

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NOS CURSOS DE ENGENHARIA DO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS

Thieny de Cássio Lemes^a, Mikael Frank Rezende Junior^b

RESUMO

A Física Moderna e Contemporânea inaugurou um período que modificou radicalmente a visão de mundo, a ciência e as tecnologias. O desenvolvimento das Teorias Quântica e Relativística é considerado imprescindível para a formação profissional de físicos e engenheiros, já que estes profissionais são direta ou indiretamente agentes de inovação científica e tecnológica. Contudo, esses elementos estão presentes de forma discreta nos cursos voltados a áreas tecnológicas, como no caso das Engenharias, onde essa ausência está suprimindo da formação tecnológica todas as benesses teóricas e desenvolvimentos decorrentes. Neste trabalho, busca-se analisar as ementas e estruturas curriculares de diferentes cursos de graduação em Engenharia no Brasil visando detectar a presença de elementos da Física do século XX. Constata-se a existência de um número considerável de Instituições de Ensino Superior que abordam Física Moderna e Contemporânea em seus cursos de Engenharia, entretanto, tal abordagem ainda é, na maioria dos casos, apenas introdutória e/ou informativa.

Palavras-chave: Ensino de engenharia. Física moderna e contemporânea. Atualização curricular.

ABSTRACT

The Modern and Contemporary Physics inaugurated a time that radically modified the world vision, the science and the technologies. The development of the Quantum and Relativistic theories is considered indispensable for the physics and engineers, since these professionals are direct or indirectly agents of scientific and technological innovation. In this paper, we argue about the menus and programs of different courses on Engineering in Brazil to detect elements of the Physics from century XX. The existence of a considerable number of Higher Education Institution that have the approach with Modern and Contemporary Physics on their courses is verified, however, such approach is still, in most of the cases, just introductory and/or informative.

Keywords: Engineering teaching. Modern and contemporary physics. Curricular innovation.

^a Professor, Graduado, Escola Técnico-Industrial Tancredo Neves, Praça José Bento S/Nº – CEP 37530-000, Brazópolis - MG.

^b Professor, Doutor, Instituto de Ciências Exatas, UNIFEI, Av. BPS 1303, Pinheirinho, CEP 37500-903, Itajubá - MG.

INTRODUÇÃO

Atualmente é incontestável a dependência da sociedade moderna em relação aos frutos da engenharia, em um ritmo cada vez mais acelerado, seja através da projeção, estudo, desenvolvimento e avaliação de grandes construções, seja na criação de instrumentos, métodos e processos nos mais distintos campos.

Envolta pela contribuição de diversas áreas, como a Matemática, Física, Astrofísica, Química, Biologia, Geologia, Computação etc., as engenharias não somente são sorvedouros de conhecimento de áreas distintas para estudo, desenvolvimento e aplicação em técnicas, mas principalmente, contribuem de maneira significativa e seminal para o avanço da ciência e da tecnologia.

Sob essa óptica, ou seja, de não limitar o conhecimento gerado, desenvolvido e aprimorado pelas diferentes áreas da engenharia, e assumindo sua grande contribuição na fronteira do conhecimento humano, torna-se inconcebível que determinadas nichos fiquem ausentes ou sejam apresentados aos estudantes de engenharia de maneira informativa.

Tal conhecimento alardeado acima refere-se às grandes contribuições geradas a partir do desenvolvimento da Física do século XX, mais precisamente a Teoria Quântica e a Relatividade (restrita e geral) e de todas as suas decorrências teóricas e experimentais para a compreensão do mundo, do muito grande ao muito pequeno.

Advoga-se aqui acerca da necessidade imediata da implantação e ampliação da presença da Física Moderna e Contemporânea (FMC) de maneira efetiva e formativa nos cursos de engenharia no Brasil, principalmente porque os elementos da Física do século XX estão cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia como, por exemplo, as possibilidades de utilização da energia nuclear, o funcionamento dos aparelhos de ressonância magnética e das diversas aplicações da radioatividade, dos supercondutores e das nanotecnologias, ou ainda, devido as grandes divisas geradas a partir de conhecimentos acerca da FMC, como os GPSs, as nanoestruturas, os transistores, *lasers* e supercondutores.

Fortunato (2005), por exemplo, expressa a análise de especialistas em finanças que afirmam que o mercado para produtos das nanotecnologias era de 2,5 bilhões de Euros, mas que aumentará significativamente esse valor. A projeção de Fortunato (2005) condiz com a estimativa de

Lederman (1993), onde o autor analisava que já no início da década de 1990 mais de 30% do PIB norte americano relacionavam-se diretamente com as tecnologias decorrentes da FMC.

Entretanto, a importância da FMC na formação de engenheiros no Brasil não se limita ao alto volume de recursos advindos da aplicação desses conhecimentos, mas principalmente porque com a Teoria Quântica, por exemplo, tornou-se possível grandes avanços tecnológicos, como o microscópio eletrônico, o *laser* e o transistor, este base para revoluções tecnocientíficas recentes. Este catálogo de triunfos singulariza a Teoria Quântica como uma teoria verdadeiramente notável, uma teoria que descreve o mundo a um nível de precisão e de detalhes sem precedentes na Ciência.

