

**Artigo Original**

Recebido em 04/04/2008, aceito em 26/08/2008

## **A inserção da Engenharia Biomédica nos cursos de graduação de Engenharia Elétrica no Brasil**

*The insertion of Biomedical Engineering in Electrical Engineering undergraduate courses in Brazil*

**Paulo Ricardo da Cunha Possa**  
**Eduardo Andrighetto**  
**Felipe Chaves Santos**  
**Juliano Elesbão Rathke**  
**Robson Adur**  
**Renato Garcia Ojeda**  
**Fernanda Isabel Marques Argoud**  
**Fernando Mendes de Azevedo**

Instituto de Engenharia Biomédica / UFSC  
Departamento de Engenharia Elétrica / UFSC

**José Marino Neto\***

Instituto de Engenharia Biomédica / UFSC  
Departamento de Engenharia Elétrica / UFSC  
Departamento de Ciências Fisiológicas / UFSC  
88040-900 Florianópolis, SC  
E-mail: [marino@ieb.ufsc.br](mailto:marino@ieb.ufsc.br)

\*Autor para correspondência

**Resumo**

A inserção de temas específicos da Engenharia Biomédica (EB) nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica (EE) foi examinada em levantamento da oferta de disciplinas nesta área, realizado nos 214 cursos de EE que possuem dados sobre as grades curriculares e disciplinas em seus sítios na internet. Foram levantadas informações sobre os cursos de pós-graduação (PG) em EB existentes no Brasil, relacionadas à oferta de disciplinas de EB na graduação. Nossos dados indicam que apenas 7,5% dos cursos de EE examinados possuem pelo menos uma disciplina de EB, concentrados nas escolas públicas (87,5%) e nas regiões sul e sudeste do país (75%). Nestes poucos cursos, foram identificadas 40 disciplinas de EB. Apenas 11 delas oferecem introdução geral aos diferentes aspectos da área; os 3/4 restantes restringem-se a aspectos específicos de subáreas da EB. Além disso, 87,5% destas disciplinas são de caráter eletivo (ou não-obrigatório), com abordagem exclusivamente teórica dos temas (14,0% do total de horas-aula nas disciplinas de EB). Dos 10 programas de PG em EB, 60,0% estão em IES cujos cursos de EE possuem disciplinas específicas EB; 62,5% das disciplinas de EB são oferecidas por IES que não têm programas de PG na área, indicando pouca correlação entre a existência de um programa de PG em EB e a oferta de conteúdos nesta área para a graduação em EE. Estes dados sugerem a necessidade de inserção mais substancial e estruturada de temas de EB nos cursos de graduação em EE, em especial nas instituições privadas de ensino, e de estímulo a uma maior contribuição dos programas de PG no ensino de graduação em EE.

**Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Engenharia biomédica, Tecnologias em saúde, Currículo de engenharia elétrica.

**Abstract**

The present study surveyed the disciplines on Biomedical Engineering (BE) offered in 214 Electrical Engineering (EE) undergraduate courses in Brazilian Universities. Data on discipline content and other characteristics, as well as their association with graduate courses, were gathered from Internet sites in August and September, 2007. Our data indicate that only 7.5% of the Brazilian EE courses present at least one discipline on EB themes, greatly concentrated in public institutions and in the more developed south/southeast states. In only 25% of these few courses there are introductory disciplines presenting most of the different EB areas. In the remaining courses, only specific aspects of particular EB areas are presented in a fragmentary, isolated and non-contextualized way. Furthermore, 87.5% of these EB disciplines are optional in the curricula, and practical classes or approaches were offered in only 14% of the total class schedule. While 62.5% of the EB disciplines are offered by institutions that have graduating courses in EB, only 60% of the Brazilian graduation courses are involved in undergraduate EB disciplines. These data point to the need of a more structured and intensive inclusion of EB themes in the undergraduate courses (particularly in private institutions), as well as to the importance of a closer involvement of graduate courses in undergraduate instruction.

**Keywords:** Health technologies, Biomedical engineering education, Undergraduate education, Electrical engineering curriculum.

## Extended Abstract

### Introduction

Professionals in Biomedical Engineering (BE) in Brazil have been traditionally originated mainly in different engineering, physics and chemistry courses, and the electrical engineering courses have been a major contributor to human resources in this area. In view of the relevance of these professionals to the reduction of the public health burden in developing countries (as recognized official and recently by WHO, 2007) and the escalating demand for BE professionals in Brazil, the present study surveyed and assessed the disciplines on BE offered in 214 Electrical Engineering (EE) undergraduate courses in Brazilian universities.

### Material and Methods

Data on undergraduate BE disciplines in Brazilian EE courses (name, content, duration, approach if practical and/or theoretical and other characteristics), were gathered from the website of the pertinent federal agency on undergraduate education (Sistema Integrado de Informações da Educação Superior-SiedSup, <http://www.educacao Superior.inep.gov.br/functional>), as well as from the official institutional websites of the pertinent universities and faculties, between August and September, 2007. From the original population of 326 Brazilian EE courses, those containing incomplete or no information on the curricular content in the internet official pages (112 courses) were excluded from the analysis, resulting in a sample of 214 EE courses examined here. Associations between the BE disciplines found in these courses and the presence and qualification of the 10 Brazilian Graduate Programs in BE in the related institutions were also examined, from data compiled in the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) website: [www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br).

