

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL NA PUC MINAS – BARREIRO

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE TEACHING OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN CIVIL ENGINEERING COURSE AT PUC MINAS – BARREIRO

DOI: 10.5935/2236-0158.20180018

Everaldo Bonaldo,¹ Fernando Júnior Resende Mascarenhas,²
Juliana Torres de Oliveira Bonaldo,³ Ricardo Siervi Natali⁴

RESUMO

Visando a modificar o processo de ensino-aprendizagem de equações diferenciais (EDs), que é, geralmente, feito de forma mecânica, puramente algébrica e abstrata, propõe-se a adoção de uma metodologia inovadora na disciplina de Cálculo III, no curso de graduação em Engenharia Civil, na PUC Minas – Barreiro. Tal metodologia parte da demonstração das aplicações práticas de EDs na Engenharia Civil, através de situações-problema reais e significativas. Utilizando Roteiros de Estudos das respectivas situações, os estudantes devem desenvolver protótipos que reproduzam tais problemas, valendo-se de três métodos distintos: resolução analítica das EDs, método experimental e método computacional. De forma geral, observou-se que, com essa proposta metodológica, que os estudantes passam a ser sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizado de EDs, que se tornou mais descomplicado e menos enfadonho e mecanizado.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem; equações diferenciais; Engenharia Civil, abordagem prática.

ABSTRACT

Aiming to modify the teaching-learning process of differential equations (DE), which is usually done mechanically, purely algebraic and abstract, it is proposed to adopt an innovative methodology in the course of Calculus III, in the undergraduate major in Engineering at the PUC Minas – Barreiro. This methodology starts from the demonstration of the practical applications of DE in Civil Engineering through real and significant problem situations. Using Study Guides, students should develop prototypes that replicate such problems and, through three different methods: analytical resolution of DE, experimental method and computational method. In general, it was observed that with this methodological proposal, students become active subjects in the teaching-learning process of DE, which has become more uncomplicated and less tedious and mechanized.

Keywords: Teaching-learning; Differential Equations; Civil Engineering; practical approach.

1 Coordenador e professor adjunto IV do curso de graduação em Engenharia Civil da PUC Minas – Barreiro; bonaldo@pucminas.br

2 Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da USP São Carlos; fer.jr.resende@hotmail.com

3 Professora adjunta e coordenadora do curso de Engenharia Civil na PUC Minas – Praça da Liberdade; jultoroli@gmail.com

4 Professor dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Energia da PUC Minas; siervi@pucminas.br

INTRODUÇÃO

A constante busca e adoção de metodologias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia deve acompanhar as transformações sociais e tecnológicas pelas quais as sociedades têm passado, a fim de conferir aos estudantes as competências e habilidades necessárias para que os mesmos desempenhem seus respectivos papéis sociais e profissionais da forma mais adequada e satisfatória possível. Portanto, no atual contexto, os processos de ensino-aprendizagem nos cursos de graduação em Engenharia Civil não devem ser vistos de forma imutável e cartesiana, muito pelo contrário, a adoção de tecnologias e, sobretudo, de novas metodologias de ensino são essenciais para se obter maior qualidade na formação dos egressos.

As disciplinas de Cálculo e Física constituem a base fundamental da formação profissional do discente de Engenharia Civil, entretanto, ambas carecem de propostas metodológicas que estimulem os estudantes a terem uma aprendizagem significativa e não meramente mecânica. No que concerne especificamente às disciplinas de Cálculo, há a necessidade eminente de se modificar o modelo atual, que é muito abstrato e focado na replicação passiva das informações, sem que os estudantes tenham um aprendizado real.

A disciplina de Cálculo III, ensinada no curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), no Barreiro, tem em sua ementa o ensino de equações diferenciais (EDs). Dullius, Veit e Araujo (2013, p. 207) destacam que os profissionais de engenharia precisam “equacionar e solucionar uma ampla gama de problemas que podem ser representados por EDs”, e a apropriada “compreensão dos conceitos básicos envolvidos nessas equações e na obtenção de suas soluções” é imperativa como componente de seus processos de formação (CARNEIRO; LEÃO; TEIXEIRA, 2010, p. 555, tradução nossa).

Apesar de sua ampla aplicabilidade e grande importância para os discentes e profissionais da Engenharia Civil, poucos são os estudantes que apresentam, de fato, interesse pelo

assunto, visto que muitos até o temem, seja por falta de entendimento concreto da aplicação das EDs, seja pela forma como as EDs são lecionadas.

Frente a isso, este artigo propõe-se a demonstrar um inovador método de ensino-aprendizagem de EDs na disciplina de Cálculo III, do curso de Engenharia Civil, turno noite, da PUC Minas, no Barreiro, desenvolvido através de ações coordenadas e interdisciplinares entre o professor da disciplina, a coordenação do curso de Engenharia Civil no Barreiro e o monitor da disciplina.