Segundo Chibeni (2001), *pode-se afirmar com segurança que a Mecânica Quântica é a teoria científica mais abrangente, precisa e útil de todos os tempos* (p.2). Entretanto, é preciso ressaltar que o grande sucesso da Era Quântica tem chamado muito a atenção, inclusive em áreas que fogem do seu escopo, sendo que muitas aplicações e definições de termos da Física têm aparecido de maneira ingênua, e até perigosa, na literatura geral. Segundo Mota (2000, p.17, notas), a palavra Quântica, por exemplo, tem sido empregada em livros de assuntos variados: O direito quântico (Direito); A cura quântica (Medicina); Em busca da empresa Quântica (Negócios); O ser quântico (Auto-ajuda); Psi quântico (Psicanálise) e outros.

Na educação básica, pesquisas têm sido realizadas acerca das potencialidades da introdução de FMC nesse nível de escolaridade em caráter emergencial, e de dispor mesmo aos alunos que não seguirão carreiras científicas, elementos de FMC. Trabalhos já têm caracterizado tal necessidade (LOBATO e GRECA, 2005), desde a complicada questão curricular com a investigação dos conteúdos específicos passíveis de tratamento neste espaço de escolarização (OSTERMANN e MOREIRA, 2000), a busca por metodologias adequadas (ARONS, 1990; FISCHLER e LICHTFELDT, 1992; GIL e SOLBES, 1993; TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN e RICCI, 2004), assim como aplicações e a descrição das dificuldades encontradas nesses processos (OSTERMANN, 1999; MOTA, 2000, REZENDE JR, 2006; MACHADO e NARDI, 2007).

E ainda que o esforço já realizado junto a educação básica possa parecer externo ao escopo deste trabalho, ressalta-se aqui que pesquisas

têm mostrado que incentivos na formação escolar básica com o tratamento de temas e tópicos de FMC, por vezes, podem influenciar a escolha por carreiras voltadas para áreas científicas (KALMUS, 1992; WILSON, 1992; STANNARD, 1990). Entretanto, a opção por carreiras científicas não tem se consolidado como uma regra no espaço de escolarização básica. No Brasil, dentre o universo de alunos que optam por cursos, por exemplo, de Engenharia ou Física, são raros aqueles que recebem durante o seu período de escolarização básica qualquer tipo de formação referente à FMC (REZENDE JR e RICARDO, 2003).

Para o ensino de engenharia, assim como para a educação básica, pesquisas também têm expressado a importância da presença efetiva da FMC na formação inicial (SANTOS E SILVEIRA, 2008; SILVEIRA e BAGINSKI, 2008; SZAJNBERG e ZAKON, 2001a; ARAÚJO-MOREIRA e PÓVOA, 2000) com sugestões efetivas e ousadas para os enfrentamentos curriculares necessários (SZAJNBERG e ZAKON, 2001b; ZAKON, SZAJNBERG e NASCIMENTO, 2001).

Em face dos pontos elencados anteriormente, e do aporte teórico de trabalhos já realizados, torna-se imprescindível uma maior atenção à implantação ou ampliação da ênfase dada aos conceitos de FMC durante a formação inicial desses profissionais.

Tais questões, extremamente relevantes para a prosperidade de uma nação, são essenciais devido ao abismo de dependência tecnológica que pode ser gerado, principalmente em uma sociedade na qual a inovação tecnológica é um dos principais trunfos econômicos e políticos.

Por serem fruto de aplicação de conhecimentos científicos, as tecnologias modernas e seus processos de produção não são facilmente compreendidos e, portanto, são extremamente difíceis de serem copiados. Isto é, são altamente discriminatórios: quem não tiver competência científica estará condenado à periferia. A geração de tecnologias de base científica exige grande acúmulo de capital para investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, envolvimento de cérebros com competência em amplo espectro de conhecimentos e capacidade gerencial para produzir novos bens e serviços de elevada qualidade (PIRRÓ; LONGO, 2001, p. 2).

Em um sentido amplo, o engenheiro que se busca formar para este novo século deve possuir, além de outros atributos, uma base científica suficiente para acompanhar as mudanças tecnológicas e antever sua função econômica, assumindo atitudes que recaem sobre um novo tipo de

formação. Entretanto, segundo Colenci (2000), a universidade não acompanha as rápidas mudanças do mercado de trabalho, principalmente no mercado brasileiro, onde se verifica um alto nível de dependência tecnológica.

É urgente uma completa revisão metodológica e de conteúdo nos cursos de Engenharia, uma vez que, nas últimas décadas, as exigências sobre os engenheiros evoluíram mais rapidamente do que fomos capazes de incorporar à sua formação (PIRRÓ; LONGO, 2001, p. 4).

Diante de um cenário complexo, o presente trabalho visa ampliar a discussão sobre a importância da FMC nos cursos de graduação em engenharia. De maneira mais específica, será analisado como a FMC está presente nos cursos de engenharia no Brasil. Enfatiza-se a importância da análise aqui proposta em alinhamento com o trabalho de Szajnberg e Zakon (2001a), onde os autores enfatizam a importância das teorias e aplicações da FMC enquanto ferramentas capazes de atuar de forma transversal nas diversas áreas da engenharia, principalmente naquelas com relações diretas com as tecnologias mais avançadas.

HISTÓRIA DA ENGENHARIA NO BRASIL EM TEMPOS DE EXPANSÃO

Segundo BAZZO (2000), o ensino formal de engenharia surgiu apenas em 1747, quando foi criada na França aquela que é considerada a primeira escola de engenharia do mundo, a *École des Ponts et Chaussées*. Com isso novas escolas de engenharia surgiram na França, entre elas a *École Polytechnique*, formando engenheiros com fortes embasamentos teóricos; os países de língua alemã e os Estados Unidos logo criaram seus cursos de engenharia, e com essas escolas, a técnica moderna tomou corpo.

