

NORMAS E CÓDIGOS NO ENSINO DA ENGENHARIA MECÂNICA

Luiz Carlos Dalprat Franco¹

¹UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica – Departamento de Energia Térmica e Fluidos

***Resumo:** Embora presentes na atividade diária de muitos profissionais, as normas e códigos são muitas vezes ignoradas no ensino da Engenharia exceto naquelas especialidades que por imposição legal são balizadas pela normalização (Engenharia Estrutural por exemplo). Elas, em geral, são vistas como pouco relevantes ou muito particularizadas (“receitas de bolo”). À partir da conceituação das normas como requisitos de qualidade pretende-se analisar o processo de criação de normas e ilustrar através de alguns exemplos a sua aplicação como recurso didático na apresentação do conteúdo programático.*

***Palavras-chave:** Ensino, Normas, Códigos, Homologação, Certificação, Qualidade*

1. INTRODUÇÃO

Muita literatura é publicada sobre o ensino da Engenharia. A grande maioria está focada em compreender a maneira como os alunos aprendem, poucos abordam a perspectiva da abordagem pedagógica do professor. Esse trabalho pretende apresentar uma sugestão para abordagem das aulas de modo a se atender às particularidades de aprendizado da maior parte dos alunos.

2. ASPECTOS DA PEDAGOGIA DA ENGENHARIA

Nesta seção faremos uma breve apresentação de alguns conceitos relativos ao ensino. Posteriormente, na seção 3 proporemos a utilização de normas técnicas para a aplicação desses conceitos.

2.1. Estilos de Aprendizado

A literatura sobre a Pedagogia da Engenharia é bastante vasta. Grande parte dela, como não poderia deixar de ser, se volta ao estudo das características pessoais dos alunos em relação ao aprendizado, seus “estilos de aprendizado”, *Learning Styles* na literatura de língua inglesa.

Alguns desses conceitos são controversos no sentido de que não encontram unanimidade de opinião entre psicólogos e pedagogos (Felder et Brent, 2005) no entanto têm se constituído em ferramenta interessante e útil no esforço da melhoria do aprendizado de Engenharia (Lopes 2002).

Uma particularidade desses estudos é que eles procuram atender a realidade do ensino superior americano, onde o aluno entra na Universidade e através da composição de seu histórico escolar amanha os créditos requeridos para a carreira almejada.

Assim é possível que um aluno que ingresse na universidade com o objetivo de se tornar engenheiro altere seus planos e migre para outra carreira após ter cursado parte das disciplinas do currículo de Engenharia.

A preocupação é entender e minimizar essa evasão interna que na verdade leva a uma seleção dos alunos pelo estilo dos professores.

Entre nós, o vestibular já define a trajetória do aluno até sua eventual graduação. Ademais, até certo ponto, o vestibular uniformiza os alunos pelas suas características intelectuais dada a especificidade dos cursos preparatórios e dos exames da segunda fase de seleção.

A perspectiva profissional não está presente nesta fase. É esse aspecto que queremos abordar a seguir.

2.2. Inteligências Múltiplas

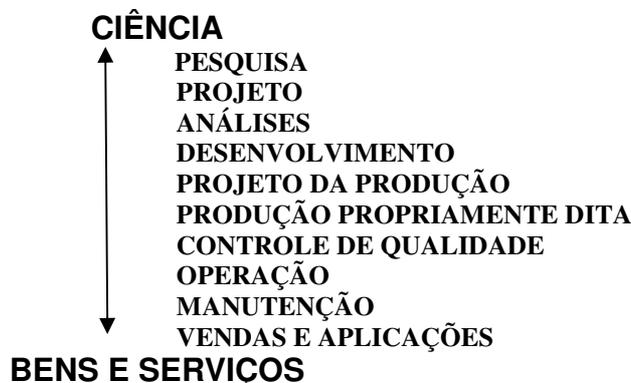
A teoria das Inteligências Múltiplas é um outro conceito que não conta com o reconhecimento unânime de psicólogos e pedagogos.

No entanto, ela já está bastante difundida na sociedade em geral e no meio empresarial sendo, mesmo, objeto de alguns livros de grande volume de vendas (Goleman 1996) e de estudos de sua aplicação no ensino de Engenharia (Marchetti, 2001).

Na visão de Shaw (2001), os engenheiros trabalham em um espectro de áreas que vão gradualmente desde a científica até a comercial (fornecimento de serviços e de bens materiais).

A atuação em cada uma dessas áreas vai requerer dos futuros engenheiros (os atuais alunos) o uso de suas aptidões (inteligências) naturais, bem como o desenvolvimento de outras.

A lista abaixo está reproduzida da referência mencionada (Shaw) e tem nossa tradução:



Portanto, não parece adequado que a metodologia de ensino deixe de levar em conta essa variabilidade.

