

A MOBILIZAÇÃO DE CONCEITOS DO CÁLCULO NO NÚCLEO BÁSICO NAS ENGENHARIAS CIVIL E DE PRODUÇÃO

Prof. Dr. Gabriel L. de Lima, Fernanda Duarte da Costa, Gabriella Rocha Esteves, Tarciso dos Santos Gomes, Tiago de Souza Rodrigues Reis, Profa.

Dra. Barbara Bianchini

gllima@pucsp.br, fernanda.duarte@hotmail.com, gabriella-esteves@hotmail.com,
tarciso_gomes@hotmail.com, settiago@hotmail.com, barbara@pucsp.br

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - Brasil

Núcleo Temático: VI Matemáticas y su integración con otras áreas

Modalidade: Comunicação Breve: CB

Nível Educativo: Educación de adultos

Palabras clave: Engenharia, Matemática no Contexto das Ciências, Metodologia *Dipping*, Núcleo Básico.

Resumo

*No Brasil, os currículos das engenharias são divididos em três núcleos: básico, específico e profissionalizante. Neste artigo, apresentamos as análises, à luz da teoria A Matemática no Contexto das Ciências, desenvolvida por Camarena, e especificamente por meio dos preceitos de uma das etapas da metodologia *Dipping*, de como certos conceitos relacionados ao Cálculo Diferencial e Integral são mobilizados por disciplinas do núcleo básico nas engenharias Civil e de Produção. Tanto na Civil, quanto na Produção, especialmente as disciplinas de Física, requerem, na maioria das vezes, apenas a noção de funções de uma, duas ou três variáveis, sendo que, em geral, estas são utilizadas em sua forma implícita, diferentemente do que ocorre nas aulas de Cálculo. Na disciplina Eletromagnetismo da Civil e em Física I da Produção, recorre-se ainda à derivação e à integração de funções de uma variável.*

Introdução

O presente trabalho apresenta parte de uma pesquisa mais ampla que está sendo realizada na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP) e que visa analisar, à luz da teoria A Matemática no Contexto das Ciências (MCC), desenvolvida por Patricia Camarena, no Instituto Politécnico Nacional do México, o ensino e a aprendizagem de Matemática em cursos voltados à formação de não matemáticos.

Os dados apresentados neste artigo referem-se aos obtidos, até o momento, por meio de quatro pesquisas de Iniciação Científica desenvolvidas no âmbito dessa investigação mais ampla a qual nos referimos

Considerando que, no Brasil, atendendo às Diretrizes Curriculares Nacionais específicas para esses cursos (CNE/CES 1362/2001), as disciplinas dos currículos das engenharias devem ser

distribuídas em três núcleos, básico, específico e profissionalizante, para este artigo, especificamente, escolhemos o seguinte recorte: explicitar quais conteúdos estudados pelos graduandos nas disciplinas de Cálculo ofertadas nas graduações em Engenharia Civil e em Engenharia de Produção são efetivamente mobilizados pelas disciplinas não matemáticas do núcleo básico. Para tanto, primeiramente, apresentamos considerações a respeito da MCC e da *Dipcing*, respectivamente embasamento teórico e metodologias empregados neste estudo.

Fundamentação teórica: A Matemática no Contexto das Ciências

A teoria que fundamenta a investigação relatada é, conforme já mencionamos, A Matemática no Contexto das Ciências (MCC). Esta contempla cinco fases interligadas: Curricular, Didática, Cognitiva, Epistemológica e Docente, e as principais características de cada uma delas são apresentadas por meio da Figura 1. Uma das ideias centrais em tal teoria é que os docentes responsáveis pelas disciplinas matemáticas precisam ter conhecimento a respeito de quais conteúdos matemáticos são efetivamente necessários para cada modalidade de Engenharia, para que, desta forma, possam ter clareza em relação às quais habilidades matemáticas que devem ser desenvolvidas pelos estudantes e de que forma o ensino da Matemática pode contribuir para a formação dos mesmos como futuros profissionais (Camarena, 2013).