Contudo, no Brasil, o início do ensino de engenharia se deu na Academia Real Militar em 1811, para a formação de engenheiros militares, e somente em 1823, um decreto permitiu a matrícula alunos civis. Após a proclamação da República em 1889, foram fundadas, ainda no século XIX, mais cinco escolas de engenharia (OLIVEIRA, 2005), sendo que até 1946 existiam quinze instituições de ensino de engenharia no Brasil (BAZZO, 2000).

Em tempos atuais, Oliveira (2005) mostra que houve um crescimento no número de cur-

tos e de modalidades de engenharias a partir de 1997 e, esta expansão, ocorreu mais no setor das Instituições de Ensino Superior (IES) privadas.

No período de 1991 a 2002, o número de cursos de engenharia passou de 149 para 809, um aumento de 433% de crescimento, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP, 2004). Com a demanda cada vez maior pelos serviços de engenharia, o número de IES que oferecem cursos de engenharia já chega a 380, totalizando 1346 cursos, segundo dados do INEP (INEP, 2009) consultados entre setembro de 2007 e junho de 2008, sendo que a maioria destes encontra-se em IES privadas.

Já em relatório atualizado do INEP (2009), consolidado na versão preliminar da sinopse da educação superior – 2008, o número de cursos presenciais de Engenharia perfaz 1406. Esse aumento deve-se, principalmente, a implantação do Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI (BRASIL, 2007).

O Programa REUNI teve sua implantação nas IES públicas a partir do 1º semestre de 2008, e tem como objetivo principal *criar condições para a ampliação do acesso e permanência na educação superior, no nível de graduação (...)* (BRASIL, 2007, p. 10). Em fase de implantação, o REUNI aumentou de maneira significativa o número de cursos ofertados nas IES públicas, comparando os dados dos últimos três anos.

Neste sentido, alertamos para a importância do estudo aqui apresentado, visto que, em uma fase de expansão universitária dessa magnitude, torna-se interessante o estabelecimento de uma análise referente da ampliação da FMC nos cursos de engenharia no Brasil em prol de uma nação científica e tecnologicamente competitiva.

Assim, como existiu no Brasil nas últimas décadas um esforço no intuito de construir uma infra-estrutura propícia à inovação tecnológica, não é forçoso considerar que o país teve um sucesso parcial nessa empreitada face aos notórios resultados alcançados no campo científico em quase todas as especialidades. Porém, reconhece-se que no campo tecnológico o avanço tem sido modesto, fato que pode ser atribuído a diversas razões que variam desde o fracasso da educação básica até os simplórios investimentos na área de desenvolvimento tecnológico (BANCOVSKY, 2004).

Diante desta considerável expansão de cursos de engenharia coube aos profissionais ligados ao ensino propor novos currículos, que visassem formar engenheiros aptos a lidar com os desafios da modernidade.

Dessa forma, pretende-se com este trabalho salientar a importância da ciência básica na formação destes profissionais tão ligados às tecnologias, mais especificamente na ainda insipiente presença de FMC nos cursos de engenharia no Brasil. E apesar de fundamental, a discussão aqui apresentada não entrará na seara das sugestões curriculares, metodológicas, ou na tradicional discussão departamental sobre “carga-horária” (CH), pois não é este o objetivo proposto, ainda que tais discussões devam ser feitas com brevidade em outros estudos e cenários.

Ressaltamos também que há quase uma década, trabalhos como os de Szajnberg e Zakon (2001b) e, Zakon, Szajnberg e Nascimento (2001) têm realizado propostas de estruturação curricular em prol da ampliação da FMC nas estruturas curriculares dos cursos de engenharia, no intuito de conferir uma qualidade formativa a esses conteúdos.

METODOLOGIA

O estudo aqui apresentado pautou-se na legislação para os cursos de engenharia e em trabalhos referentes à introdução de FMC na educação básica e superior.

Primeiramente, estabeleceu-se o que seria considerado elementos e tópicos de FMC nas ementas das disciplinas buscadas e catalogadas. Os principais itens considerados foram: Mecânica Quântica, Relatividade Restrita ou Geral e Tópicos de Física Moderna (sólidos, condutores e semicondutores, modelos nucleares e partículas elementares).

Posteriormente, com a ajuda do sistema de busca de instituições (MEC, 2007a; MEC, 2007b) oferecido pelo MEC, foi feito um levantamento das IES (Federais, Estaduais, Municipais, Privadas, Centros, Institutos e Fundações) que oferecem cursos de graduação em engenharia. De posse destes dados, foram catalogados praticamente todos os cursos de engenharia do país até meados de 2008.

A fim de detectar possíveis divergências, confrontamos os dados obtidos com os dados apresentados nos sítios eletrônicos das IES, pois, no período da pesquisa havia diversas referências no sítio do MEC desatualizadas. A relevân-

cia dessa informação para a caracterização desse trabalho deve-se ao rápido avanço de criação de cursos, principalmente em função do Programa REUNI (BRASIL, 2007) e da implantação do sistema de buscas e-MEC (MEC, 2009).