### Results

Our data indicate that only 7.5% of the Brazilian EE courses present at least one discipline on EB themes, greatly concentrated in public institutions and in the more developed south/southeast states. A total of 40 disciplines on EB were detected by the present survey. In only 25% of these few courses there are introductory dis-

ciplines presenting most of the different BE areas. In the remaining courses, only specific aspects of particular BE areas are presented in a fragmentary, isolated (i.e., unrelated to other biomedical disciplines) and non contextualized way. Furthermore, 87.5% of these BE disciplines are optional in the curricula, and practical classes or approaches were offered in only 14% of the total class schedule. While 62.5% of the BE disciplines are offered by institutions that have graduating courses in BE, only 60% of the Brazilian graduation courses are involved in undergraduate BE disciplines.

### Discussion and Conclusion

The present survey can be appreciated as an approximate picture of the insertion of BE themes in EE courses, since only 65,6% of the Brazilian EE courses presented complete data on discipline content in their official internet home pages. This situation was homogeneously distributed over the different Brazilian geographic regions, and the different administrative profile (public or private), thereby reducing the possibility of a biased view. The low incidence of BE disciplines observed in the sample surveyed here suggest that more than 90% of the Brazilian EE students have no formal contact with BE themes. Furthermore, the concentration of these disciplines in public institutions (that are by far the less numerous than private ones), as well as their fragmentary nature (as related to the broad spectrum of BE areas) may contribute to delaying (or even precluding) the adoption of this area as a career choice by EE professionals. High quality graduate programs appears to be conducive to a more complete and intensive insertion of BE themes in EE courses, and their action in this way may be viewed as a rapid and economic way to promote a broader and better offering of BE to undergraduate students. Thus, the present survey points to the need of a more structured and intensive inclusion of EB themes in EE undergraduate courses (particularly in private institutions), as well as to the importance of a closer involvement of graduate courses in undergraduate instruction in this area.

## Introdução

A demanda por profissionais especializados em Engenharia Biomédica (EB), especialmente nos estabelecimentos de assistência à saúde, vem aumentando com o crescente aperfeiçoamento das tecnologias médico-hospitalares. Esta alta demanda decorre da percepção de uma necessidade real de contar com profissionais capazes de gerir o planejamento, a seleção, a absorção e a manutenção destas novas tecnologias no ambiente em que as ações de saúde são exercidas. A relevância destes profissionais para a redução do impacto econômico das tecnologias sanitárias nos sistemas nacionais de saúde foi recentemente reconhecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2007), levando esta organização a instar os países membros a, entre outras ações, “formularem estratégias e planos nacionais para a implantação de sistemas de avaliação, planejamento, aquisição e gestão de tecnologias sanitárias, em particular de dispositivos médicos, em colaboração com profissionais dedicados à avaliação das tecnologias sanitárias e com a **Engenharia Biomédica**” (grifo nosso).

O mesmo pode ser dito em relação à necessidade de profissionais em EB atuando em pesquisa e docência (P&D) na indústria de tecnologia associada à saúde e em instituições de ensino. A engenharia biomédica é uma área científica madura e em franco crescimento no Brasil, como pode ser apreciado pela existência de publicações específicas no campo (como a Revista Brasileira de Engenharia Biomédica – RBEB) e de sociedades que promovem congressos, fóruns e encontros bastante concorridos tratando deste assunto (como a Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica – SBEB). Refletindo o desenvolvimento deste campo no país, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) dedica uma sub-área específica à EB dentro da grande área das Engenharias (CNPq, 2007a) em sua tabela de áreas do conhecimento, além de ter disponibilizado em 2007, a soma de R\$ 27 milhões para desenvolvimento e inovação tecnológica na área da saúde (CNPq, 2007b). A importância desta área é ratificada pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) que, através da Resolução nº 1.010 de 22 de agosto de 2005, identifica a EB como campo de atuação do Engenheiro da modalidade Elétrica (CONFEA, 2005).

Dada a natureza intensamente multidisciplinar dos temas abordados, a EB é realizada por profissionais formados em diferentes cursos de graduação, incluindo a física, a química, as ciências da computação e as engenharias mecânica e elétrica. Esta intensa

convergência de disciplinas usualmente distantes entre si cria, de um lado, enormes oportunidades para inovações relevantes, e de outro, representa desafios também formidáveis para a educação e formação profissional na área (Rajagopalan, 2007). Segundo a definição dada pela SBEB (2007), “A Engenharia Biomédica é uma área multidisciplinar que pode ser entendida como a aplicação de métodos das Ciências Exatas e de Engenharia no campo das Ciências Médicas e Biológicas.”. A Tabela 1 traz as áreas de atuação do engenheiro biomédico segundo a SBEB (2007). A interconexão entre as atividades da EB e o espaço biomédico é tal, que a interseção de cada disciplina da engenharia com cada disciplina da medicina ou da biologia é vista como uma área potencial para aplicação da EB (Plonsey, 2000).

**Tabela 1.** Áreas de atuação do Engenheiro Biomédico, segundo a SBEB (2007). **Table 1.** Activity areas for Biomedical Engineers, according to SBEB (2007).

Áreas de atuação do Engenheiro Biomédico
Avaliação e garantia de Qualidade de Tecnologia em Saúde Biomateriais
Bioengenharia
Engenharia Clínica
Engenharia do Sistema Respiratório
Engenharia de Reabilitação
Engenharia de Sistemas de Saúde
Informática em Saúde
Instrumentação Biomédica
Modelagem Matemática de Sistemas Biológicos
Processamento de Imagens e Sinais Biológicos
Sistemas de Informação em Saúde
Ultra-som em Medicina

Fonte: SBEB (2007).