Metodologia

Este trabalho se desenvolveu com base no método hipotético-dedutivo, o qual partiu da observação da forma como EDs são lecionadas, com os levantamentos dos fatos e problemáticas existentes, e ainda com a utilização de artigos científicos em línguas portuguesa, inglesa e espanhola que tratam da temática aqui abordada. Feita essa etapa, fez-se um encadeamento das hipóteses e soluções possíveis, sendo escolhida uma proposta metodológica que enaltecesse a conversão da teoria e da prática. Além disso, todas as análises, propostas e ações se fundamentaram nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Resolução CNE/CES 11.

Essa alternativa metodológica no ensino de EDs baseia-se na demonstração dos vastos usos dessas equações nas diferentes áreas da Engenharia Civil, através de situações-problema reais e significativas, a partir das quais, os estudantes de Engenharia Civil, que fazem a disciplina de Cálculo III, no turno noturno, no segundo semestre de 2016, deveriam desenvolver protótipos. Para cada uma das situações aplicadas, desenvolveu-se um Roteiro de Estudos dividido em três partes, para evidenciar a aplicação das EDs por meio de três métodos distintos.

O ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS

As equações diferenciais estão presentes nas mais variadas situações na vida cotidiana, bem como na Engenharia Civil, a qual abarca as mais diversas áreas. Segundo Carneiro, Leão

e Teixeira (2010), a maioria dos problemas de engenharia, “independentemente da área, pode ser descrita por um conjunto de equações diferenciais, as quais são aproximações matemáticas da realidade física” (CARNEIRO; LEÃO; TEIXEIRA, 2010, p. 555, tradução nossa); isto é, uma equação diferencial é obtida “quando se observa um fenômeno, coletam-se taxas de variação e então se relacionam a com a própria função que descreve tal fenômeno” (BERTOLOTTO; CARMARGO, 2015, p. 1).

Para Miotto, Cargnelutti e Machado,

[...] as equações diferenciais desempenham um papel muito importante na engenharia e nas ciências exatas. Muitos problemas conduzem a uma ou várias equações diferenciais que deverão ser resolvidas (2013, p. 2).

Ainda de acordo com os autores,

[...] uma equação diferencial é uma equação que envolve derivadas. Ou seja, chamamos de equações diferenciais (E.D.) uma equação que tenha em sua estrutura derivadas de uma ou mais variáveis dependentes relacionadas a variáveis independentes (MIOTTO; CARGNELUTTI; MACHADO, 2013, p. 3).

Figueiredo destaca que a

[...] compreensão do cálculo diferencial é de enorme importância na formação de um engenheiro, pois além de estimular o raciocínio lógico está conectado com a resolução de diversas situações ligadas a fenômenos físicos que são gerenciadas por engenheiros (2016, p. 54).

Exemplos práticos dessas situações são a deflexão de vigas, o processo de adensamento de solos e processos de depuração de corpos d’água. Thomas acrescenta que:

Uma das principais razões da importância das equações diferenciais é que mesmo as equações mais simples são capazes de representar sistemas úteis. Mesmo alguns sistemas naturais mais complexos comportam modelagens em termos de equações diferenciais bem conhecidas. Por outro lado, problemas cuja modelagem exige equações diferenciais mais complicadas podem, hoje em dia, ser tratados através de métodos computacionais (2013, p. 2).

Apesar de sua larga aplicabilidade e relevância para os estudantes de Engenharia Civil, há um número reduzido de discentes que se interessam pelo assunto, muitas vezes, temido pelos mesmos. Isso decorre de uma metodologia de ensino das EDs arcaica e pouco convidativa, em que muitos professores persistem no uso de metodologias de ensino que privilegiam tão somente o enfoque algébrico e numérico e que, portanto, favorece uma aprendizagem estritamente mecânica e instrumental (MORENO; AZCÁRATE, 2003, tradução nossa). Miotto, Cargnelutti e Machado (2013, p. 2) ainda acrescentam que os problemas de cálculo “podem ser de difícil visualização principalmente para estudantes em início de curso, pois sua experiência prática do conteúdo ensinado é limitada”.

Essa dificuldade de entendimento, associada ao desinteresse se reflete claramente não apenas no desempenho acadêmico dos discentes, mas, sobretudo, durante a disciplina, ao longo do semestre. Dullius, Araujo e Veit, que trabalham no ensino de cálculo diferencial e integral nos cursos de Engenharia, lidam frequentemente com as indagações dos discentes, tais como:

[...] por que fazer a mão essas contas enormes se existem máquinas para isso? Por que “decorar” tantas fórmulas, se o dia que precisar posso buscar em livros ou na internet? Por que preciso saber tudo isto, afinal? (DULLIUS, ARAUJO E VEIT, 2011, p. 18).

Tais indagações surgem, na maioria das vezes, como fruto do modo convencionalmente adotado para introduzir o conteúdo de EDs, que parte “da definição” para, “posteriormente” apresentar “as técnicas de resolução analítica” e, finalmente, abordar “algumas aplicações, retiradas de livros de texto”, entretanto, ainda de forma muito abstrata (DULLIUS; ARAUJO; VEIT, 2011, p. 40).