Com as instituições e cursos de engenharia catalogados buscou-se as grades curriculares e respectivas ementas das disciplinas que compõem os cursos de engenharia. Quando as ementas estavam disponíveis nos sítios eletrônicos das IES, as mesmas eram analisadas, visando detectar a presença de temas e tópicos de FMC, entretanto, problemas muito freqüentes vieram a comprometer o trabalho. Dentre as dificuldades destaca-se, principalmente, a ausência do ementário dos cursos nos sítios eletrônicos institucionais. Quando tal fato era identificado, foi usada outra estratégia, de estabelecimento de contato via correio eletrônico com coordenador ou responsável pelo curso, onde foram solicitadas as informações. Infelizmente, foram poucos os que retornaram.

A partir da estrutura curricular e ementária dos cursos pesquisados, foi extraída a CH total dos respectivos cursos e a CH total das disciplinas de Física Básica, não considerando disciplinas específicas, como Mecânica dos Flúidos, Mecânica dos Sólidos, entre outras.

Após a análise da estrutura curricular dos cursos, foram estudadas as ementas das disciplinas, principalmente as de Física, com o interesse de identificar a presença de elementos de FMC, e em caso positivo, a designação da estimativa da quantidade de horas destinadas a esse tratamento.

Com os dados institucionais coletados, construiu-se uma tabela contendo informações sobre a natureza do curso (por exemplo: Engenharia Mecânica), a instituição que o oferecia, a CH total dos cursos de engenharia, a CH das disciplinas de Física, a quantidade de horas da disciplina que continha FMC e a quantidade aproximada de horas destinada à FMC. Utilizando-se destes dados, optou-se por utilizar um valor médio para representar as variáveis, a saber: CH total do curso, CH de Física Básica e CH destinada à FMC.

Considerou-se assim somente os cursos que apresentaram os dados completos como uma extrapolação estatisticamente possível, onde utilizou-se o procedimento de amostragem estratificada, no intuito de evitar que os diversos estratos não sejam convenientemente representados na amostra.

A amostragem estratificada consiste essencialmente em pré-determinar quantos elementos da amostra serão retirados de cada estrato. A pré-determinação pode ser feita de várias formas, entretanto, para a análise aqui proposta, utilizamos a pré-determinação proporcional, onde o número de elementos sorteados em cada estrato é proporcional ao número de elementos no estrato. A amostragem estratificada proporcional é recomendável neste estudo, pois fornece uma amostra mais representativa da população.

O procedimento de amostragem foi realizado inicialmente determinando o número de cursos que seriam avaliados globalmente, e utilizando-se um fator de correção no procedimento de amostragem aleatória simples, pois a amostra é finita, dada por:

$$n = \frac{N\sigma^2 z_{\alpha/2}^2}{(N-1)\epsilon^2 + \sigma^2 z_{\alpha/2}^2}$$

onde N é o tamanho da amostra, σ^2 é a variância populacional, z é obtido em tabelas de distribuição normal com nível de confiança, geralmente 5%, e ϵ é o erro amostral.

Neste trabalho consideramos: N= 1346, $\alpha = 5\%$ o que retorna $z = 1,96$, $\epsilon = 10\%$ da média. Tendo como estratos as regiões brasileiras, temos como média 269,2, o que resulta em $\epsilon = 26,92$ e variância igual a 75305,2. Substituindo na equação obtemos que uma amostra de $n = 308$ cursos pesquisados é suficiente para representar o total.

Ainda considerando as regiões brasileiras como estratos, ponderou-se o tamanho da amostra selecionado pelo tamanho de cada estrato. Esta foi feita estabelecendo-se um peso para cada estrato calculado como o tamanho do estrato dividido pelo total de cursos. Por exemplo, para a região Sul = $266/1346 = 0.198$. Esse peso é multiplicado pelo tamanho da amostra determinado anteriormente: $0.198 \times 266 = 61$ cursos.

Se considerarmos as regiões como estratos, o número ideal de cursos avaliados por região seria:

Tabela 1 - Número ideal de cursos a serem analisados por regiões da federação

Região	Cursos de Engenharia		Amostragem por estrato com 5% de confiança	
	Total	Cursos com dados completos	Pesos	n'
Sul	266	161	0.198	61
Sudeste	738	287	0.548	169
C. Oeste	70	25	0.052	16
Norte	80	21	0.059	18
Nordeste	192	26	0.143	44
Total	1346	520	1.000	308

Assim, a única região que não estaria bem representada é a região nordeste, mas no total, foram avaliados mais cursos que o necessário, em um total de 520 analisados.

Cabe ressaltar ainda que os dados foram coletados antes da completa implantação do Programa REUNI, entretanto, alerta-se aqui que impactos dessa implantação devem ser cuidadosamente analisados posteriormente.

ANÁLISE DE DADOS

A distribuição de cursos de engenharia pelo país pode ser observada pela Tabela 2. Nesta, agrupamos os cursos de engenharia de acordo com o tipo de IES em que os mesmos são oferecidos, ou seja, IES públicas ou privadas.

