

A EVOLUÇÃO NECESSÁRIA DOS CURSOS DE CÁLCULO PARA ENGENHARIAS

Maria Helena Campos Soares de Mello – mhelena@id.uff.br

*Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção - Niterói
 Rua Passo da Pátria, 156 Bl. D sala 306
 24210220 – Niterói – RJ*

Edson Luiz Cataldo Ferreira – ecataldo@id.uff.br

*Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Telecomunicações
 Rua Passo da Pátria, 156 Bl. D sala 506
 24210220 – Niterói – RJ*

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello – joaocsmello@gmail.com

*Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia de Produção - Niterói
 Rua Passo da Pátria, 156 Bl. D sala 306
 24210220 – Niterói – RJ*

Resumo: Este trabalho faz uma análise histórica dos conteúdos de Cálculo presentes nos cursos de Engenharia no Brasil, compara com o que é feito em instituições importantes que formam Engenheiros em outros países e no próprio país. Utiliza método de comparação por meio de planilha e faz uma pesquisa qualitativa desses conteúdos. Como principais resultados, os autores observam que é urgente a alteração metodológica no ensino dessa matéria.

Palavras-chave: Cálculo para Engenharia. Metodologia de Ensino. Proposta Curricular.

1 INTRODUÇÃO

É senso comum que a carreira de Engenharia é valorizada, reconhecida pela sociedade (DaMatta, 2010; Vargas, 2010). No Brasil, embora haja 148 designações de cursos de Engenharia (E-MEC, 2018), há uma base comum aos cursos e um conjunto comum de habilidades e comportamentos esperados de um Engenheiro, tais como

- capacidade de atuar em equipes multidisciplinares;
- capacidade de aplicar a teoria em situações práticas;
- capacidade de analisar problemas e encaminhar soluções criativas;
- capacidade de aprender a aprender;
- capacidade de atuar em equipe e comunicar-se efetivamente (CNE/CES, 2002).

Organização:

Realização:

Considerando as atribuições que têm os Engenheiros no Brasil, com direitos de exercer a profissão (CONFEA, 2016), para que tenham essas competências relacionadas (entre outras) e sejam capazes de atuar como é autorizado e se espera do profissional, é necessário que o Engenheiro tenha conhecimentos básicos para ter condições, principalmente de aprender a aprender, e desenvolver novas tecnologias. Particularmente, os conhecimentos relacionados à Matemática.

No entanto, não há um consenso acerca da bagagem de conteúdos que deve ter essa maleta de ferramentas básicas de um Engenheiro, qualquer que seja a sua especialidade. Fazendo uma análise dos currículos de Engenharia no Brasil e considerando os currículos dos cursos de Engenharia que figuram nos *rankings* como mais bem posicionados (THE, 2018; ARWU, 2017), pode-se concluir que aqui as propostas curriculares no Brasil, em geral são extremamente inchadas de conteúdos e carga horária, enquanto que em outros países os currículos são mais “leves” de carga horária, mas mais “pesados” em atividades práticas, em que o Estudante de Engenharia deve demonstrar as habilidades e competências que se pretende que o Engenheiro formado tenha para exercer o que é esperado dele.

2 É TUDO UMA QUESTÃO DE MÉTODO?

Com a evolução da tecnologia, a forma de obter as informações foram alteradas. E iniciou-se uma corrente para modificar os conteúdos dos cursos de Cálculo de modo a ficarem mais interessantes, menos enfadonhos, mais atraentes e, principalmente, mais úteis para um futuro Engenheiro (SOARES DE MELLO e SOARES DE MELLO, 2003; SOARES DE MELLO e SOARES DE MELLO, 2007). Basicamente, há duas questões a serem enfrentadas:

Forma e ou método

Hoje em dia, crianças com quatro anos ou menos têm acesso a tablets, celulares e computadores. Raciocinam de forma bem diferente do que as crianças de uns 20 anos atrás. Conseguem ter velocidade e aptidão para lidar com várias atividades simultaneamente. Essa criança, ao ingressar num curso de Cálculo para Engenharia, certamente, ficará desmotivada se for aprender Cálculo da forma tradicional como a grande maioria dos Engenheiros aprenderam, com professores no quadro calculando integrais com várias artimanhas algébricas.