Em apoio a este desenvolvimento intenso, é desejável e esperado que exista uma inserção de temas específicos voltados a esta área nos cursos de graduação que formam os futuros profissionais e investigadores em EB. Além de um conhecimento sólido das técnicas contemporâneas da engenharia, um engenheiro biomédico deverá desenvolver conhecimento adequado dos fundamentos das ciências médicas e biológicas (Plonsey, 2000). Estes temas, que fundamentam os fenômenos tratados pela EB, são em geral estranhos aos currículos da física, ciências da computação e engenharias, e usualmente apresentam especificidades que impõem limites e problemas especiais às áreas tecnológicas.

O tratamento de temas multidisciplinares, em que a profundidade de conhecimentos nas áreas adjacen-

tes é necessariamente desigual e assimétrica, deve privilegiar abordagens pedagógicas que contemplem as atividades práticas e a experimentação, o “aprender fazendo”. A experimentação não só é uma prática importante para o melhoramento na compreensão de conteúdos e sedimentação de conceitos (Jarletti *et al.*, 2007; Miranda *et al.*, 2007; Rosa e Rosa, 2007; Sias e Teixeira, 2005), mas a base para a incorporação das atitudes científicas e éticas em relação aos fenômenos biomédicos.

Com o objetivo de estimar o grau de inserção de temas específicos da EB nos cursos de graduação de áreas exatas relacionadas, e contribuir para a discussão sobre o estado atual deste tema, foi realizado um levantamento das disciplinas de EB oferecidas nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica (EE) do Brasil. Os cursos de EE foram escolhidos como objeto inicial deste estudo porque, tradicionalmente, a EE tem colocado EB como parte de suas atribuições. O presente estudo é o primeiro de uma série onde será investigada essa situação em outras áreas do conhecimento correlatas à EB.

## Materiais e Métodos

Na primeira etapa desta investigação, foram buscadas informações que permitissem identificar os cursos de graduação em EE existentes no Brasil, por meio de pesquisa na base de dados do Sistema Integrado de Informações da Educação Superior (SiedSup). O SiedSup é um serviço oferecido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) e tem como objetivo fornecer informações que permitam conhecer, acompanhar e avaliar o sistema brasileiro de educação superior, além de informar a sociedade sobre as Instituições de Ensino Superior (IES) e seus cursos (Inep, 2007).

As informações coletadas nesta etapa incluíram: 1) o nome do curso de EE e a hiperligação para a página do portal SiedSup contendo informações sobre este curso; 2) o nome da IES que oferece o curso de EE e a hiperligação para a página do portal SiedSup contendo informações sobre esta IES; 3) A cidade e estado onde funciona o curso de EE.

A pesquisa na base de dados do SiedSup foi feita no dia 1º de agosto de 2007, com o uso da ferramenta de busca do portal SiedSup, disponível na internet no endereço [www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca\\_curso.stm](http://www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca_curso.stm). A ferramenta de busca foi alimentada com o termo “engenharia” no campo “Nome do Curso / Habilitação”. Foi obtido um total de 1.647 cursos com o termo “engenharia” na denominação.

Nesta busca, não foram utilizados termos mais específicos, como “engenharia elétrica”, porque os cursos de EE estão cadastrados na base de dados do SiedSup sob diversas denominações (ver Tabela 2). Também, como a ferramenta de busca não oferece recursos que possibilitem englobar todos os termos existentes em uma única pesquisa, optou-se por fazer a pesquisa inicial em todos os cursos e/ou habilitações com o termo “engenharia” na denominação e, posteriormente, selecionar manualmente os cursos de EE. Esta seleção manual dos cursos de EE (dentre os 1.647 cursos com o termo “engenharia” na denominação) obedeceu ao critério de possuir uma das denominações listadas na Tabela 2, que inclui os campos de atuação da EE definidos de acordo com Bazzo e Pereira (2007) e variações destes campos encontradas na lista de cursos analisada.

Nesta seleção foi encontrado um total de 326 cursos na área de EE, que formaram a população alvo desta investigação. Também nessa etapa foram encontrados 3 cursos com a denominação de Engenharia Biomédica. Embora o CONFEA tenha recentemente se pronunciado a respeito das atribuições profissionais

**Tabela 2.** Denominações encontradas na base de dados do SiedSup, consideradas pertinentes ao universo dos cursos de EE, de acordo com os campos de atuação da EE segundo Bazzo e Pereira (2007) e suas variações. **Table 2.** *Different designations of the undergraduate courses in Electrical Engineering, found in the SiedSup database, according to Bazzo and Pereira, (2007) and some of their variants found during the present study.*

Denominações dos cursos considerados de EE
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica
Engenharia - Habilitação Engenharia Elétrica
Engenharia Elétrica <sup>1</sup>
Engenharia Industrial Elétrica <sup>1</sup>
Engenharia Eletrônica <sup>1</sup>
Engenharia de Automação e Controle
Engenharia de Controle e Automação <sup>1</sup>
Engenharia de Redes de Comunicação
Engenharia de Comunicações
Engenharia de Telecomunicação
Engenharia de Telecomunicacoes <sup>2</sup>
Engenharia de Telecomunicações
Engenharia em Telecomunicações

<sup>1</sup>Estas denominações são seguidas ou não pela ênfase dada no curso (e.g., Engenharia Elétrica – Eletrônica).

<sup>2</sup>Denominação escrita desta forma, sem a cedilha e o acento, na base de dados do SiedSup.