Na PUC Minas no Barreiro, a disciplina de Cálculo III, na Engenharia Civil, aborda o conteúdo de EDs de forma convencional. Os professores lecionam esses conteúdos sem a utilização de recursos computacionais e/ou atividades práticas, restringindo-se a apenas ensinar os métodos analíticos de resolver as

EDs, acompanhados de exercícios retirados dos livros-textos base.

Logo, a aprendizagem se torna mecânica e não significativa. Segundo Braathen, a aprendizagem mecânica

[...] ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê [...] e a aprendizagem significativa ocorre com a incorporação de conhecimento novo na estrutura cognitiva do estudante, e pode ser associado a um conhecimento prévio, relacionado e relevante, já existente nessa estrutura cognitiva (2012, p. 65).

Moreira (2012, p. 30) reitera que:

A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2012, p. 30).

PROPOSTA METODOLÓGICA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O principal desafio que se apresenta refere-se à modificação do processo de ensino-aprendizagem de equações diferenciais, para que se passe de um modelo automático, pouco eficiente e atrativo, para uma abordagem prática, dinâmica e que promova efetivamente a construção desses conhecimentos nos discentes. Para Braathen:

Mesmo em aulas expositivas tradicionais, muitas mudanças de conceito que envolvem a aprendizagem significativa podem acontecer caso o professor lance mão de metodologias mais dinâmicas. Assim, mesmo em aulas com muitos alunos, problemas de falta de conhecimento prévio podem, muitas vezes, serem resolvidos ou atenuados ao se criar um ambiente interativo e dinâmico, com efetivo envolvimento dos alunos no processo, bem como com trabalhos em duplas e em pequenos grupos, entre outras metodologias (2012, p. 69).

Acrescenta-se, ainda, que a Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CES/CNE), no Artigo 4º das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, estabelece que as universidades devem desenvolver nos estudantes determinadas habilidades e competências importantes para sua atuação profissional, tais como “aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia” e também “projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados” (BRASIL, 2002, p. 1). Além disso, em seu Artigo 5º, estabelece que “cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que [...]” estimule “atividades complementares, [...] projetos multidisciplinares, [...] trabalhos em equipe e desenvolvimento de protótipos [...]” (BRASIL, 2002, p. 1-2).

Para Dullius, Veit e Araujo, há a necessidade iminente de se

[...] trabalhar com abordagens alternativas para o conteúdo de ED, focando também a questão interpretativa, conceitual, por um lado para explorar esta habilidade e por outro, para que a aprendizagem de ED não seja tão prejudicada pelo cenário problemático apresentado em relação à matemática básica (2013, p. 226).

Essa mudança de perspectiva metodológica possibilita ampliar também, as compreensões dos estudantes quanto aos sistemas reais modelados.

Dullius, Veit e Araujo analisam a forma como EDs eram lecionadas no século passado e como o são atualmente, e explicam que:

Comparando o contexto de ensino das EDs hoje em dia com o que se tinha na metade do século passado, percebemos que os tipos de alunos são outros, as necessidades e exigências do mercado de trabalho não são as mesmas, assim como as ferramentas disponíveis, mas a maioria das aulas continuam, em essência, sendo ministradas da mesma forma. Os currículos precisam ser repensados e os avanços tecnológicos considerados (2011, p. 20).

Baseado no exposto acima, propôs-se um novo método de ensino-aprendizagem de EDs na disciplina de Cálculo III, do curso de Engenharia Civil, turno noite, da PUC Minas

no Barreiro. Para tanto, pesquisou-se a aplicação de EDs, na Engenharia Civil, de algumas situações-problema reais e significativas, tais como: Lei de Resfriamento/Aquecimento de Newton, fator água-cimento, concentração de misturas, deflexão de vigas, escoamento da água de reservatórios e flambagem.

Nessa proposta, as aulas de Cálculo III deixam de ser puramente expositivas e teóricas e passam a convergir a teoria e a prática. Parte das aulas são destinadas ao ensino das teorias e técnicas relacionadas às equações diferenciais e a outra parte é exclusivamente orientada para o desenvolvimento de protótipos baseados nas situações-problemas acima mencionadas. Pretende-se, com isso, tornar as aulas mais agradáveis, contextualizadas e multidisciplinares, ao permitir que os estudantes desenvolvam suas atividades práticas embasados naqueles conceitos teóricos bem trabalhados em sala de aula. Além disso, essa proposta metodológica objetiva aumentar a motivação dos discentes, fazendo com que eles se tornem sujeitos ativos nas aulas e o professor um agente mediador educador desse processo.

Na prática, os discentes devem se organizar em grupos constituídos por quatro ou cinco pessoas e cada grupo deve escolher e desenvolver um protótipo que reproduza uma das situações-problemas reais. Para isso, desenvolveu-se um Roteiro de Estudos que tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade prática das EDs em cada situação. Os Roteiros de Estudos são estruturados com textos explicativos e com perguntas, de forma a instigar os estudantes a pesquisarem mais sobre os assuntos, estimulando o raciocínio sobre os fenômenos físicos e as variantes intermitentes ou não envolvidas em cada experimento.