É importante deixar claro que não se defende que as “artimanhas algébricas” devem acabar, pois elas são excelentes formas de colocar os alunos em situação de buscar alternativas para a solução de problemas complexos. Porém, o que se defende é que se reflita sobre o excesso e que novas tecnologias sejam aproveitadas e, também, a nova maneira de raciocinar que os mais jovens, que estão chegando no curso superior, adquiriram com o acesso precoce à tecnologia. Certamente, a maioria dos professores, que não foram submetidos a esses recursos (entre os quais, os autores se incluem), não sabe a fórmula, mas é certo que não faz sentido continuar da mesma forma com que se tem trabalhado.

Conteúdos

Pensando nos conteúdos, não se pode, no nosso entendimento, abrir mão de cursos básicos como Cálculo com funções de uma ou mais variáveis, normalmente chamados de Cálculo I e II. Embora, voltando à questão de método, defenda-se que a forma de ensinar deva ser repensada, evitando cálculos extensos e repetitivos. Por exemplo, com as chamadas “técnicas de integração”: qual a razão de se tentar ensinar técnicas que, certamente, podem ser substituídas pela utilização de *softwares* tão precisos ou mais do que os cálculos manuais. Defende-se, sim, que se ensinem algumas técnicas básicas. O fundamental é que o estudante seja capaz de compreender o mecanismo da integração, o seu significado, e aprenda algumas técnicas importantes para fixar o conceito e que sejam úteis em outras situações, tais como substituição, integração por partes e frações parciais. Essas técnicas permitem a solução de uma enorme gama de integrais e permitirão ser utilizadas de forma semelhante em cálculos mais avançados. Outras técnicas que são apresentadas na maioria dos livros clássicos de cálculo, estão ali por um motivo, em tempos passados, não havia, ou não se tinha acesso, a formas de resolução que não fossem aquelas. Mas, o tempo da “réguas de cálculo” já passou. Hoje em dia está disponíveis aplicativos de celular que permitem o cálculo de integrais, por exemplo, bastando que seja tirada uma foto da integral a ser resolvida, como o *PhotoMath*, disponível nas lojas de aplicativos de celulares, gratuitamente (PREVOT e SCHIMIGUEL, 2016).

Passando para conteúdos mais avançados, pode-se observar o que se ensina em disciplinas de Equações Diferenciais. A maior parte delas foca apenas a utilização de métodos de solução de equações diferenciais. O importante, que seria a modelagem dos problemas e a interpretação das soluções, fica relegado a um plano meramente de curiosidade. Os alunos são apresentados às equações diferenciais, e parte-se para o ensino de métodos de solução: Equação de Bernoulli, Equação de Ricatti, Método da Variação dos Parâmetros, Equação de Clairaut. Na sua maioria, com aplicações muito restritas e que modelam problemas muito particulares. Qual o motivo do desenvolvimento do método de solução de equações diferenciais por série de potências? Não existência de funções “elementares” que resolvessem aquela equação. Será que é mesmo necessário que, dado que o aluno compreendeu a necessidade de se utilizar esse método, se ensine o método de Fröbenius? E quanto à solução de sistemas de equações diferenciais? Há necessidade de se apresentar diversos métodos de solução?

Provavelmente, a insistência em se manter essa metodologia de ensino, está no fato de que a maioria dos professores preferem manter-se na sua zona de conforto. Quantas vezes se ouviu a resposta de colegas a esses questionamentos, com expressões do tipo “sempre foi assim”, “foi assim que eu aprendi”, “se eu sofri, os alunos têm que sofrer também”, “é assim que está nos livros”, que bloqueiam e paralisam qualquer avanço.

As horas “economizadas” em sala de aula, pela alteração de conteúdos e mudança de metodologia, poderiam ser muito melhor utilizadas com atividades de raciocínio e interpretação, que é o que faz falta na formação do Engenheiro. Reduzir a quantidade repetitiva de métodos de solução, focar em conceito, explorar esse conceito com casos mais importantes e mais simples, e menos um emaranhado de contas enfadonhas, parece muito mais racional e útil para o objetivo final, de formar Engenheiros que saibam aprender e que tenham capacidade de resolução de problemas complexos que ainda nem foram identificados.