Tabela 2 - Distribuição de cursos de engenharia nas IES por regiões da federação

Região	Cursos de Engenharia		Cursos oferecidos em IES privadas		Cursos oferecidos em IES públicas	
	Total	%	Total	%	Total	%
Sul	266	20	160	60,1	106	39,9
Sudeste	738	55	504	68,3	234	31,7
C. Oeste	70	5	39	55,7	31	44,3
Norte	80	6	26	32,5	54	67,5
Nordeste	192	14	66	34,4	126	65,6
Total	1346	100	795	59,1	551	40,9

Dos dados apresentados, é notório a presença da grande maioria dos cursos de engenharia nas regiões Sul e Sudeste, que juntos representam cerca de 75% do total ofertado no país. As regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste detêm apenas 25% dos cursos de engenharia oferecidos no Brasil. Tal fato evidencia que a diferença e a concentração de recursos relacionam-se signifi-

cativamente com a distribuição desses cursos no território nacional.

Em termos de cursos oferecidos em IES públicas ou privadas, a distribuição apresentou disparidade. Nota-se que as regiões Norte e Nordeste apresentam a maioria de seus cursos em IES públicas.

No que se refere à quantidade de cursos por modalidades, pode-se afirmar que cursos como Engenharia de Produção, Elétrica, Civil, Mecânica e Computação são as modalidades com as maiores frequências. Segundo Oliveira (2005), o maior índice de crescimento no período de 1996 a 2005 verifica-se na Engenharia de Produção. Dos quase 80 cursos que são criados em média por ano a partir de 1997, mais de 20% são desta modalidade. Isso mostra que além de novas tecnologias e preocupações estruturadas com o meio ambiente, a gestão tornou-se uma atividade altamente requisitada.

Em função dos dados disponíveis, foi estruturada a Tabela 3, que visa quantificar os cursos por regiões da federação em que foi possível a obtenção dos dados a partir das ementas e programas das disciplinas.

Tabela 3 - Cursos de Engenharia com ementas e estruturas disponíveis para análise

Região	Cursos de Engenharia		Cursos com dados completos		Cursos com dados incompletos	
	Total	%	Total	%	Total	%
Sul	266	60,5	161	60,5	105	39,5
Sudeste	738	38,9	287	38,9	451	61,1
C. Oeste	70	35,7	25	35,7	45	64,3
Norte	80	26,2	21	26,2	59	73,8
Nordeste	192	13,5	26	13,5	166	86,5
Total	1346	38,6	520	38,6	826	61,4

Em um total de 1346 cursos de Engenharia, 38,6% disponibilizaram as ementas das disciplinas para análise. Dos cursos analisados pode-se afirmar que as IES públicas mostraram maior transparência nas informações de seus ementários e grades curriculares, enquanto que IES privadas, por diversas vezes, mostram certa resistência em expor seus programas curriculares. Nota-se também que a região Sul apresenta o maior número dos dados requeridos para nosso trabalho, que somados a região Sudeste com cerca de 39% dos dados completos, nos fornece uma amostra consideravelmente significativa, já que nessas duas regiões se encontram o maior número de cursos do país.

Convém ainda ressaltar que nas regiões Norte e Nordeste identificou-se uma enorme dificuldade para a obtenção dos programas e estruturas curriculares dos cursos, o que fez com que fossem enviados diversos e-mails solicitando os dados. Contudo, foram raros os retornos. O trabalho de Perfoli e Rezende Jr (2006) também relata a dificuldade na obtenção dos dados, seja na disponibilidade no sítio oficial das respectivas IES, seja através do contato com coordenadores e gestores de cursos.

A CH total dos cursos também é um elemento importante para discussão. Para resumir a informação fez-se a média aritmética da CH total dos cursos de engenharia por estados e, a partir destes resumos, obteve-se a média da CH total dos cursos por região administrativa. A heterogeneidade contida na amostra foi representada pelo desvio padrão de cada região. A Tabela 3 apresenta os principais resumos de interesse da variável CH total dos cursos de engenharia por regiões.

Tabela 4 - Resumos da CH total dos cursos de engenharia nas regiões e no Brasil

Região	CH total dos cursos de engenharia (média em horas)	Desvio Padrão
Sul	4010	439
Sudeste	3970	539
C. Oeste	3848	296
Norte	4001	425
Nordeste	3945	358
Brasil	3893	393

A partir destes resultados notamos que, em média, os cursos possuem CH acima do mínimo estipulado pelas Diretrizes Curriculares para Cursos de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2001a), a qual estipula que os cursos devem ter no mínimo 3600 horas, sendo 30% da CH total destinadas a compor arcabouço de disciplinas básicas, incluindo a Física.

Outro ponto relevante refere-se ao tratamento dispensado às disciplinas consideradas básicas, principalmente a Física, que é peça fundamental da análise aqui proposta, já que elementos de FMC aparecem predominantemente em disciplinas de Física básica. Dessa forma, buscamos nas grades curriculares a CH total destinada à Física básica. Visando resumir os dados observados, foram obtidas as médias e os desvios padrão das CH totais destinadas às disciplinas de Física básica para os estados da federação e, posteriormente, para as regiões do país. Os resumos foram calculados, também, em nível nacional, como pode ser observado na Tabela 5.

ração e, posteriormente, para as regiões do país. Os resumos foram calculados, também, em nível nacional, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumos da CH total de Física básica dos cursos de engenharia nas regiões e no Brasil

Região	CH total de física - média em horas	Percentual comparativo de CH física e CH total	Desvio Padrão
Sul	263	6,56%	88
Sudeste	274	6,90%	91
C. Oeste	254	6,60%	94
Norte	182	4,55%	97
Nordeste	282	7,15%	117
Brasil	261	6,70%	93

De acordo com estes resultados afere-se que a quantidade de horas destinada à Física básica nos cursos de engenharia é significativa se comparada a CH de outros cursos, como por exemplo, os próprios cursos de Física. A diferença, entretanto, está na regulamentação dos cursos de física, que sugere através do parecer CNE/CSE 1304/2001 (BRASIL, 2001b) a incorporação obrigatória da FMC no núcleo comum das disciplinas.

