclusive outras ações formativas existentes no ensino superior, que não são dadas nas salas de aulas.

REFERÊNCIAS

- [1] F. H. Vasconcelos & M.N. Borges, “*Novos Principios e Conceitos do Projeto Curricular para Cursos de Graduação em Engenharia*”, Revista de Ensino de Engenharia - ABENGE, n. 2, p. 7-33, 1997.
- [2] *Curriculum Design - Learning Components*, publicado em <http://www.ssdd.uce.ac.uk/crumpton/curriculum-design/default.htm>, consultado em 27/04/2009.
- [3] *Ability Based Curriculum*, Alverno College, http://www.alverno.edu/about_alverno/ability_curriculum.html, consultado em 02/03/2009.
- [4] R. Voorhees. “*Measuring What Matters: Competency-Based Learning Models in Higher Education: New Directions for Institutional Research*”. Ed. Jossey-Bass, 2001. ISBN-13: 978-0787914110.
- [5] B.S. Bloom et al. “*Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 1: Cognitive Domain*”. David McKay, 1974.
- [6] INMETRO “*Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM)*”. 3ª edição, disponível <http://www.inmetro.gov.br> em 02/2009.
- [7] INMETRO, “*Sistema Internacional de Unidades – SI*”. 8ª edição, Rio de Janeiro, ISBN 85-87-87090-85-2, 2003.
- [8] INMETRO, “*Guia para Expressão da Incerteza de Medição (ISO GUM)*”, 2ª edição, Serifa Editoração e Informática S/C Ltda., Campinas, SP, 1998. ISBN: 85-86768-03-0.
- [9] S. Brown & P. Knight, “*Assessing Learners in Higher Education*”, Kogan-Page, London, 1994. ISBN 0-7494-1113-9..
- [10] J. E. Stice, “*Teaching Problem Solving*”, publicado em <http://www.eecs.berkeley.edu/Courses/Data/182.html>, consultado em 20/04/2009.
- [11] A. Balbinot & V.J. Brusamarello, “*Instrumentação e Fundamentos de Medidas*”. Ed. LTC, vol.1 e 2. 2006. ISBN:85-216-1496-9..
- [12] S. Tumanski, “*Principles of Electrical Measurement*”. Ed. Taylor & Francis, 2006 ISBN 0-7503-1038-3.
- [13] S. Franco, “*Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*” McGraw Hill

Higher Education; 3a edição, 2003. ISBN 978-0071207034.

- [14] R. Pallás-Areny & J.G. Webster, “*Sensors and Signal Conditioning*”. 2nd edition, Wiley-Interscience, 1999. ISBN 978-0471332329.