Cada roteiro, que é entregue a um grupo, contém explicações teóricas iniciais do assunto abordado. É observado o fato de que a disciplina Cálculo III, na PUC Minas Barreiro, é lecionada no 4º período, e muitos dos assuntos contidos nos roteiros são de disciplinas de períodos mais avançados. Portanto, a forma como os Roteiros de Estudos foram desenvolvidos visa a introduzir os conceitos fundamentais dos assuntos abordados, auxiliando os estudantes e despertando o interesse pelas disciplinas dos respectivos assuntos abordados. Além da parte

teórica, cada Roteiro de Estudo é dividido em três partes, para demonstrar a aplicação das EDs através de três métodos distintos: resolução analítica das EDs, método experimental e método computacional.

Sendo assim, são vários os objetivos específicos deste trabalho; através do desenvolvimento da solução algébrica manualmente para a ED de cada protótipo, espera-se que os estudantes tenham assimilado os conceitos lecionados em sala de aula e sejam capazes de aplicar os conhecimentos matemáticos à engenharia, bem como “identificar, formular e resolver problemas de engenharia” (BRASIL, 2002, p. 1). No desenvolvimento e resolução das EDs, espera-se que os modelos sejam “uma boa representação da realidade” e que os mesmos enunciem “de maneira precisa os princípios que governam o sistema” (THOMAS, 2013, p. 3).

Pelo método experimental, deseja-se estimular nos discentes a capacidade de “projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados e atuar em equipes multidisciplinares” (BRASIL, 2002, p. 1), uma vez que eles terão de desenvolver protótipos que representem as situações reais, de ocorrência nos respectivos assuntos tratados nos roteiros. Essa etapa permitirá que os estudantes concebam os projetos, desenvolvam e testem os protótipos, o que fará com que eles se deparem com desafios reais. As figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, os grupos de estudantes fazendo os experimentos da Lei de Aquecimento de Newton e da deflexão de vigas.

Figura 1 – Experimento da Lei de Aquecimento de Newton.



Fonte: acervo dos autores.

Figura 2 – Experimento da deflexão de vigas.



Fonte: acervo dos autores.

Ademais, as figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, os experimentos referentes ao teste de resistência à compressão do corpo de prova de concreto e da flambagem de colunas.

Figura 3 – Experimento da resistência à compressão de corpos de prova de concreto.



Fonte: acervo dos autores.

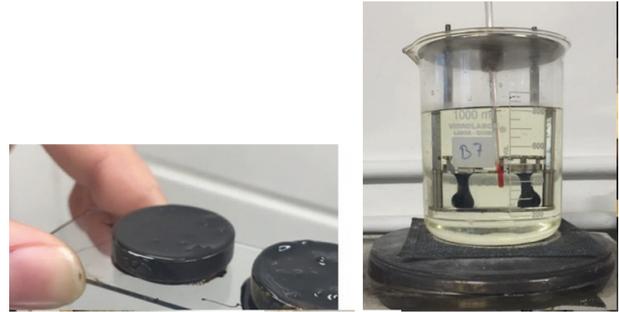
Figura 4 – Experimento da flambagem de colunas.



Fonte: acervo dos autores.

Por sua vez, a Figura 5 demonstra outro experimento relacionado à temperatura, denominado “Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola”, empregado para determinar o ponto de amolecimento da pavimentação asfáltica sob variações de temperatura.

Figura 5 – Experimento do ponto de amolecimento de pavimentos asfálticos.



Fonte: acervo dos autores.

Durante o desenvolvimento do protótipo, os discentes contam com as orientações e acompanhamento do professor e do monitor da disciplina, bem como têm o apoio de técnicos de laboratórios e outros professores das respectivas áreas dos protótipos. Como resultado dessa etapa, os alunos devem confeccionar um relatório contendo todas as informações referentes ao desenvolvimento do protótipo e da realização da experiência relativa a ele, bem como a análise dos resultados obtidos. Por fim, cada grupo deverá determinar a equação que rege aquele experimento.

Após o término da parte experimental, os grupos darão início ao método computacional. Nessa fase do trabalho, serão utilizados *softwares* para obtenção das equações dos respectivos experimentos, tais como Excel e MATLAB, através do Simulink. O objetivo é estimular o uso de recursos computacionais e, sobretudo, desenvolver nos alunos a capacidade de interpretação de resultados obtidos com tais *softwares*.

Por fim, os grupos deverão comparar as equações obtidas em cada um dos métodos. Essa análise comparativa permitirá a verificação das semelhanças e diferenças existentes entre as equações resultantes, salvaguardadas as diferenças inerentes a cada método. Os estudantes, em grupos, também desenvolverão um relatório final no qual descreverão todo o processo, discutirão os resultados obtidos, dando ênfase às diferenças e semelhanças verificadas nas equações encontradas por meio da utilização dos diferentes métodos. Baseado no relatório escrito, cada grupo irá realizar uma apresentação oral, para toda a classe, relatando todo o processo do trabalho realizado. Com isso, objetiva-se que os

estudantes sejam capazes de “comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica” (BRASIL, 2002, p. 2).