3 OS CURRICULAS DE ENGENHARIA NO BRASIL

Dadas as reflexões, partiu-se para uma análise do que existe e como são desenvolvidos os cursos de Engenharia. No Brasil, considerando o Conceito ENADE, o Conceito Preliminar de Cursos (CPC) e o Conceito de Curso (CC), disponível no e-mec (EMEC, 2018), os cursos de Engenharia com o triplo 5 são os apresentados na Tabela 1.

Observando os curriculums, os conteúdos de cálculo, álgebra linear, métodos numéricos e métodos matemáticos, conclui-se que não fogem do tradicional, e a bibliografia utilizada é a usual. Portanto, a diferença não vem do conteúdo.

Tabela 1: Instituições e Cursos com triplo 5

INSTITUIÇÃO	CURSO	CARGA HORARIA OBRIGATÓRIAS(CH)	%CH DE MATEMÁTICA
Universidade Federal de Lavras (UFLA)	Engenharia Agrícola	4063	10,8
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Engenharia Ambiental	4095	9,7
Instituto Militar de Engenharia (IME)	Engenharia Cartográfica	3940	9,2
Instituto Militar de Engenharia (IME)	Engenharia de Comunicações	3760	9,5
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Engenharia de Controle e Automação	3600	9,2
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	Engenharia de Produção	3720	9,7
Instituto Militar de Engenharia (IME)	Engenharia Elétrica	3640	9,9

Universidade Federal de Viçosa (UFV)	Engenharia Mecânica	3600	6,7
Instituto Militar de Engenharia (IME)	Engenharia Mecânica e de Automóveis	3875	9,3

Fonte: EMEC, 2018 e sites das Instituições (https://sig.ufba.br/modulos/publico/matrizes_curriculares/index.php; http://www.ufrgs.br/ufrgs/ensino/graduacao/cursos/exibeCurso?cod_curso=526; <http://www.ime.eb.mil.br/pt/>; http://www.poli.ufrj.br/graduacao_cursos_engenharia_controle_automacao.php; <http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/sobre-o-curso/projeto-curso/4-estrutura-curricular-do-curso-3/>; <http://www.mec.ufv.br/wp-content/uploads/2016/12/EGM-2017.pdf>)

4 OS CURRICULAS DE ENGENHARIA NO MUNDO

A fim de manter comparação, serão analisados os *rankings*, considerando o ano 2016, já que os da Times Higher Education (THE, 2018) e o *ranking* de Shangai (AWRU, 2018) têm os resultados desse ano em comum. Pelo primeiro, as cinco instituições com os melhores cursos de Engenharia são, nesta ordem, California Institute of Technology (Estados Unidos); University of Oxford (Inglaterra); Stanford University (Estados Unidos); University of Cambridge (Inglaterra); e Massachusetts Institute of Technology (Estados Unidos). De acordo com o segundo, Massachusetts Institute of Technology – MIT (Estados Unidos); Nanyang Technological University (Singapura); Stanford University (Estados Unidos); Tsinghua University (China) e King Abdulaziz University (Arábia Saudita). Pela coincidência entre os dois *rankings* serão analisados apenas os curricula das universidades Stanford e MIT. A Tabela 2 apresenta os cursos de Engenharia que são oferecidos por essas instituições.

A observação das informações dos sites das duas instituições (STANFORD, 2018 e MIT, 2018), oferecem informações interessantes. Os cursos são ofertados com uma quantidade muito grande de opções para o estudante. As cargas horárias de disciplinas básicas, em ambas as instituições, são em quantidade equivalente a 25 a 30% do total e é explícita a metodologia diferenciada, do tipo *hands on*, em que os estudantes envolvem-se diretamente e responsabilizam-se pelo seu aprendizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as realidades das instituições mais conceituadas, tanto no Brasil quanto no exterior, pode-se inferir que algumas coisas continuam em comum. A maior parte dos cursos tem conteúdos básicos muito semelhantes. No entanto, o volume percentual é bastante diferenciado. Não se consegue um consenso em relação à quantidade de carga horária. Entretanto, os cursos mais bem conceituados têm carga horária de disciplinas básicas num volume considerável. O que parece ser comum é a forma como esses conteúdos são trabalhados.