**Nota:** A ordem utilizada nesta tabela é para melhor visualizar as diferenças entre as denominações de cursos equivalentes no que diz respeito a campos de atuação (adaptado de Bazzo e Pereira, 2007).

dos alunos egressos destes cursos (CONFEA, 2008), a análise de disciplinas de EB nos mesmos foge ao escopo da presente investigação, tanto em virtude das suas características e foco especiais e diferentes dos cursos de EE “*strictu sensu*”, descritos na Tabela 2, quanto em razão do ainda pequeno número destes cursos.

A segunda etapa desta investigação buscou as características básicas dos cursos de EE e das IES pertinentes, através de consulta às páginas de informações fornecidas pelo portal SiedSup na etapa anterior. As informações coletadas foram: 1) a data de início do funcionamento do curso; 2) a categoria administrativa da IES responsáveis pelo curso (se pública ou privada); 3) endereço na internet do sítio oficial da IES.

A seguir, foram utilizados os sítios oficiais das IES como fonte primária de dados, nos quais buscamos as informações centrais para este trabalho. Nesta etapa, foram excluídos 112 cursos de EE (dos 326 encontrados na etapa anterior) que não possuíam ou não tornavam disponíveis qualquer informação sobre as grades curriculares, conteúdos ou ementas de disciplinas em seus sítios na internet. Assim, chegamos a um total de 214 cursos de EE que possuem dados sobre as grades curriculares e demais informações sobre as disciplinas disponíveis na internet. As informações coletadas nos sítios oficiais destes 214 cursos de EE na internet incluíram o número de disciplinas dos cursos de Engenharia Elétrica, obrigatórias ou eletivas, **explicitamente** voltadas ao ensino de Engenharia Biomédica (nº de disciplinas obrigatórias e nº de disciplinas eletivas). O critério utilizado para classificar uma disciplina como **explicitamente voltada ao ensino de EB** foi o de verificar se o nome da disciplina estava diretamente relacionado com as áreas de atuação do Engenheiro Biomédico, conforme indicado na Tabela 1. Nestes sites foram buscadas também informações sobre a carga horária total, teórica e/ou prática, destas disciplinas (horas-aula teóricas e horas-aula práticas) e as áreas de atuação de EB (de acordo com o Quadro 1), que são abordadas nestas disciplinas. Além disso, se atentou também para a existência de denominações de natureza biomédica no nome das disciplinas listadas na grade curricular (e.g., *Instalações Elétricas Hospitalares e Bioengenharia Ocular*).

Foram ainda levantadas informações sobre os cursos de pós-graduação (PG) em EB (mestrado ou doutorado) existentes no Brasil. Para tanto, foram coletadas informações no sítio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em 12 de agosto de 2007, através da ferramenta de busca de cursos recomendados e reconhe-

cidos pelo MEC, disponível no endereço [www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br). Essa ferramenta apresenta os programas e cursos de PG que obtiveram conceito igual ou superior a 3, requisito básico para serem reconhecidos pelo MEC (CAPES, 2007). A busca foi feita na grande área de conhecimento “Engenharias” e nas áreas de conhecimento “Engenharia Biomédica” e “Engenharia Elétrica”. As informações coletadas foram: 1) nome e endereço (cidade e UF) da IES responsável pelo programa de PG; 2) conceito do curso junto à CAPES (escala de 1 (um) a 7 (sete)). Foi encontrado um total de 10 programas de PG com área de concentração em EB. Essas informações foram acrescentadas às informações já levantadas nas três primeiras etapas desta investigação a partir do nome da IES. Todas as informações coletadas nas quatro etapas da investigação foram tabuladas utilizando a planilha de cálculo Calc (BrOffice.org versão 2.2, Sun Microsystems Inc., *software* livre).

## Resultados

### Etapa 1 – Os cursos de EE no Brasil

Como indicado anteriormente, dos 1.647 cursos de engenharia brasileiros, cujos dados foram obtida através do portal SiedSup, um total de 326 cursos de EE atenderam ao critério inicial de seleção (denominação de acordo com a Tabela 2), formando a população alvo desta investigação. Assim, os cursos de EE investigados neste trabalho correspondem a 19,8% do total de cursos de engenharia no Brasil. Na Tabela 3 é possível verificar a distribuição regional dos 1.647 cursos de engenharia em atividade no Brasil, divididos em duas categorias: *Habilitação em EE* e *Outras Habilitações*.

### Etapa 2 – Disponibilidade de dados sobre disciplinas nos cursos de EE do Brasil

Da população de 326 cursos de EE, apenas 214 apresentaram informações sobre a sua grade curricular, conteúdos ou ementas disponíveis na internet, formando então a população utilizada no presente estudo, o que corresponde a 65,6% (pouco menos de 2/3) do total de cursos de EE. A Tabela 4 mostra a distribuição regional dos 326 cursos de EE, divididos em dois grupos: com a grade curricular disponível na internet e sem a grade curricular disponível na internet.

A Tabela 5 mostra como os 326 cursos de EE em atividade no Brasil estão distribuídos entre as categorias administrativas, *Pública* e *Privada*. Comparamos O número de anos desde o início de funcionamento dos cursos de EE que disponibilizam os dados de suas

grades curriculares na internet é de 9 anos (mediana, quartil inferior: 6; quartil superior: 29), sem diferença estatisticamente significativa em relação à idade dos cursos que não disponibilizam tais informações (mediana: 8, quartil inferior: 3; quartil superior: 19). Estas duas amostras foram comparadas entre si pelo teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, e um  $p < 0,05$  foi utilizado como critério de significância.