Destaca-se ainda que, durante as aulas, e sobretudo ao longo do trabalho, os estudantes são incentivados a desenvolver hipertextos para auxiliá-los na melhor organização, visualização e elaboração do todo a ser feito no decorrer do trabalho e posterior apresentação. Para Marcuschi, o “escritor de um hipertexto produz uma série de previsões para ligações possíveis entre segmentos, que se tornam opções de escolha para os hipernavegadores” (2001, p. 83). Por sua vez, Dias afirma que:

Na rede hipertexto existem as unidades de informação, equivalentes aos nós, mas que no plano do hipertexto podem compreender grandes blocos de informação textual ou gráfica, e uma estrutura de ligação que se processa através de entidades próximas das dos arcos das redes semânticas e que suporta a flexibilidade do hipertexto. [...] No plano da aprendizagem o hipertexto promove o desenvolvimento da representação multidimensional e flexível dos conteúdos, orientada pelas perspectivas construtivistas da aprendizagem, da cognição situada e da flexibilidade cognitiva (DIAS, 2000, p. 149).

Dullius, Veit e Araujo introduziram uma proposta metodológica semelhante, na qual, “partindo de situações-problema contextualizadas, às quais os alunos eram capazes de atribuir algum significado”, eles se concentravam “no comportamento das soluções das EDs, exploradas com um recurso computacional, para somente em etapa posterior apresentar as técnicas de obtenção da solução analítica”. Além disso, os autores buscaram “centrar o ensino no aluno e incentivar a interação aluno-professor-material-recursos, minimizando a exposição transmissiva do conhecimento” (DULLIUS, VEIT e ARAUJO, 2011, p. 40).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme exposto na seção anterior, os discentes teriam que realizar apresentações orais para apresentar seus respectivos trabalhos. A primeira apresentação ocorreu na 11ª Edição da Mostra Tecnológica do Instituto Politécnico da Pontifícia Universidade Católica de Minas

Gerais (IPUC), ocorrida no início do mês de novembro de 2016, a qual configura-se como:

Um momento de interação, articulação, integração entre empresas, futuros engenheiros, profissionais do ramo, comunidade acadêmica, escolas de ensino médio e técnico e sociedade em geral. Contempla semestralmente a exposição e divulgação de produtos, tecnologias e serviços de empresas dos diversos segmentos da engenharia e apresentação da produção acadêmica e científica do Instituto Politécnico da PUC Minas (IPUC) (PUC MINAS, 2017).

A Figura 6 destaca, respectivamente, as apresentações na 11ª Mostra do IPUC do grupo que tratou da dissolução de misturas e do grupo que tratou do ponto de amolecimento de pavimentos asfálticos.

Figura 6 – Apresentações na 11ª Mostra do IPUC.



Fonte: acervo dos autores.

A Figura 7 mostra as apresentações na 11ª Mostra do IPUC dos grupos que trataram da Lei de Resfriamento de Newton e do escoamento da água de reservatórios.

Figura 7 – Apresentações na 11ª Mostra do IPUC.



Fonte: acervo dos autores.

Na Mostra do IPUC, os discentes eram livres para determinar como seriam as apresentações e os grupos utilizaram apresentações em Power Point, *banner* ou ambos os recursos. Tanto o professor da disciplina quanto o moni-

tor seriam apenas mediadores, dando instruções e sanando possíveis dúvidas quanto à elaboração de tais materiais. Tanto as apresentações em Power Point, quanto o *banner* elaborado pelos grupos estavam bem estruturados e muito bem organizados.

Como primeira apresentação oral de expressão realizada pelos discentes, pode-se observar que os mesmos enfrentaram determinadas dificuldades relativas à comunicação oral, tais como a vergonha de falar em público ou certa inquietação. Conforme explica Longo (2007), os estudantes de engenharia apresentam um perfil mais cartesiano e avesso à escrita, bem como à exposição oral, salvaguardadas, obviamente, as exceções. Entretanto, falar em público é de grande relevância tanto para o estudante quanto para o profissional. Ainda segundo o autor, “hoje em dia, para se tornar um bom profissional, é fundamental ter um bom desembaraço no dia-a-dia do seu trabalho” (LONGO, 2007, p. 3). Bandeira e Quaglia, ainda complementam explicando que “dada a complexidade do mundo atual, a sociedade vem requerendo cada vez mais das pessoas desempenhos sociais competentes” (2005, p. 46).

Apesar da vergonha inicial, os estudantes foram ganhando confiança e maior tranquilidade ao no curso das apresentações. Longo esclarece que

[...] uma das principais causas deste medo de falar em público é a falta de experiência. Quem não está acostumado a falar vai certamente ter dificuldades no início, mas com a prática é possível superar a inexperiência (2007, p. 2).

Figueiredo *et al.* explicam que:

As atividades e experiências vivenciadas fora da sala de aula trazem inúmeros benefícios e vantagens aos universitários, tais como maior segurança, mais autoestima, melhor apresentação em público, aprendizado com novas culturas e maior compreensão das disciplinas (2016, p. 4).