2.3. O Aprendizado como Abstração

O aprendizado da matemática e, por extensão, de todas as ciências ditas exatas ocorre atingindo-se progressivamente níveis de abstração mais elevados. Para nos convenceremos disso, basta lembrarmos da sequência do nosso próprio aprendizado: contar com as mãos, tabuadas, álgebra, cálculo integral, análise vetorial, etc.

Isso permite que se abarque gradativamente problemas cada vez maiores e mais complexos.

A progressão do professor na carreira acadêmica não é diferente.

Por isso podemos tomar a advertência de Piaget (in Himmelblau et Riggs, 2006) embora primordialmente voltada para o ensino infantil, como válida para o nosso caso também:

“Piaget disse que a inteligência humana caminha em estágios, do concreto ao abstrato e que um dos grandes problemas do ensino é que os professores são formalmente abstratos enquanto que muitos alunos ainda pensam concretamente.”

3. NORMAS E CÓDIGOS

Normas técnicas são diretrizes que indicam a boa prática na execução de um serviço ou de um bem de utilização na sociedade.

Código no sentido estrito é uma coleção de leis atinentes a um mesmo assunto como, por exemplo, os Códigos de Posturas Municipais que regulamentam o direito de construir nas cidades.

Algumas Normas técnicas, em geral de maior porte e de origem americana, são chamadas de Códigos como por exemplo o Código ASME (Asme 2004) por abrangerem um escopo maior.

3.1. Como são feitas as Normas

As normas são, em geral, preparadas por grupos ou associações, usualmente privadas e de interesse específico como, por exemplo, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) ou a ASTM (“American Society for Testing and Materials”).

Quando algum agente do mercado percebe a conveniência de regulamentar os requisitos de qualidade ou de segurança de um produto ou serviço, ele recorre a essas instituições normativas, que criam uma Comissão de Estudos composta de especialistas oriundos dos diversos setores envolvidos (indústria, consumidores, governo etc.) a qual gerará uma minuta da Norma proposta. Essa proposta é levada à consulta pública por prazo determinado, após o qual é revisada ou publicada.

Como consequência do próprio processo de criação, uma Norma não tem força de Lei a menos que ela venha a ser mencionada na legislação como, por exemplo, algumas normas brasileiras de segurança contra incêndios.

Elas têm força jurídica porque são incluídas parte essencial de muitos contratos.

Usando uma frase de efeito, podemos dizer que *Toda Norma é Obsoleta*, pois representa a boa prática prevalecente naquele segmento até a época de sua preparação. Em função disso, muitas normas têm comissões de estudo

permanentes que cuidam de sua atualização periódica. No Brasil toda Norma deve ser reafirmada ou atualizada a cada cinco anos, conforme a ABNT.

3.2. Norma e Qualidade

O conceito de Qualidade é definido em relação a dois agentes: o fornecedor e o cliente. Para defini-la em uma simples frase é comum dizer-se: “Qualidade é a satisfação dos requisitos do Cliente”.

Na maior parte das atividades de Engenharia, os requisitos são múltiplos e complexos e nem todos os clientes têm estrutura organizacional para defini-los porque na maior parte das vezes o bem ou serviço em aquisição não é parte da finalidade produtiva deles.

Para exemplificar, voltemos à lista de Shaw no parágrafo 2.2. Um engenheiro de Manutenção que precisa adquirir uma bomba centrífuga provavelmente não tem o conhecimento de um engenheiro de Projeto de bombas, mas seguramente conhece as Normas relevantes pertinentes a esses equipamentos.

Por outro lado um engenheiro de Aplicação e Vendas de bombas centrífugas também precisa conhecer bem as Normas a fim de saber em que pontos o seu produto eventualmente não as atenda. Isto é relevante a fim de fazer uma ressalva em sua proposta e assim evitar disputas contratuais futuras, o que de resto é mais comum do que deveria ser na prática corrente da engenharia de projetos industriais.

É nesse sentido que se conceitua Norma como o documento que define os requisitos do cliente.

Como ela foi pré-definida em um contexto independente das vicissitudes do processo comercial de aquisição, torna-se mais fácil a obtenção do entendimento consensual entre as partes assegurando, deste modo, a qualidade do produto fornecido.

3.3. Alguns exemplos de Normas como Recurso Didático

3.3.1. Fator de Incrustação

No estudo da transferência de calor por convecção aparece o Fator de Incrustação (“*fouling*” na literatura de língua inglesa) para levar em conta a resistência térmica imposta pela eventual sujidade depositada pelo fluido em escoamento nas paredes do conduto.

O fator de incrustação quase nunca é quantificado nas apresentações didáticas e, no entanto, em não poucas aplicações ele é o que determina as dimensões do aparelho.