| Fases da teoria MCC | |
|----------------------------|---|
| Curricular | O objetivo principal é o planejamento de programas de ensino de Matemática específicos para os diferentes cursos de graduação por meio da metodologia <i>Dipcing</i> desenvolvida justamente para esse fim. |
| Didática | Objetiva-se trabalhar os conceitos matemáticos com os alunos de forma a auxiliá-los no desenvolvimento de habilidades em transferir tais conceitos para as áreas que os requerem. |
| Cognitiva | Baseia-se na ideia de que o professor deve proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa, na qual os conhecimentos são trabalhados de forma estruturada, articulada e não fragmentada, buscando-se desenvolver habilidades de pensamento por meio de reflexões a respeito de situações relacionadas aos interesses dos alunos. |
| Epistemológica | A preocupação central é a de que a Matemática que os alunos aprenderam deverá sofrer transformações para adaptar-se às necessidades sociais de outras ciências. |
| Docente | Busca-se desenvolver formações que possam aperfeiçoar a prática dos professores universitários que ministram disciplinas matemáticas em cursos voltados à formação de não matemáticos. |

Figura 1. As cinco fases da teoria MCC

Conforme pontua Camarena (2013), para A Matemática no Contexto das Ciências os processos de ensino e de aprendizagem podem ser concebidos como um sistema no qual intervêm as cinco fases da teoria, que não são, de forma alguma, isoladas uma das outras e nem independentes das condições sociológicas dos atores do processo educativo. Sendo uma teoria, cada uma dessas fases possui um embasamento teórico e uma metodologia específica. As pesquisas de Iniciação Científica das quais provém os dados apresentados neste artigo, baseiam-se apenas na primeira fase da teoria MCC, a curricular, que postula que o ensino da Matemática seja específico de acordo com a necessidade de cada modalidade de Engenharia. Conforme evidenciado na Figura 1, esta fase contempla uma metodologia específica, denominada *Dipcing*, e que foi a que empregamos no estudo aqui relatado. É a respeito dela que trataremos em seguida.

A metodologia *Dipcing*

A metodologia empregada no estudo realizado foi, como já destacado, aquela inerente à fase curricular da MCC, a saber, a *Dipcing* (*Diseño de programas de estudios de matemáticas en carreras de ingeniería*), desenvolvida por Camarena (2002, 2004) e detalhadamente discutida por Lima, Bianchini e Gomes (2016), que salientam que, para Camarena (2002), o paradigma educativo que deve guiar o planejamento de disciplinas matemáticas para cursos de Engenharia precisa ser o de que os conteúdos trabalhados devem fornecer aos graduandos “os elementos cognitivos e as ferramentas que eles utilizarão nas matérias específicas de seu curso de graduação” (Lima, Bianchini & Gomes, 2016, p. 3). Essa metodologia propõe uma investigação em três etapas (central, precedente e consequente), detalhadamente discutidas tanto por Camarena (2002, 2004), quanto por Lima, Bianchini e Gomes (2016).

No estudo relatado por meio deste artigo, restringimo-nos à etapa central, cujo objetivo é efetuar uma investigação a respeito dos conteúdos matemáticos, mobilizados, tanto explicitamente, quanto implicitamente, nas disciplinas não matemáticas da Engenharia em tela. Essa etapa, segundo Camarena (2002), concretiza-se a partir da análise dos livros textos ou das referências bibliográficas mais utilizadas nas disciplinas não matemáticas da modalidade de Engenharia para a qual se pretende planejar um programa para as disciplinas matemáticas. No entanto, no caso específico da investigação que realizamos, ao invés de analisarmos diretamente os livros textos ou as referências bibliográficas básicas de todas as

disciplinas não matemáticas que compõem as grades curriculares dos cursos de Engenharia Civil e de Produção da PUC/SP, realizamos, por meio de consultas presenciais e via correio eletrônico, uma sondagem inicial junto aos docentes das disciplinas não matemáticas pertencentes ao núcleo básico dos cursos, para que pudéssemos perceber em quais delas eram mobilizados conceitos de Cálculo e assim pudéssemos direcionar nossa pesquisa especificamente para as mesmas.