Nota-se que somente a região Norte apresenta certo distanciamento em relação à média nacional. Este fato deve-se as principais modalidades de engenharia ofertadas nesta região, como Engenharia Ambiental, Florestal e Agrícola, ou seja, cursos mais voltados a análise, manejo e utilização dos recursos naturais. Em todas as outras regiões a CH é aproximadamente igual.

Dando continuidade, quantificamos o número de horas destinadas a elementos de FMC nos cursos de engenharia do país. Uma projeção do percentual de cursos que abordam elementos de FMC é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Cursos com dados completos que apresentam FMC em seus currículos

Região	Cursos com dados completos	Cursos que abordam elementos de FMC		Cursos que não abordam elementos de FMC	
		Total	%	Total	%
Sul	161	120	74,5	41	25,5
Sudeste	287	182	63,4	105	36,6
C. Oeste	25	11	44,0	14	56,0
Norte	21	4	19,0	17	81,0
Nordeste	26	19	73,0	7	27,0
Total	520	336	64,6	184	35,4

Dos dados acima observa-se que nas regiões Sul e Sudeste é significativa a concentração de cursos que apresentam elementos de FMC em suas estruturas curriculares.

Não obstante, são também essas regiões que congregam estados que, segundo os indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo (FAPESP, 2004), em 2002 apresentaram gastos em P&D cerca de R\$ 4 bilhões, correspondendo a 36,3% do investimento nacional. O reflexo dessa ordem de investimentos traz reflexos imediatos na produção científica e tecnológica. Segundo a base Science Citation Index Expanded (SCIE) do Institute for Scientific Information (ISI), em 2002 a produção brasileira foi de 15.846 artigos indexados (1,5% da mundial), e nesse mesmo período, a produção paulista foi de 8.538 artigos (0,8% da mundial na base SCIE).

A análise aqui apresentada também evidencia correlações com o estudo de Perfolli e Rezende Jr. (2006) onde os autores ao analisarem a estrutura de 10% dos cursos de engenharia no Brasil, obtêm um percentual médio de 62% de cursos que apresentam elementos de FMC em seus currículos. Fazendo um comparativo com os resultados encontrados na Tabela 6, há uma concordância estatisticamente significativa entre os dados.

Um ponto evidenciado por essa pesquisa é que geralmente quando a FMC é abordada em um determinado curso de uma IES, ela se encontra presente em todos os demais cursos de engenharia, independentemente da área, oferecida por aquela instituição. Observou-se também que a grande maioria dos cursos em IES públicas oferece pelo menos em alguma disciplina de Física elementos de FMC, ainda que elas cheguem a oferecer uma disciplina exclusiva para abordar tal temática.

De forma geral, nota-se que muitas IES no Brasil já estão abordando FMC nos currículos de engenharia, ainda que isto seja por iniciativa própria, pois como apontado anteriormente, não há na legislação pertinente nada que evidencie tal necessidade.

Adentrando aos objetivos propostos, também foi estimada a CH destinada aos elementos de FMC nos cursos de engenharia. Para isso foram considerados somente os cursos com dados completos e que apresentam FMC em suas estruturas curriculares. A Tabela 7 apresenta a CH destinada à FMC por regiões.

Tabela 7 - Síntese da CH dedicada a elementos de FMC nos cursos de Engenharia

Região	CH total destinada a FMC (média em horas)	Desvio Padrão
Sul	40	10
Sudeste	33	7
Centro-Oeste	42	25
Norte	40	0
Nordeste	32	15
Brasil	36	14

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7, as regiões Sul, Centro-Oeste e Norte apresentam CH superior à média nacional. Convém ressaltar que estes resultados são mais confiáveis às regiões Sul e Sudeste, visto que nestas regiões foi possível analisar um número considerável de ementas e programas, enquanto que nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste foram poucos os cursos que disponibilizaram os dados para análise. Este fato merece destaque, pois as conclusões podem ser tendenciosas, como por exemplo, na região Norte, onde somente quatro cursos que disponibilizaram a grade curricular apresentaram FMC com CH média igual à 40 horas. Assim, apesar da variação da CH dedicada a FMC na região ser nula, não significa que todos os cursos da região possuem a mesma CH, ou seja, a informação contida na amostra não representa a realidade da população em estudo.

Diante dos resultados obtidos ressalta-se que a quantidade de horas destinadas à FMC nos cursos de engenharia ainda não é satisfatória. Na ampla maioria dos cursos analisados, a Física do século XX está inserida apenas de forma introdutória, basicamente com o intuito de apresentar um histórico do grande avanço científico e tecnológico do século XX.

Assim, como discutido e apresentado neste trabalho, é fundamental fornecer ao profissional ligado às engenharias ferramentas básicas para compreender, desenvolver e criar produtos de alta tecnologia e valor agregado. No entanto, o tempo destinado a elementos de FMC precisa ser ampliado nas respectivas estruturas curriculares dos cursos de engenharia, tanto teórico como experimental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uma estimativa de CH média em relação aos conhecimentos de FMC no Brasil inferior a 40 horas durante a formação inicial de engenheiros, um quadro de dependência técnico-científica tende a consolidar-se em relação a essa área do conhecimento.