### Etapa 3 – Disciplinas de Engenharia Biomédica nos cursos de EE do Brasil

A Tabela 6 traz a distribuição regional da população de 214 cursos de EE com informações curriculares

acessíveis na internet, separada entre as que possuem disciplinas específicas de EB e as que não possuem. Na Tabela 7 os 214 cursos de EE estão distribuídos entre as categorias administrativas, *Pública* e *Privada*.

Foram identificadas 40 diferentes disciplinas de EB oferecidas nos cursos de EE da amostra analisada. Elas foram classificadas de acordo com a similaridade entre a denominação da disciplina e as áreas de atuação da EB (Tabela 1). Além dessas áreas, foi criada uma área adicional chamada *fisiologia*, agrupando as disciplinas com denominações referentes às áreas de fisiologia e anatomia. Entre as denominações destas 40 disciplinas de EB, algumas não possuíam

**Tabela 3.** Distribuição regional dos 1.647 cursos de Engenharia em atividade no Brasil em 2007, divididos nas categorias Habilitação em EE e Outras Habilitações. **Table 3.** Regional distribution of the 1,647 active Engineering courses in Brazil in 2007, grouped according to their association to the Electrical Engineering or to other denominations.

Região Brasileira	Cursos de Engenharia		Total (%)
	Habilitação em EE (%)	Outras Habilitações (%)	
Centro-Oeste	15 (17,2)	72 (82,8)	87 (100)
Nordeste	34 (15,2)	189 (84,8)	223 (100)
Norte	12 (14,1)	73 (85,9)	85 (100)
Sudeste	217 (23,5)	705 (76,5)	922 (100)
Sul	48 (14,5)	282 (85,5)	330 (100)
Total	326 (19,8)	1.321 (80,2)	1.647 (100)

**Tabela 4.** Distribuição regional dos 326 cursos de EE em atividade no Brasil em 2007, divididos entre os que possuem a grade curricular disponível na internet e os que não possuem em 2007. **Table 4.** Regional distribution of the 326 EE courses in Brazil in 2007, sorted according to the availability of complete data and description of disciplines in their internet official sites.

Região Brasileira	Cursos de Engenharia Elétrica		Total (%)
	Com a grade curricular disponível na internet (%)	Sem a grade curricular disponível na internet (%)	
Centro-Oeste	15 (100)	0 (0,0)	15 (100)
Nordeste	18 (53,0)	16 (47,0)	34 (100)
Norte	6 (50,0)	6 (50,0)	12 (100)
Sudeste	133 (61,3)	84 (38,7)	217 (100)
Sul	42 (87,5)	6 (12,5)	48 (100)
Total	214 (65,6)	112 (34,4)	326 (100)

**Tabela 5.** Distribuição das categorias administrativas dos 326 cursos de EE em atividade no Brasil em 2007, divididos entre os que possuem a grade curricular disponível na internet e os que não possuem. **Table 5.** Distribution of the 326 EE courses in Brazil in 2007, sorted according to their administrative nature (public or private) and the availability of complete data and description of disciplines in their internet official sites.

Categoria Administrativa	Cursos de Engenharia Elétrica		Total (%)
	Com grade curricular disponível na internet (%)	Sem grade curricular disponível na internet (%)	
Pública	66 (64,7)	36 (35,3)	102 (100)
Privada	148 (66,1)	76 (33,9)	224 (100)
Total	214 (65,6)	112 (34,4)	326 (100)

correspondência direta com as áreas para classificação. Nestes casos foram analisadas as ementas das disciplinas para a classificação (e.g., Bioengenharia Ocular I e II foram classificadas como Instrumentação Biomédica; Instalações Elétricas Hospitalares e Equipamentos Médico-hospitalares foram classificadas como Engenharia Clínica). A Tabela 8 mostra a distribuição entre disciplinas obrigatórias e eletivas das 40 disciplinas de EB, divididas segundo os temas gerais de EB abordados.

O total de horas-aula dedicadas à EB nos 16 cursos de EE que oferecem disciplinas sobre este tema é de 2.208 horas-aula. Deste total apenas 14,0%

(310 horas-aula) possuem uma abordagem prática. Nos 86,0% (1.898 horas-aula) restantes, os temas de EB são abordados de forma exclusivamente teórica. A carga horária média das 40 disciplinas oferecidas é de  $55,2 \pm 13,4$  horas-aula.

É interessante notar que algumas dessas 40 disciplinas são utilizadas no elenco de disciplinas de diferentes cursos (e.g., os cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Redes de Comunicação da Universidade de Brasília – UnB, oferecem a mesma disciplina, denominada Tópicos Especiais de EB). A Tabela 9 mostra as IES com cursos que oferecem disciplinas de EB.

**Tabela 6.** Distribuição regional dos 214 cursos de EE em atividade no Brasil que possuem a grade curricular, conteúdos ou ementas disponíveis na internet em 2007, divididos entre os que possuem uma ou mais disciplinas específicas de EB e os que não possuem. **Table 6.** Regional distribution of the 214 EE courses in Brazil possessing complete information on disciplines in the internet in 2007, sorted according to the presence (of one or more) or absence of BE disciplines.