Em 1972, Taborek et al. (in Kakac et al, 1981) classificaram a incrustação como “*O principal dos problemas não resolvidos da transferência de calor*” e, ironicamente, a situação pouco se alterou até hoje.

O que a indústria utiliza são os valores empíricos sugeridos pelo TEMA (Tema 1999) e, especificamente no caso do segmento de Refrigeração e Ar Condicionado a Norma ARI (ARI, 1997).

Inúmeras tentativas de quantificar a incrustação em função dos parâmetros operacionais tiveram apenas sucesso relativo em algumas situações muito particulares.

A renitência do fenômeno da incrustação em se deixar quantificar pela abstração das ferramentas da modelagem física não deveria ser razão para se deixar de admitir em classe a sua natureza empírica e, assim, recorrer-se às normas de uso consagrado na prática da Engenharia. Retira-se desse modo, dos alunos a insegurança de ficar diante do imponderável. Ademais, o fato de terem consciência de estarem lidando com algo que é da prática corrente da Engenharia é usualmente bastante motivador para os alunos.

Situação muito parecida com a do fator de incrustação acontece com os Coeficientes de Segurança dos quais trataremos a seguir.

3.3.2. Coeficientes de Segurança

Após o desenvolvimento de uma solução para um problema é prática afetá-la de um Coeficiente de Segurança, que tem como função adaptar a solução às incertezas envolvidas no cálculo.

Faz parte do anedotário estudantil denominá-lo de Coeficiente de Ignorância, o que não deixa de ter um traço de verdade em muitos casos.

Segurança pode ser definida como ausência de risco, o qual, por sua vez, é a esperança matemática do dano, i.e., o produto do dano possível pela probabilidade de que aconteça.

As normas costumam deixar isso explícito e podemos citar dois exemplos:

ASME B31.8 (Asme, 2006) = O dimensionamento de gasodutos é diferente conforme as características de ocupação da área que ele cruza, um mesmo duto pode ter dimensionamentos diferentes em seus diversos trechos.

ABNT NBR-5419 (Abnt, 2005) = O grau de proteção requerido nas instalações de pára-raios depende do nível de ocupação e das atividades desenvolvidas na área protegida.

No caso de verificações estruturais, o risco é controlado pelas tensões admissíveis pela Norma. Por exemplo, no caso de vasos de pressão (Asme, 2004) o código prevê duas divisões (Normas) diferentes caso a verificação seja (i) feita por métodos que determinem apenas as tensões de membrana ou (ii) se o cálculo é mais refinado pela utilização do Método dos Elementos Finitos por exemplo. As tensões admissíveis no segundo caso são bastante superiores.

Se o objeto de estudo é um tanque atmosférico de produtos de petróleo, a norma mais empregada entre nós é a API (Api, 2001). Embora os materiais e tecnologia de fabricação utilizados nesse tanque sejam os mesmos dos vasos de pressão (Asme, 2004) as tensões admissíveis pela norma API são substancialmente maiores devido ao menor risco que os tanques representam.

3.3.3. Homologação Aeronáutica

No caso da homologação aeronáutica, o requisito do cliente é um só: a segurança nas operações de transporte aéreo comercial.

O cliente, nesse caso é difuso: é a tripulação embarcada, a de terra, trabalhadores em aeroportos, moradores no seu entorno e evidentemente os passageiros.

A certificação de aeronaves é antiga. No Brasil, no início dos anos 40 o Ministério da Aeronáutica já homologava as aeronaves de construção nacional (Cytrynowicz, 2006).

A homologação do transporte aéreo como um todo surgiu com a OACI (Organização da Aviação Civil Internacional) criada juntamente com a ONU em 1947 (De Florio, 2006).

A convenção que criou a OACI incorpora 18 anexos, periodicamente revisados e atualizados, que abrangem desde as cartas (mapas) aeronáuticas até os impactos ambientais da operação de aeronaves além da construção e operação das aeronaves propriamente ditas.

Neste último caso há basicamente duas normalizações subalternas: a americana (FAR) e a européia (EASA). No Brasil o RBHA, Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (Anac, 2010) segue *ipsisissima verba* o FAR e em apenas dois ou três casos a EASA.

Essa normalização é o material de trabalho diário de muitos Engenheiros Aeronáuticos; os fabricantes de aeronaves têm departamentos inteiros compostos de muitos engenheiros devotados à certificação e re-certificação de suas aeronaves, instalações e fornecedores.

Para as demais especialidades esse material é rica fonte de exemplificação das mais diversas áreas da engenharia. O Anexo 16 da OACI (Oaci, 2008), por exemplo, fornece grande oportunidade de exemplificação das aulas relacionadas ao meio ambiente nas áreas de poluição sonora e por gases de efeito estufa.