Para esse estudo, eventuais dificuldades foram encontradas, dentre elas, a ausência da estrutura curricular e ementária dos cursos de graduação em engenharia nos sítios das IES. Para objetivos mais amplos, para além deste estudo, esse tipo de informação é vital, mas também para oportunizar a ingressos e estudantes de engenharia a opção consciente entre um ou outro curso.

A legislação educacional para as graduações em engenharia no Brasil é vaga, pois de acordo com esta o núcleo de conteúdos básicos deve compreender cerca de 30% da CH mínima do curso. Entretanto, nos conteúdos de Física, Química e Informática apenas se exige atividades de laboratório, não especificando os conteúdos que devem ser abordados. Com isso, gestores curriculares fazem as opções mais adequadas no que diz respeito, por exemplo, sobre quais conteúdos de física serão contemplados nos cursos, podendo ou não, abordar elementos de FMC. Não advogamos aqui em prol de qualquer tipo de engessamento curricular, entretanto, é importante ressaltar que qualquer indicativo legal em prol da inserção concreta e efetiva de elementos de FMC nos cursos de engenharia pode contribuir para a melhoria da formação dos futuros egressos.

Verificou-se também que existem raros trabalhos que buscam determinar se os estudantes de engenharia estão tendo uma CH mínima de FMC em sua formação; trabalhos que visam à inserção da FMC na engenharia também são escassos.

Considerando a análise quantitativa realizada nas ementas e programas das disciplinas dos cursos de engenharia pode-se constatar que existe um número considerável de IES que, por iniciativa própria, abordam elementos de FMC em seus currículos. A partir do levantamento de dados foi possível concluir que a CH de FMC é ainda bem modesta. Entretanto, um estudo mais aprofundado, centrado em aspectos qualitativos se faz necessário, principalmente para averiguar com que profundidade os principais temas e tópicos de FMC são trabalhados.

À guisa de conclusão contata-se que no Brasil os cursos de engenharia não têm dado a devida atenção à formação destes profissionais quanto ao fornecimento de ferramentas básicas para possíveis inovações científicas e tecnológicas que envolvem FMC. Nesse sentido, uma ampliação visando o seu desenvolvimento e a respectiva apropriação teórica, experimental e de inovação por profissionais dessas áreas é altamente desejável.

A ampliação da capacidade de gerar bens e serviços a partir desses conhecimentos, o que é um fator determinante das expressões política, econômica e militar do poder relativo entre as nações, não é a única razão pela qual advogamos em prol da ampliação da presença de FMC nos cursos de Engenharia. Fundamentalmente, enfatizamos que, por entender a importância da formação inicial em toda sua vida profissional, é que o reconhecimento de alguns aspectos básicos dessa área do conhecimento é tão relevante.

Como qualquer outra manifestação científica, tecnológica ou cultural, a ampliação da FMC nos cursos de engenharia não se justifica somente dentro das perspectivas de atualização curricular, mas principalmente porque a FMC é parte da cultura contemporânea. A FMC não traz em seu âmago apenas o conteúdo de Física ou de mais uma disciplina do currículo. Ela carrega em sua essência, assim como qualquer outra área do conhecimento humano, as características de um momento histórico e social que permeia toda forma de manifestação com componentes de tradição e revolução.

Este conhecimento, certamente, permite não somente uma preparação para enfrentar os desafios contemporâneos da ciência e tecnologia, mas principalmente, para prover as ferramentas necessárias para uma intervenção mais crítica que permita pensar e interpretar o mundo à sua volta e, conseqüentemente, contribuir positivamente na transformação da sociedade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO-MOREIRA, F. M.; PÓVOA, J. M. *O primeiro curso de Engenharia Física do Brasil – um projeto já concretizado*. In: Anais do XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ABENGE, 2000.
- ARONS, A. B. *A guide to introductory physics teaching*. New York: John Wiley, 1990.
- BANCOVSKY, P. *Os Serviços de engenharia no Brasil*. 2004. Disponível em: <<http://servicos.capes.gov.br/ar>>