Resultados das análises realizadas

Nesta seção, ressaltamos que as informações referentes aos objetivos de cada uma das disciplinas mencionadas foram extraídas dos projetos pedagógicos dos cursos em questão ofertados pela PUC/SP.

Na Engenharia Civil, há, no núcleo básico, 24 disciplinas não matemáticas, das quais 11 mobilizam algum conteúdo de Cálculo. Já na Engenharia de Produção, são 20 as disciplinas não matemáticas presentes no núcleo básico e, destas, 10 necessitam de conhecimentos de Cálculo. Há, dentre estas empregando noções de Cálculo, 7 que estão presentes, nos mesmos semestres, tanto na Civil quanto na Produção. Seus nomes e semestres em que são ministradas são, respectivamente, os seguintes: Física 1 (2º), Física 2 (3º), Termodinâmica (3º), Fenômenos de Transporte 1 (4º), Mecânica dos Corpos Rígidos (4º), Fenômenos de Transporte 2 (5º) e Física Moderna (5º). Eletricidade Básica está presente tanto na Civil, quanto na Produção, mas no primeiro curso está alocada no 4º semestre e no segundo no 5º. Há 3 disciplinas presentes apenas no núcleo básico da Civil: Engenharia Econômica (1º), Gestão Energética (1º) e Eletromagnetismo (4º). E 2 presentes apenas como disciplinas do núcleo básico na Produção: Física 3 (4º) e Resistência dos Materiais (5º). Ressaltamos que há disciplinas que na Civil pertencem ao núcleo básico e na Produção ao núcleo profissionalizante e vice-versa, mas que, neste artigo, analisamos, em cada curso, apenas aquelas classificadas como pertencentes ao núcleo básico.

Apresentamos, a seguir, primeiramente, considerações a respeito da mobilização de conceitos de Cálculo naquelas disciplinas não matemáticas presentes tanto no núcleo básico da Civil, quanto da Produção.

Na disciplina Física 1, cujos principais objetivos são estudar termometria, calorimetria e teoria cinética de gases, realçando as aplicações desses conceitos em Engenharia, e aprender

os princípios da Óptica Geométrica e ainda realizar atividades experimentais relacionadas aos conceitos estudados, há, implicitamente, a mobilização da ideia de função real de várias variáveis reais. A equação de Clapeyron, por exemplo, relaciona as três variáveis de estado, pressão (P), volume (V) e temperatura (T), com a quantidade de partículas ou número de mols (n) que compõe um gás, além de possuir uma constante R denominada Constante Universal dos Gases. Embora enunciada como equação, esta expressão pode ser interpretada como uma função, dada de maneira implícita. Destacamos também que o conceito de função é mobilizado de forma intuitiva para a resolução de diferentes situações-problema intrínsecas a esta disciplina.

Em Física 2, que visa estudar a aplicação das leis da mecânica newtoniana aos problemas de estática, de dinâmica, de conservação do momento linear e de energia, as ideias de derivada e de integral de funções reais de uma variável real são mobilizadas, especialmente em situações envolvendo a noção de taxa de variação e que requerem que o estudante gere, por exemplo, uma equação horária da velocidade a partir da equação horária da posição (e vice-versa). Especificamente o conceito de integral é mobilizado naqueles problemas que exigem o cálculo do trabalho realizado por um corpo e na determinação da variação da energia potencial quando uma partícula, sob a ação de uma força conservativa, move-se de um ponto a outro.

A disciplina Termodinâmica tem como objetivo específico possibilitar aos futuros engenheiros o estudo dos Princípios da Termodinâmica e suas aplicações nas máquinas térmicas e refrigeradores. Nela são mobilizados alguns conceitos referentes às funções reais de várias variáveis reais, tais como, derivadas parciais, curvas de nível, vetor gradiente e integrais duplas. Tal mobilização ocorre em situações-problema envolvendo densidade volumétrica, estática dos fluidos, efeito Joule e cinemática dos gases.