Região Brasileira	Cursos de Engenharia Elétrica		Total (%)
	Com disciplina específica de EB (%)	Sem disciplina específica de EB (%)	
Centro-Oeste	2 (13,3)	13 (86,7)	15 (100)
Nordeste	2 (11,1)	16 (88,9)	18 (100)
Norte	0 (0,0)	6 (100)	6 (100)
Sudeste	8 (6,0)	125 (94,0)	133 (100)
Sul	4 (9,5)	38 (90,5)	42 (100)
Total	16 (7,5)	198 (92,5)	214 (100)

**Tabela 7.** Distribuição das categorias administrativas dos 214 cursos de EE em atividade no Brasil que possuem a grade curricular, conteúdos ou ementas disponíveis na internet em 2007, divididos entre os que possuem uma ou mais disciplinas específicas de EB e os que não possuem. **Table 7.** Distribution of the 214 EE courses in Brazil possessing complete information on disciplines in the internet in 2007, sorted according to their administrative nature (public or private) and to the presence (of one or more) or absence of BE disciplines.

Categoria Administrativa	Cursos de Engenharia Elétrica		Total (%)
	Com disciplina específica de EB (%)	Sem disciplina específica de EB (%)	
Pública	14 (21,2)	52 (78,8)	66 (100)
Privada	2 (1,4)	146 (98,6)	148 (100)
Total	16 (7,5)	198 (92,5)	214 (100)

**Tabela 8.** Distribuição dos tipos (obrigatórias ou eletivas) das 40 disciplinas de EB oferecidas nos cursos de EE em atividade no Brasil em 2007, divididas entre os temas: Engenharia Clínica, Engenharia de Reabilitação, Fisiologia, Imagens Médicas, Informática Médica, Instrumentação Biomédica e Introdução à EB. **Table 8.** Distribution of the 40 BE disciplines found in Brazilian EE in 2007, sorted according to their title or main EB theme (Clinical Engineering, Rehabilitation Engineering, Physiology, Medical Imaging, Biomedical instrumentation, Introduction to BE) and to their elective/compulsory nature.

Tipo de Disciplina	Temas de Engenharia Biomédica							Total
	Eng. Clínica	Eng. de Reabilitação	Fisiologia	Imagens Médicas	Informática Médica	Instrumentação Biomédica	Introdução à EB	
Obrigatória	0	0	2	0	0	0	3	5
Eletiva	6	2	3	4	3	9	8	35
Total	6	2	5	4	3	9	11	40

**Tabela 9.** IES com cursos de EE que oferecem disciplinas de EB: nº. de cursos de EE por IES; nº. de disciplinas de EB oferecidas por estes cursos; distribuição da carga horária total destas disciplinas entre disciplinas eletivas e obrigatórias, presença de programas de PG em EB na instituição, nível de formação (Mestrado/Doutorado) e conceito na CAPES (2007). **Table 9.** Brazilian educational institutions that offer BE disciplines, indicating the number of EE courses per institution, the number of BE disciplines offered, their duration in hours, their elective/compulsory nature, the presence of Graduate programs, and, if present, their classification by CAPES (2007).

IES	Cursos	Disciplinas	Carga Horária (horas-aula)		PG em EB* (nível, conceito)
			Eletiva	Obrigatória	
CEFET/ES	1	4	240	0	
CEFET/RS	1	1	80	0	
FEI	1	1	0	60	
UEL	1	1	0	34	
UFMG	1	1	60	0	
UFPE	1	1	60	0	
UFRJ	1	1	60	0	Sim (M/D, 6)
UFS	1	2	120	0	
UFSC	1	2	144	0	Sim (M/D, 6)
UnB	2	1	60	0	
UNICAMP	2	11	660	0	Sim (M/D, 6)
Unileste-MG	1	3	54	126	
USP (São Carlos)	1	6	180	0	Sim (M/D, 6)
UTFPR	1	5	240	30	Sim (M/D, 4)
Total	16	40	1.958	250	

\*São incluídos aqui tanto os programas de PG em EB propriamente ditos, quanto aqueles programas de PG em EE que apresentam áreas de concentração em EB, como os programas da USP, UNICAMP e UFSC.

**Nota:** Foram utilizadas as siglas oficiais das IES. Para constar: Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (CEFET/ES); Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET/RS); Centro Universitário da FEI (FEI); Universidade Estadual de Londrina (UEL); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Universidade Federal de Sergipe (UFS); Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Universidade de Brasília (UnB); Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (Unileste-MG); Universidade de São Paulo (USP); Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Foram detectados programas de PG em EB recomendados pela CAPES em 3 IES, nas quais disciplinas de graduação (em EE) relacionadas à EB não foram observadas: UNIVAP/SP (com 2 programas de PG em EB), UMC/SP (um programa de PG) e UFLA/MG (um programa de PG).

No sítio da CAPES foram encontrados 10 programas de PG em EB (incluindo áreas de concentração de EB em programas de PG em Engenharia) recomendados no Brasil. Destes, 4 (40,0%) estão em IES cujos cursos de EE não oferecem disciplinas específicas EB (ver Tabela 6). Por outro lado, 62,5 % das disciplinas de EB são oferecidas em IES que não têm programas de PG na área.

### Discussão e Conclusão

Os dados obtidos pelo presente levantamento permitem estimar um quadro aproximado da inserção de temas de EB em cursos de EE no Brasil. Uma vez que apenas 65,6% dos cursos de EE foram analisados, vieses de amostragem podem ter contaminado o estudo, já que os cursos não examinados (por falta de material disponível na internet) poderiam concentrar proporções diferentes de disciplinas de EB. Além disso, al-

guas IES apresentam informações sobre as disciplinas obrigatórias, mas não o fazem para as disciplinas optativas. No entanto, a proporção de IES com dados inacessíveis não muda com a região do país ou com a categoria administrativa da IES (ver Tabelas 5 e 6), embora estes dados não afastem a possibilidade de vieses amostrais, eles sugerem um impacto pouco substancial destes possíveis vieses nas presentes conclusões.