O receio de falar em público não foi um fator redutor da qualidade das apresentações, de modo geral, pois, devido ao fato de os estudantes terem se envolvido e se empenhado efetivamente nos seus respectivos projetos, suas apresentações foram produtivas. Quando inter-

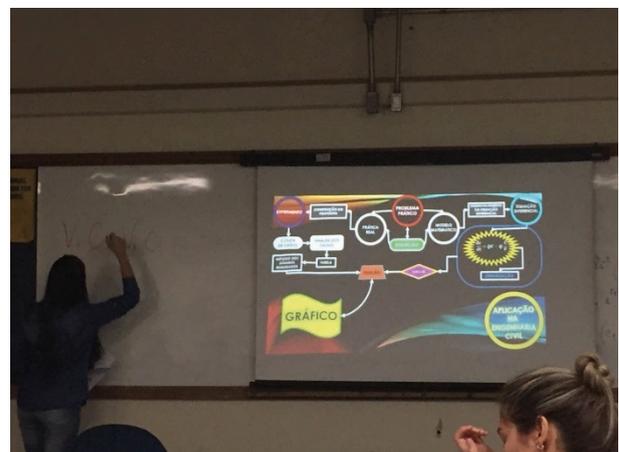
pelados pelos demais visitantes da Mostra, que incluíam alunos de outros cursos e professores, os estudantes foram capazes de reproduzir o conhecimento adquirido ao durante a realização dos seus respectivos projetos.

Salienta-se, também, a relevância de tais eventos para a formação do estudante, opinião endossada por Figueiredo *et al.*:

Os eventos científicos ou encontros científicos apresentam-se como fonte essencial na busca de novos conhecimentos, permitindo o enriquecimento do saber acadêmico, uma vez que reúnem profissionais especialistas, estudantes e outros grupos com interesses e áreas em comum, para trocas e transmissão de informações, ampliando e construindo assim, sua cultura, formação acadêmica e profissional. Logo, as principais funções destes eventos são o compartilhamento de experiências entre os participantes do evento; o acesso a informações atualizadas sobre os progressos recentes de uma área profissional ou de estudo; a divulgação de novos conhecimentos e o planejamento de metas para o futuro (2016, p. 4).

Dando prosseguimento, ao término do semestre, os estudantes deveriam entregar o relatório final, em forma de dissertação, e apresentarem-se, em sala de aula, para os demais colegas. As apresentações em sala de aula ocorreram no final de novembro de 2016, cerca de três semanas após a Mostra do IPUC, conforme as figuras 8, 9, 10 e 11.

Figura 8 – Apresentação em sala de aula – Experimento de diluição de misturas.



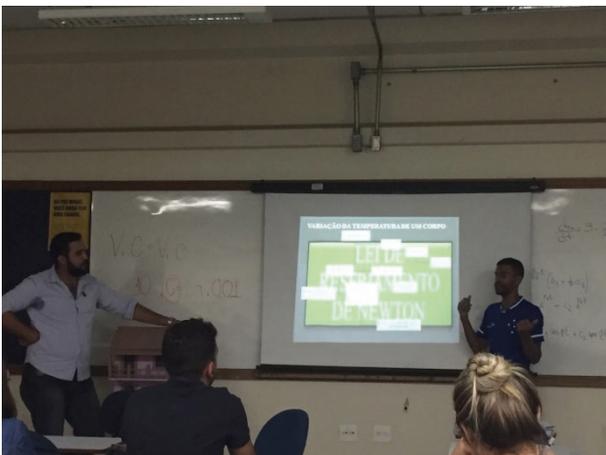
Fonte: acervo dos autores.

Figura 9 – Apresentação em sala de aula – Experimento do corpo de prova de concreto.



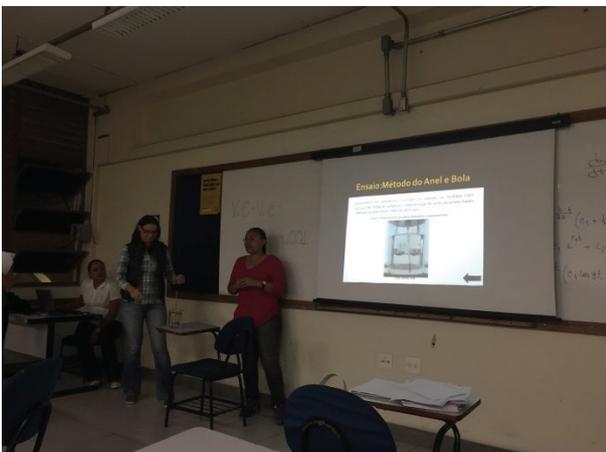
Fonte: acervo dos autores.

Figura 10 – Apresentação em sala de aula – Experimento da Lei de Resfriamento de Newton.



Fonte: acervo dos autores.

Figura 11 – Apresentação em sala de aula – Experimento do ponto de amolecimento de pavimentos asfálticos.



Fonte: acervo dos autores.