É fato que deve-se avançar na metodologia do ensino de Cálculo e, particularmente, nos programas a serem ensinados. Com o desenvolvimento tecnológico, é importante concentrar em conceitos e cada vez mais levar os alunos a raciocinarem em cima deles, e não apenas sobrecarregar os cursos com métodos de solução que não fazem mais sentido, aumentando o índice de reprovação e, como pior consequência, não disponibilizando o tempo necessário para que o aluno possa refletir sobre o conteúdo. Naturalmente, os alunos que ingressam, com base mais sólida, é um diferencial que influencia na reduzida evasão e retenção. Esse é um estudo que deve ser conduzido posteriormente, comparar os índices de evasão e retenção que essas instituições que estão no topo dos *rankings* apresentam, em comparação à média das instituições brasileiras.

Tabela 2: Cursos Oferecidos pelas Instituições Stanford University e MIT

Curso	Stanford	MIT
AERONAUTICS & ASTRONAUTICS	X	X
BIOENGINEERING	X	X
CHEMICAL ENGINEERING	X	X
CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING	X	X
COMPUTATIONAL & MATHEMATICAL ENGINEERING	X	
ELECTRICAL ENGINEERING	X	X
ENGINEERING	X	
MANAGEMENT SCIENCE & ENGINEER	X	

MATERIALS SCIENCE & ENGINEER	X	X
MECHANICAL ENGINEERING	X	X
NUCLEAR SCIENCE & ENGINEERING		X

Fonte: Sites das Instituições (<https://engineering.mit.edu/> ; <https://engineering.stanford.edu/>)

REFERÊNCIAS

ARWU – Academic Ranking of World Universities 2017. Disponível em <http://www.shanghairanking.com/ARWU2017.html> . Acessado em 30/4/2018

CONFEA: Resolução 1073/2016 – Regulamenta a atribuição de títulos, atividades, competências e ramos de atuação profissional. Disponível em <http://normativos.confea.org.br/downloads/1073-16.pdf> . Acessado em 30 de abril de 2018

CNE/CES: Resolução 11/2002: Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf> . Acessado em 30 de abril de 2018

DAMATTA, Roberto. **A imagem do Engenheiro na Sociedade Brasileira.** Brasília: Senai/DN, 2010

E-MEC: Banco de dados. Disponível em www.emec.gov.br . Acessado em 30 de abril de 2018

MIT – Massachusetts Institute of Technology – Cursos de Engenharia. Disponível em <https://engineering.mit.edu/> . Acessado em 20 de abril de 2018

PREVOT, Fulvio Bianco; SCHIMIGUEL, Juliano. Aplicativos matemáticos: podem ou não ajudar o processo de aprendizagem?. In: XII Encontro Nacional de Educação Matemática, 2016. **Anais**. São Paulo, 2016.

SOARES DE MELLO, João Carlos Correia Baptista; SOARES DE MELLO, Maria Helena Campos. Integração entre o ensino de Cálculo e Pesquisa Operacional. **Revista Produção**, São Paulo. v.3, n.2, p.123-129, 2003

SOARES DE MELLO, Maria Helena Campos; SOARES DE MELLO, João Carlos Correia Baptista. Reflexões sobre o Ensino de Cálculo. In: XXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2007, **Anais**. Curitiba, 2007.

STANFORD – Stanford University – Cursos de Engenharia. Disponível em <https://engineering.stanford.edu/>. Acessado em 30 abril de 2018

THE – Times Higher Education World University Ranking. Disponível em https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2018/world-ranking#!/page/0/length/25/subjects/3066/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats. Acessado em 30 de abril de 2018

VARGAS, H.M. Sem perder a majestade: “profissões imperiais” no Brasil. **Revista Estudos de Sociologia**, Araraquara, v.15, n.28, p.107-1248, 2010.

WHAT CHANGES SHOULD BE DONE IN CALCULUS COURSES FOR ENGINEERING

Abstract: In this article we have done a historical analysis of the contents of Calculus present in the Engineering courses in Brazil, compared with what is done in important institutions that form Engineers in other countries and in this country. It uses a comparison method through a spreadsheet and does a qualitative search of these contents. As main results, the authors note that the methodological change in the teaching of this subject is required.

Key-words: Calculus for Engineering Courses. Teaching Methodology;