Em relação a Fenômenos de Transporte 1, os objetivos da disciplina são os de levar o aluno a conhecer os conceitos de fluido e de suas propriedades, analisar escoamentos de fluidos e compreender as equações básicas da estática e cinemática dos fluidos. Nesta disciplina, derivadas e integrais de funções reais de várias variáveis reais, por exemplo, são requeridas para o cálculo de queda livre (utilizando a equação da velocidade final), ou de velocidade e aceleração de um fluido. Da mesma maneira são necessárias em problemas de viscosidade e

tensão do cisalhamento num fluido newtoniano (para determinar a área em que o fluido se encontra).

O objetivo principal da disciplina Eletricidade Básica é desenvolver o aprendizado dos conceitos principais da teoria da eletricidade para utilização dos mesmos no estudo de máquinas elétricas, instalações elétricas e princípios de lógica e automação. São empregados os conceitos de derivada e integral de funções reais de uma variável real e de equações diferenciais ordinárias. Tais noções são mobilizadas em situações tratando de tensão elétrica, resistor ideal, indutor ideal e capacitor ideal.

Conceitos relativos ao Cálculo Diferencial e Integral envolvendo funções reais de mais uma variável real, sobretudo integração (na obtenção, por exemplo, das coordenadas do centro de massa de um corpo) são requeridos em Mecânica Dos Corpos Rígidos, que visa possibilitar ao futuro engenheiro a compreensão das Leis de Newton e dos conceitos de massa, aceleração, velocidade, força, momento de uma força, centro de massa, momento de inércia, momento angular, trabalho e energia aplicados a corpos rígidos, e ainda a descrição do movimento de um corpo rígido e a relação entre tal movimento e as forças que atuam no referido corpo.

Em Fenômenos de Transporte 2, cuja ementa prevê uma continuação dos estudos sobre fluidos iniciados em Fenômenos de Transporte 1 e ainda a construção de conhecimentos gerais sobre mecanismos de transferência de calor e suas aplicações, os conceitos de integral e derivada, tanto de funções reais de uma quanto de várias variáveis reais, são utilizados, dentre outros, para obter as equações da continuidade, da energia total e de Bernoulli. Além disso, são empregados na determinação do fluxo de energia por unidade de área e no cálculo da velocidade média de um fluido em uma seção de uma superfície.

Visando tratar de alguns tópicos de Física Moderna e Contemporânea de modo a propiciar aos futuros engenheiros um amplo panorama da Física desenvolvida no início do século XX e que deu origem aos avanços tecnológicos que hoje vivenciamos, a disciplina Física Moderna também emprega conceitos de Cálculo, tais como integrais de funções reais de uma e de duas variáveis reais, equação diferencial linear e equação diferencial parcial, essencialmente para a dedução de fórmulas que posteriormente serão empregadas nos cálculos.

A seguir, evidenciaremos as mobilizações de conceitos de Cálculo naquelas disciplinas do núcleo básico que são exclusivas de cada uma das modalidades de Engenharia, tratando em primeiro lugar, da Civil.

Em Engenharia Econômica, cujos objetivos são apresentar noções de Matemática Financeira, Finanças, Contabilidade e capacitar o graduando para construir e analisar fluxos de caixa de projetos e empreendimentos, são requeridos apenas conteúdos matemáticos que, embora façam parte do programa do curso inicial de Cálculo, já deveriam ter sido estudados na Educação Básica, como as noções de funções polinomiais de primeiro grau e exponenciais e suas respectivas representações gráficas. O mesmo ocorre na disciplina Gestão Energética, que objetiva, especificamente, promover o desenvolvimento analítico dos alunos em relação aos principais temas relacionados ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, conscientiza-los a respeito da responsabilidade da Engenharia como ferramenta do desenvolvimento sustentável e fornecer informação e formação para habilitar o egresso a analisar, decidir sobre projetos, máquinas e sistemas de engenharia que sejam economicamente viáveis e que priorizem a eficiência energética e o meio ambiente.