É notável o fato de que pelo menos 1/3 dos cursos de uma área fortemente tecnológica, como as EE, não disponibilizam informações plenas sobre suas disciplinas na internet. Esta deficiência, que afeta os cursos de EE de entidades públicas e privadas de todas as regiões do país de forma proporcionalmente similar, é preocupante *per se*. A falta de dados estruturados de forma abrangente e homogênea entre as IES dificulta a apreciação e avaliação destes cursos, de forma trans-



parente e através de dados primários, pela comunidade interessada (futuros alunos, docentes, legisladores, etc.). Estes dados apontam para a necessidade de uma regulamentação sobre o conteúdo mínimo das informações sobre os cursos disponibilizadas à população por meio da internet, de forma a permitir amplo controle e comparação entre as instituições.

Nossos dados indicam que apenas 7,5% dos cursos de EE examinados possuem pelo menos uma disciplina de EB. Assim, pode ser estimado que algo em torno de 90% dos alunos de graduação em EE no país termina a formação acadêmica básica sem qualquer contato formal com este importante campo de atuação profissional. A maior parte destas disciplinas está concentrada em escolas públicas (87,5%) e nas regiões sul e sudeste do país (75%). No entanto, a ausência de disciplinas de EB afeta em proporção similar todas as regiões do país, sugerindo que a inserção (ou a ausência) destes temas nas EE não é influenciada pelo nível de desenvolvimento dos parques tecnológicos, tão contrastantes entre as diversas regiões do país. Esta deficiência afeta principalmente as instituições privadas de ensino de EE, que se responsabilizam por mais de 2/3 dos cursos nesta área, 98% dos quais não tratam de qualquer tema da EB.

Mesmo nas poucas escolas que oferecem conteúdos de EB, a situação inspira cuidados. Das 40 disciplinas de EB identificadas neste estudo, apenas 11 oferecem uma introdução geral ou panorâmica aos diferentes aspectos da área, enquanto os 3/4 restantes restringem-se a aspectos específicos de sub áreas da EB. Em 5 destas disciplinas, os temas apresentados são de caráter exclusivamente biomédico, sem um relacionamento explícito com temas próprios da engenharia. Assim, a maioria das disciplinas oferecidas talvez falhe em aportar uma visão integral, formativa da EB, espelhando mais uma especialização tecnológica ou linha de pesquisa de parte do corpo docente local, do que um programa estruturado de ensino de uma disciplina. O caráter *acessório* desta área na formação dos alunos de EE é ainda sugerido pela natureza das disciplinas oferecidas. As de caráter eletivo (ou não-obrigatório) somam 87,5% do total. Com exceções a serem discutidas adiante, elas não fazem parte de um conjunto de disciplinas destinadas a complementar a formação na área, mas se apresentam de forma isolada, descontextualizada no elenco das disciplinas optativas.

A pequena carga horária média destas disciplinas ( $55,2 \pm 13,4$  horas-aula) parece favorecer uma abordagem eminentemente teórica dos temas apresenta-

dos, já que apenas 14,0% (ou seja, 310 horas-aula das 2.208 horas-aula totais encontradas) se apresentam declaradamente como oportunidades para atividades práticas. Estes índices incipientes de atividade prática são particularmente preocupantes em uma área como a EB, de intenso interfaceamento com um campo de conhecimento complexo, de rápido crescimento e estranho à formação usual do engenheiro (como a biologia em geral e a saúde em particular). Além de dificultar o aprendizado em si e o desenvolvimento de um interesse genuíno pela área, a ausência de atividades práticas limita a eficácia das intervenções da EB na graduação, retardando o início da contribuição do engenheiro, nesta área, ao mercado de trabalho tanto em P&D na universidade, quanto em hospitais e indústrias de equipamentos médicos.

Os dados levantados a respeito da possível influência de programas de PG em EB, no ensino de graduação destes temas, não apontam uma associação muito intensa ou clara entre estes dois fenômenos. Apenas 60,0% das Pós-Graduações em EB examinadas oferecem ou influenciam a oferta formal de conteúdos de EB nas graduações em EE a elas associadas, sugerindo pouca ênfase, interesse ou flexibilidade institucional, tanto para a contribuição das atividades de pesquisa e desenvolvimento para a formação dos graduandos, quanto em relação à capacitação docente dos alunos de PG. Esta desconexão entre as atividades de pesquisa típicas de uma PG e o desenvolvimento de habilidades e conceitos pelos graduandos é reforçada pelo fato de que apenas 37,5% das disciplinas de EB que observamos são oferecidas por IES que têm programas de PG na área. Ou seja, a maioria das disciplinas é ministrada em ambientes cuja massa crítica em P&D na área pode ser insuficiente para a P&D (de escala institucional) em EB. Esta é uma situação potencialmente desfavorável ao oferecimento de uma visão abrangente das diversas vertentes da EB e das oportunidades de atuação na área do egresso dos cursos de EE.