- quivos/avaliacao/estudos/dados1/2004/52002012/045/2004_045_52002012006P1_Prod_Tec.pdf> Acesso em 07/08/2007.
- BAZZO, W. A. *Introdução à Engenharia*, Florianópolis : Editora da UFSC, 2000.
- BRASIL. Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI. Presidência da República. Brasília, DF: *Diário Oficial da União* de 25.04.2007.
- BRASIL. Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Engenharia. CNE/CES 1362/2001. 2001a
- BRASIL. Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física. CNE/CSE 1304/2001. 2001b.
- CHIBENI, S. S. *A Interpretação da Mecânica Quântica*. In: Física Moderna: Mito e Ciência – 2001. Disponível em <<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica04.htm>>. Acesso em 10/02/2010.
- COLENCI, A. T. *O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de uma atuação em novos patamares de qualidade acadêmica*. São Carlos, 131 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2000.
- FAPESP. *Panorama Recente da CT&I em São Paulo: Novas Tendências, Velhos Desafios*. In: Indicadores de CT&I em São Paulo – 2004. Disponível em <<http://www.fapesp.br/indicadores/>>. Acesso em 12/08/2008.
- FISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. Modern physics and student's conception. *Internacional Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 2, 1992.
- FORTUNATO, E. *As metas da nanotecnologia: Aplicações e Implicações*. Departamento de Ciência dos Materiais, Universidade Nova de Lisboa. 2005.
- GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2009. *Sinopse estatística da educação superior 2008 – versão preliminar*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/download/censo/2008/sinop_sup_2008-versao_preliminar.zip>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2004. *Número de cursos – Ensino Superior*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/download/informativo/2004/cursos_graduacao.xls>. Acesso em: 04 abr. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 1999. *Evolução do ensino superior: 1980-1998*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/pesquisa/bbe-online/det.asp?cod=48173&type=M>. Acesso em: 09 dez. 2009.
- KALMUS, P. I. Particle physics at A-level- the universities' viewpoint. *Physics Education*, Bristol, v.27, n.2, p. 62-64, mar. 1992.
- LEDERMAN, L. *The God Particle: if the universe is the answers, what is the questions?* New York: Houghton Mifflin, 1993.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do ensino médio. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 11, n.1, p. 119-132, 2005.
- MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hiperídia para o ensino de Física Moderna. REEC. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 90-116, 2007.
- MOTA, L. M. *As Controvérsias sobre a interpretação da Mecânica Quântica e a formação dos licenciados em Física (um estudo em duas instituições: UFBA e UFSC)*. 176f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- OLIVEIRA, V. F. *Crescimento do número de cursos e de modalidades de engenharia: principais causas e consequências*, In: Atas do XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, Campina Grande. Atas... Campina Grande: ABENGE, 2005.
- OSTERMANN, F. *Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física*. 433f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.5, n.1, 2000.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: um estudo na formação de professores de Física. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.
- PERFOLL, A. P.; REZENDE Jr. M. F. *A Física Moderna e Contemporânea e o ensino de Engenharia: Contexto e Perspectivas*, In: Atas do XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, Passo Fundo: ABENGE, 2006.
- PIRRÓ e LONGO, W. *“Reengenharia” do ensino de engenharia*. Uma necessidade. 2001. Disponível em: <<http://www.engenheiro2001.org.br/programas/971207a.doc>> Acesso em 07/08/2007
- MEC. *Busca de Curso*. Disponível em: <http://www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca_curso.stm> acesso em 17/08/2007. 2007a.
- MEC. *Busca de Instituição*. Disponível em: <http://www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca_instituicao.stm> acesso em 17/08/2007. 2007b.
- MEC. *Busca Interativa*. Disponível em <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

REZENDE JR, M. F. *O Processo de Conceitualização na Formação Inicial de Professores de Física*. 287f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Física e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

REZENDE JUNIOR, M. F.; RICARDO, E. C. *Os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Inserção da Física Moderna no Ensino Médio: reflexões sobre o livro didático*. In: *Anais... XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Curitiba. XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2003.

SANTOS, R. B.; SILVEIRA, M. A. G. *Física Moderna na Formação Profissional contemporânea em Engenharia*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 2008, 2008, São Paulo. *Anais... São Paulo: ABENGE, 2008*.

SILVEIRA, M. A. *A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional*. Rio de Janeiro: PUC - Rio, Sistema Maxwell, 2005.

SILVEIRA, M. A. G.; BAGINSKI, R. *Física Moderna na formação profissional contemporânea em engenharia*. In: *Anais do XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA*, São Paulo. *Anais... São Paulo: ABENGE, 2008*.

STANNARD, R. *Modern physics for the Young*. *Physics Education*, Bristol, v.25, n.3, 1990.

SZAJNBERG, M.; ZAKON, A. *A “introdução às ciências naturais” e o ensino de física e matemática para as engenharias*. In: *Anais do III Encontro Iberoamericano de Dirigentes de Instituições de Ensino de Engenharia*. *Anais... Rio de Janeiro: ABENGE, 2001a*.

SZAJNBERG, M.; ZAKON, A. *A ampliação e readaptação do ensino da física para a engenharia do terceiro milênio*. In: *Anais do VII Encontro de Ensino em Engenharia*, Petrópolis. *Anais... Petrópolis: ABENGE, 2001b*.

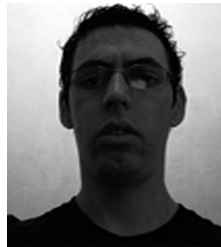
TERRAZZAN, E. A. *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. 241f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

WILSON, B. *Particle physics at A-level- a teacher's viewpoint*. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n.2, 1992.

ZAKON, A.; SZAJNBERG, M.; NASCIMENTO, J. L. *A expansão das Ciências Naturais e das engenharias em 2001*. In: *Anais do XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA*, Porto Alegre. *Anais... Porto Alegre: 2001*.

DADOS BIOGRÁFICOS

Thieny de Cássio Lemes



Licenciado em Física pela Universidade Federal de Itajubá (2008). Atualmente é professor no Curso Técnico de Eletrônica Industrial da Escola Técnica Tancredo Neves. Participa, desde 2007, do projeto intitulado “A Física Moderna e Contemporânea e Ensino de Engenharia no Brasil.”

Mikael Frank Rezende Junior



Licenciado em Física (1998), Mestre em Ensino de Ciências e Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). É professor Adjunto da Universidade Federal de Itajubá - MG e colaborador no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. Tem experiência na área de Educação em Ciências e Tecnologias, com ênfase em Ensino de Física e Engenharia, atuando principalmente no tema: Introdução de Física Moderna e Contemporânea.