Em Eletromagnetismo, disciplina por meio da qual se visa equacionar os problemas de potencial, forças e campos eletrostáticos para distribuições discretas e contínuas de cargas elétricas, usando as leis de Coulomb e Gauss, faz-se uso das ideias de derivada e integral de funções reais de uma variável real. Isto se dá em problemas tratando de campo elétrico, trabalho, potencial elétrico, corrente elétrica e lei de Faraday.

Relativamente às disciplinas presentes apenas no núcleo básico da Engenharia de Produção, nossas observações são apresentadas na sequência.

Em Física 3, cujos objetivos são reconhecer os fenômenos eletrostáticos, eletrodinâmicos e magnéticos em situações-problema teóricas e experimentais e então aplicar os conceitos de campo elétrico e magnético para resolvê-las, está presente o uso da ideia de integral de funções reais de uma variável real, que é empregada para somar os componentes de uma carga puntiforme, para determinar o módulo do vetor campo elétrico criado por um anel de carga ou por um disco, para obter a orientação de um dipolo elétrico em um campo elétrico e em problemas envolvendo cálculos de energias potenciais.

Finalmente, em Resistência dos Materiais, cujo objetivo é fornecer ao futuro engenheiro as noções básicas do cálculo estrutural, visando ao dimensionamento e à identificação dos

problemas estruturais, demanda-se dos conceitos de integral (definida, indefinida e dupla) e de equação diferencial, que são utilizados em situações tratando de cálculo estrutural, dimensionamento de estruturas e sólidos, e na determinação de momento de inércia.

Considerações finais

De maneira geral, observou-se, por meio das análises realizadas, que os conceitos de função real de uma ou mais variáveis reais, bem como suas derivadas e integrais são de suma importância para os estudos desenvolvidos nas disciplinas não matemáticas presentes nos núcleos básicos dos cursos de Engenharia investigados.

As disciplinas Física 1 e 2 nos cursos em tela estão permutadas se comparadas aquelas oferecidas, nas mesmas modalidades de Engenharia, em outras universidades. Observa-se que os conteúdos que em muitas instituições são trabalhados em Física 2, na PUC/SP estão alocados em Física 1 e vice-versa. Segundo os coordenadores das Engenharias Civil e de Produção da referida universidade, isto se deve ao fato de Física 2, que aborda mecânica newtoniana, requerer noções a serem estudadas previamente (no caso da PUC/SP no segundo semestre da graduação) em um curso inicial de Cálculo.

Nota-se que, em 45,8% das disciplinas não matemáticas do núcleo básico da Engenharia Civil e em 50% das disciplinas não matemáticas da Engenharia de Produção, há mobilização de conceitos de Cálculo. Tomar consciência de tal fato, a nosso ver, é essencial àqueles professores que ministram aulas de Matemática em cursos de Engenharia, para que, estes próprios possam perceber a importância futura dos conteúdos por eles lecionados para a formação do futuro engenheiro e, conseqüentemente, possam reorientar suas aulas de maneira a evidenciar as vinculações entre a Matemática e a área específica com o intuito de ressignificar, perante aos graduandos, os conceitos de Cálculo, normalmente considerados por eles apenas como obstáculos a serem superados, sem utilidade evidente em suas formações.

Referências bibliográficas

Camarena, P. (2002). Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. *Innovación Educativa*, 2(10), 22-28 e 2(11), 4-12.

Camarena, P. (2004). Constructos Teóricos de la Metodología Dipping en el Área de la Matemática. *Memorias do Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas*. Ciudad de México, México, 3.

Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. *Innovación Educativa*, 13(62), 17-44. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v13n62/v13n62a3.pdf>

Lima, G. L., Bianchini, B. L., & Gomes, E. (2016). Dipping: uma metodologia para o planejamento ou redirecionamento de programas de ensino de Matemática em cursos de Engenharia. *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Natal, RN, Brasil, 44.