Por outro lado, os conteúdos mais completos de EB (entendidos aqui com a apresentação de uma introdução e de vários outros cursos mais específicos no tema) nas graduações em EE são ministrados principalmente em IES que têm Pós-Graduações de alta produção científica (a julgar pela alta pontuação das mesmas na avaliação pela CAPES). Todos os Programas de PG com doutorado e pontuação acima de 5 pela CAPES estão em instituições que oferecem disciplinas de EB nas suas graduações, enquanto apenas um dos 4 Programas de PG em EB com pontuação abaixo de 6

apresenta esta característica. Estes dados também sugerem que, se comparada à intensa produção em P&D da EB no Brasil, a presença destes temas na graduação é incipiente, o que pode indicar que programas de PG produtivos e atuantes nas graduações em engenharia já existentes poderiam potencializar este desenvolvimento de forma rápida e econômica.

É claramente necessário examinar a situação das unidades de ensino em EE que não compuseram os dados do presente levantamento, bem como a situação das formas de ensino da EB nas graduações de EE que, por diversos motivos (incluindo informalidade da ação pedagógica, desatualização dos sítios na internet, etc.), para que um quadro preciso possa ser apreciado. Além disso, é necessário também examinar a situação dos demais cursos cujos profissionais podem dedicar-se à pesquisa e à docência em EB, incluindo a engenharia mecânica e civil, a física e a computação. No entanto, os dados do presente levantamento sugerem que os temas de EB, uma área de intensa produção em C&T e em franco desenvolvimento no Brasil, apresentam uma contribuição incipiente na formação em EE no país. Os resultados do presente estudo não são adequados para fundamentar propostas pormenorizadas sobre abordagens pedagógicas e intervenções curriculares destinadas a corrigir esta aparente insuficiência. No entanto, estes dados encarecem a necessidade de inserções mais estruturadas (nos cursos que as possuem) e substanciais (naqueles em que o tema EB não é tratado ou é tratado de forma pontual) dos temas de EB nos cursos de graduação em EE, já que sugerem que, nas escolas examinadas, não parece existir consenso sobre conteúdos mínimos ou relevantes para os temas de EB nas graduações de EE. É possível que, neste contexto particular, a formação do estudante em EE seja beneficiada por conteúdos de EB mais gerais ou panorâmicos, contemplando tanto quanto possível de forma prática as várias competências centrais do engenheiro elétrico na EB (incluindo temas pertinentes à instrumentação, à análise de sinais, sistemas e imagens biomédicos, à biotecnologia, à gestão e incorporação de tecnologias). O desenvolvimento deste núcleo central e mínimo de temas em EB poderia iluminar eventuais intervenções curriculares. Nossos dados sugerem que esta discussão pode ser especialmente benéfica nas instituições privadas de ensino, que representam dois terços das instituições aqui analisadas, mas que apresentam pouca inserção de temas de EB, além de indicar a importante contribuição dos programas de PG no ensino de graduação destes temas.

## Referências

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Cursos Recomendados**. Disponível em: <[www.capes.gov.br/avaliacao/recomendados.html](http://www.capes.gov.br/avaliacao/recomendados.html)>. Acesso em: 10 ago. 2007.
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Áreas do Conhecimento**. 2007a. Disponível em: <[www.cnpq.br/areasconhecimento/index.htm](http://www.cnpq.br/areasconhecimento/index.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2007.
- \_\_\_\_\_. **Editais**. 2007b. Disponível em: <[www.cnpq.br/editais/index.htm](http://www.cnpq.br/editais/index.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2007.
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Resolução n. 1.010, de 22 de agosto de 2005. **Diário Oficial da União**, seção 1, 2005, Brasília, 30 ago., p. 191-192.
- \_\_\_\_\_. **Decisão Plenária n. 0034/2008**, de 25 de janeiro de 2008. Disponível em: <<http://normativos.confed.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=39560>>. Acesso em: 10 fev. 2008.
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sistema Integrado de Informações da Educação Superior**. In: <[www.educacaosuperior.inep.gov.br](http://www.educacaosuperior.inep.gov.br)>. Acesso em: 25 jul. 2007.
- JARLETTI, A. C.; VALLE, P. D.; LANGER, R. A.; MAFTOUM, W. R. E. O Laboratório Didático de Metrologia na Engenharia Mecânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 25, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 10-13 set., v. 25, p. 1-7 (IF08), 2007.
- MIRANDA, J. C.; CHEMIN NETO, U.; COURRY, D. V.; OLESKOVICZ, M. Sistemas Digitais e Comunicação de Dados Aplicados a um Procedimento Laboratorial para o Ensino de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 25, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 10-13 set., v. 25, p. 1-15 (2C05), 2007.
- OMS – Organização Mundial da Saúde. **Tecnologias sanitárias**. Punto 12.19 del orden del día, WHA60.29. In: ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD, 60, 23 may 2007.
- PLONSEY, R. Physiologic Systems. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). **The Biomedical Engineering Hand Book**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000.
- RAJAGOPALAN, S. Connecting the dots with CDIO: a multidisciplinary introduction to biomedical design engineering. In: INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE, 3, 2007, Cambridge. **Proceedings...** 11-14 jun., v.3, p. 1-6, 2007.
- ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de física na Universidade de Passo Fundo: uma investigação nos objetivos das atividades experimentais. **Educere**, v. 37, p. 327-332. 2007.
- SBEB – Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica. Disponível em: <[www.sbeb.org.br](http://www.sbeb.org.br)>. Acesso em: 13 jun. 2007.
- SIAS, D. B.; TEIXEIRA, R. M. R. Proposta de atividades experimentais em física térmica para o ensino médio com a utilização do sistema CBL. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** 24-28 jan., v. 16, p. 1-4, 2005.