Ademais, qualquer acidente ou incidente no transporte aéreo tem sempre enorme repercussão na mídia com opiniões ou argumentação nem sempre bem fundamentada. Trata-se de uma contribuição para a formação da cidadania dos alunos, colocá-los a par do sistema normativo da aviação civil.

3.4. Conclusão

O trabalho pretende ter demonstrado que as normas técnicas podem ser um bom instrumento para o conteúdo das aulas, buscando utilizá-las como exemplo e assim, tornando a exposição menos abstrata. Esse mecanismo vai em encontro de muitas das recomendações da Pedagogia.

Mais professores deveriam manter-se informados sobre a normalização nas áreas de aplicação das disciplinas que ministram, para com isso apelar para a inclinação natural de pelo menos parte dos alunos, motivando-os ao aprendizado.

Além disso, deveriam participar ativamente do processo normativo, integrando as comissões de estudo pertinentes às áreas de sua atuação didática ou de pesquisa. A norma brasileira NBR 6123 (Abnt, 1988) é um excelente exemplo do que essa parceria pode produzir (Blessmann, 1989). Embora seja uma norma de aplicação na engenharia civil pode bem servir para exemplificar coeficientes de arrasto e turbulência atmosférica.

4. REFERÊNCIAS

- ABNT, 1988, “NBR-6123- Forças devidas ao vento nas edificações”, Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.
- ABNT, 2005, “ NBR-5419-Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas”, Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil
- ANAC, 2010, “ Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica” , disponível na rede em <http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>
- API, 2001, “Welded Steel Tank for Oil Storage”, American Petroleum Institute, Washington, DC, EUA.
- ARI, 1997, “Fouling Factors: A Survey of their Application in Today’s Refrigeration and Air Conditioning Industries”, American Refrigeration Institute, Arlington, VA, EUA.
- ASME, 2004, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code”, American Society of Mechanical Engineers, NY, EUA
- ASME, 2006, “ B31.8 –Gas Transportation and Distribution Piping Systems” , American Society of Mechanical Engineers, NY, EUA.
- Blessmann, J., 1989, “A Ação do vento em Edifícios”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil
- Cytrynowicz, R., 2006, “ Pioneirismo nos Céus: a História da Divisão Aeronáutica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo”, Editora Narrativa Um, SP, Brasil.
- De Florio, F., 2006, “Airworthiness”, Elsevier Publishers, NY, EUA

- Felder, R.M., et Brent, R., 2005, "Understanding Student Differences", Journal of Engineering Education, 94(1), 57-72 (2005)
- Goleman, D., 1996, "Inteligência Emocional", Ed. Objetiva, SP, Brasil
- Himmelblau, D.,M., et Riggs, J., B., 2006, "Engenharia Química – Princípios e Cálculos", Editora LTC, Brasil.
- Kacaç, S., Bergles, A.E. et Mayenger, F., 1981, "Heat Exchangers", Hemisphere Publishing Corporation, Washington, EUA.
- Lopes, W.M.G., 2002, "ILS-Inventário de Estilos de Aprendizagem de Felderr-Solomon: Investigação de sua Validade em Estudantes Universitários de Belo Horizonte", Dissertação de Mestrado, UFSC, Brasil
- Marcheti, A.P.C., 2001, "Aula Expositiva, Seminário e Projeto no Ensino de Engenharia: um estudo exploratório utilizando a Teoria das Inteligências Múltiplas", Dissertação de Mestrado, EESC-USP, Brasil.
- OACI, 2008, "Convention on International Civil Aviation- Annex 16-Volumes 1 e 2", International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada.
- Shaw, M. C., 2001, "Engineering Problem Solving: A Classical Perspective", Noyes Publications, Norwich, NY, EUA.
- TEMA, 1999, "Standards of the Tubular Exchangers Manufacturers Association", NY, EUA.

5. DIREITOS AUTORAIS

O autor é o único responsável pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

6. ABSTRACT

CODES AND STANDARDS AS AN AID TO THE TEACHING OF ENGINEERING

Luiz Carlos Dalprat Franco

UNICAMP – Faculdade de Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Termica e Fluidos

***Abstract.** Code and Standards even though being part of the everyday activities of many Engineers are very often ignored in the teaching of Engineering. Except for those cases where they are a legal requirement (Structural Engineering for instance) they are frequently regarded as having small relevance and tagged as "cooking recipes". The intent of this paper is to contextualize standards as the document that defines clients quality requirements in the practice of engineering by analyzing the process by which they are generated and then giving some examples as how some of them can be used in the classroom to illustrate the presentation of the syllabus content*

Keywords: Teaching, Standards, Codes, Airworthiness, Certification, Quality.