Depoimentos dos estudantes acerca da metodologia adotada

Ao término do projeto, pediu-se aos estudantes que discorressem, de forma anônima ou não, sobre suas impressões a respeito da experiência, bem como elencassem os pontos positivos e negativos por eles observados.

De uma maneira geral, essa nova metodologia introduzida na disciplina de Cálculo III, no curso de graduação em Engenharia Civil da PUC Minas no Barreiro foi muito bem aceita pelos discentes. Dos pontos abordados pelos estudantes, o mais recorrente foi a mudança de percepção dos mesmos acerca da disciplina e, sobretudo, em relação ao curso de Engenharia Civil como um todo.

Além disso, a possibilidade de criação dos protótipos e realização dos experimentos contribuiu, segundo os alunos relataram, para a melhoria na compreensão deles sobre equações diferenciais, uma vez que eles passaram a identificar o emprego das mesmas nas diversas atividades do engenheiro civil.

Os estudantes destacaram, também, que houve um aumento no interesse pelo curso e que eles se dedicariam mais em disciplinas que ainda fariam. Ainda nesse contexto, ressalta-se o incremento da motivação e confiança em si mesmos relatado pelos estudantes. Os estudantes saíram de uma posição passiva no processo de ensino-aprendizagem e expressaram uma satisfação em participar das aulas de Cálculo III.

Acentua-se, ainda, o fator do relacionamento interpessoal que os estudantes destacaram. Segundo eles, essa proposta metodológica permitiu maior interação e um melhor convívio em sala de aula entre eles. Ademais, os discentes relataram que o estímulo que eles receberam para os campos da escrita, da oratória, da capacidade de trabalho em equipe e das próprias habilidades e competências para a estruturação dos protótipos significou uma mudança positiva.

Por fim, ressalta-se o relato de um aluno, que não se identificou, que é dono de uma empresa na área. Segundo ele, essa proposta metodológica contribuiu para que ele passasse a ver o curso de Engenharia Civil de forma diferente, de maneira mais positiva e integradora e, acima

de tudo, ele disse ter modificado a forma como lidava com as questões da própria empresa.

Pereira *et al.* (2012, p. 10) explicam que as universidades necessitam cada vez mais de “estratégias pedagógicas” que permitam que os estudantes edifiquem e relacionem seus conhecimentos com aquilo que está ao redor deles. Logo, aquilo que é aprendido passa a ter significado relevante para os estudantes, que se tornam agentes ativos no processo de ensino-aprendizagem.

CONCLUSÃO

Por ser uma iniciativa inovadora no processo de ensino-aprendizagem de Cálculo III, na turma da noite, do curso de graduação em Engenharia Civil da PUC Minas no Barreiro, essa metodologia de ensino pretende quebrar paradigmas e contribuir para que os estudantes saiam de um modelo estático e automatizado e passem a desenvolver capacidades que vão muito além da memorização dos conteúdos.

Além disso, espera-se, ainda, promover a interdisciplinaridade entre Cálculo III e demais assuntos envolvidos nos Roteiros de Estudo, demonstrando aos discentes a relevância dessas disciplinas e contribuindo para que, através da motivação, da percepção da importância e da aplicação dos conceitos estudados na Engenharia Civil, eles melhorem seu desempenho e entendimento nos diversos conteúdos trabalhados no decorrer da graduação.

Destaca-se, também, que a análise crítica, a organização, a proatividade e o entendimento do todo foram habilidades desenvolvidas e/ou aprimoradas nos estudantes, possibilitando, assim, que os mesmos tivessem uma melhor compreensão da relevância das EDs na Engenharia Civil para sua vida profissional.

Por fim, observou-se que, através dessa proposta metodológica, associada à forma como os Roteiros de Estudos foram organizados, o processo de ensino-aprendizado de EDs tornou-se mais descomplicado e menos enfadonho e mecanizado, o que favoreceu que os estudantes passassem a ser sujeitos ativos no processo. As aulas se tornaram mais interessantes, contextualizadas e interdisciplinares, permitindo a convergência de teoria e prática.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, Marina; QUAGLIA, Maria Amélia Césari. Habilidades sociais de estudantes universitários: identificação de situações sociais significativas. **Interação em Psicologia**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 45-55, 2005.

BERTOLOTO, Rodrigo Ribeiro; CAMARGO, Rubens de Figueiredo. Equações diferenciais fracionárias em engenharia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, São Carlos, v. 3, n. 2, p. 1-2, 2015.

BRAATHEN, Per Christian. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 63-69, jan.-jun. 2012. Disponível em: <<http://revistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/53/29>>. Acesso em 29 out. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2016.

CARNEIRO, Filipa; LEÃO, Celina P.; TEIXEIRA, Senhorita F. C. F. Teaching Differential Equations in different environments: a first approach. **Computer Applications in Engineering Education Journal**. Honolulu, v. 18, n. 3, p. 555-562, set. 2010.

DIAS, Paulo. Hipertexto, hipermídia e mídia do conhecimento: representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na Web. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 13, n. 1, p. 141-167, 2000. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/497/1/PauloDias.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2016.

DULLIUS, Maria Madalena; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Ensino e aprendizagem de Equações Diferenciais com abordagem gráfica, numérica e analítica: uma experiência em cursos de engenharia. **Boletim de Educação em Matemática**, Rio Claro, v. 25, n. 38, p. 17-42, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2912/291222086003.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2016.

DULLIUS, Maria Madalena; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Dificuldades dos alunos na aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e**

Tecnologia, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 207-208, jun. 2013.

FIGUEIREDO, Jucelir de Lima *et al.* **A importância da participação dos estudantes do ensino superior em eventos científicos para sua formação acadêmica.** In: Anais III Congresso Nacional de Educação – CONEDU, Natal, RN, 2016. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SAA_ID2844_15082016151347.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2017.

FIGUEIREDO, Tiago Dziekaniak. O uso de equações diferenciais em estudos de engenharia: um discurso coletivo. **Revista Urutágua, Maringá**, n. 33, p. 50-57, dez. 2015-maio, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Urutagua/article/viewFile/28799/16660>>. Acesso em 29 out. 2016.

LONGO, Henrique Innecco. **A importância da fala dos alunos em sala de aula.** In: Anais XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, Curitiba, PR, 2007. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2007/artigos/468-Henrique%20Longo.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

MARCUSCHI, Luiz Antônio. O hipertexto como um novo espaço de escrita em sala de aula. **Revista Linguagem e Ensino**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 79-111, 2011. Disponível em: <<http://www.rsd.ucpel.tche.br/index.php/rle/article/view/263/229>>. Acesso em: 30 out. 2016.

MIOTTO, Carina Muniz; CARGNELUTTI, Jocelaine; MACHADO, Vinicio Mileski. **Aplicações das equações diferenciais na modelagem Matemática da dilatação/contração térmica de cabos da rede elétrica.** In: I Semana da Matemática da UTFPR – Perspectivas do Ensino e da Pesquisa em Matemática. Toledo, 18 a 22 de novembro de 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. Al final, qué es aprendizaje significativo? **Currículum**, La Laguna, México, n. 25, p. 29-56, 2012. Disponível em: <<http://publica.webs.ull.es/upload/REV%20CURRICULUM/25%20-%202012/02.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

MORENO, Mar Moreno; AZCÁRATE, Carmen Giménez. Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 2, p. 265-280, jan. 2003.

PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva *et al.* **Professores engenheiros:** processo de construção da prática pedagógica no curso de Engenharia de Produção Civil da UNEB. In: Anais XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, Belém, PA, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/103990.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

PUC MINAS – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. INSTITUTO POLITÉCNICO DA PUC MINAS. **Mostra Tecnológica do IPUC.** 2017. Disponível em: <http://portal.pucminas.br/ipuc/mostra_tecnologica/index_padrao.php?pagina=4570>. Acesso em: 3 fev. 2017.

THOMAS, Lucas Rangel. **O uso de equações diferenciais na modelagem de sistemas naturais e outros.** 2013. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais) – Universidade de Brasília. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4686/1/2013_LucasRangelThomas.pdf>. Acesso em 25 out. 2016.

DADOS DOS AUTORES



Everaldo Bonaldo – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR, 1999), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP, 2001) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade do Minho (2008). Atualmente é Coordenador do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), no Barreiro. Atuou como Analista de Planejamento e Fiscalização de Obras da Gerência de Expansão da Companhia Espírito Santense de Saneamento e como Coordenador de Controle da Qualidade da Bredero Shaw Revestimentos de Tubos Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, atuando principalmente nos seguintes temas: ensaios de laboratório, materiais compósitos, recuperação e reforço de estruturas de concreto, pré-fabricação e cascas. Diploma com reconhecimento da USP-SP.



Fernando Júnior Resende Mascarenhas – Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas, 2016). Participou de dois períodos sanduíches com bolsa de estudos, durante a graduação. Primeiro, ex-aluno do Programa Ciências sem Fronteiras (CsF), financiado pela CAPES, e estudou na University of Toronto, no Canadá, durante 16 meses, de setembro de 2013 a dezembro de 2014. Segundo, ex-aluno do Emerging Leaders in America Program (ELAP), com bolsa fornecida pelo CBIE, e fez pesquisa na Memorial University of Newfoundland, no Canadá, durante 5 meses, de janeiro de 2016 a maio de 2016. Atualmente, estudante de mestrado em Engenharia de Estruturas.



Juliana Torres de Oliveira Bonaldo – Pós-doutorado e doutorado em Estruturas pela Universidade do Minho em Portugal (2009 e 2005), mestrado em Engenharia das Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 2001), Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas, 1998). Atualmente é Coordenadora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, na Praça da Liberdade. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: *reinforced masonry*, *shell*, juntas de microconcreto, alvenaria cerâmica e *concrete joints*, concreto reforçado com laminados de carbono, estruturas de aço.



Ricardo Siervi Natali – Mestre em Educação pela PUC Campinas, Especialista em Educação Matemática e Informática na Educação. Graduado em Matemática. Atualmente é professor na PUC Minas. Utiliza hipertextos como ferramenta para desfragmentação no ensino aprendizagem.