O Ensino da Matemática nas Licenciaturas de Engenharia: CAME - Compreender Aprendizagens para Melhor Ensinar

Maria Emília Bigotte de Almeida[*], Carla Fidalgo[*]

[*] Departamento de Fisica e Matemática, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora 3030-199, Coimbra, Portugal

Email: ebigotte@isec.pt;cfidalgo@isec.pt

Resumo

As constatadas dificuldades dos alunos das licenciaturas em Engenharia nas Unidades Curriculares referentes ao Cálculo Diferencial e Integral, têm contribuído para elevar a taxa de insucesso e por conseguinte têm conduzido a uma desmotivação de todos os intervenientes no processo educativo. Concomitantemente os novos cenários de acesso ao ensino superior, colocaram também novos desafios às instituições politécnicas e universitárias, exigindo aos docentes uma maior capacidade de reflexão sobre as suas práticas pedagógicas. Neste contexto de preocupações, foi constituído o GIDiMatE-Grupo de Investigação em Didática da Matemática na Engenharia, integrado na Área Científica de Matemática do Departamento de Física e Matemática (DFM) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) que pretende ser um contributo para uma reflexão participada e criteriosa da prática pedagógica no ensino superior que poderá influenciar, sobretudo, uma eventual modificação das conceções e um melhoramento do desempenho profissional dos docentes. Neste artigo pretende-se explanar a ação CAME-Compreender as Aprendizagens para melhor ensinar enquadrada no projeto levado a efeito pelo GIDiMatE com o objetivo de melhor compreender como, onde e porque os alunos aprendem ou não aprendem matemática, com vista à elaboração de programas de apoio para colmatar a falta de competências consideradas essenciais para a obtenção do sucesso escolar.

Palavras-chave: Insucesso; Avaliação; Competências; Ensino; Aprendizagem.

Abstract

The observed difficulties of the undergraduate Engineering students in Differential and Integral Calculus, have contributed to increase the failure rate and therefore have led to a lack of motivation of all stakeholders in the educational process. Concomitantly new access scenarios to higher education, also put new challenges to polytechnic and university, requiring teachers to a greater ability to reflect on their teaching practices. In this context of concerns, was constituted GIDiMatE-Research Group on Teaching of Mathematics in Engineering, integrated in the Department of Physics and Mathematics (DFM), Coimbra Institute of Engineering (ISEC), which aims to be a contribution for a participatory reflection and careful pedagogical practice in higher education which may influence, especially, any change of conceptions and improvement of professional performance of teachers. In this paper we explain the action CAME-Understanding Learning to better teach, framed in the project carried out by GIDiMatE, aiming to better understand how, where and why students learn or do not learn mathematics, in order to develop support programs to address the lack of skills considered essential for achieving academic success.

Keywords: Failure; Evaluation; Skills; Teaching; Learning.

1 Enquadramento

São frequentemente constatados os fracos resultados dos alunos nos Exames Nacionais do Ensino Básico e Secundário/Acesso ao Ensino Superior e no Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), pelo que se induz que os estudantes que acedem ao ensino superior têm, em geral, dificuldades em conteúdos básicos e elementares de Matemática. Muito embora Portugal se aproxime, gradualmente, da média observada no PISA, que se situa nos 496 pontos, as ligeiras melhorias que se evidenciam não alteram a constatação de facto de que os estudantes, que acedem ao ensino superior têm, em geral, dificuldades em conteúdos básicos e elementares de Matemática, o que poderá ser assumido como uma das causas do abandono às aulas e às avaliações e, por conseguinte, das altas taxas de reprovação. Esta insuficiente preparação com que a maioria dos alunos acede ao ensino superior, não sendo situação exclusiva do ensino português, é agravada pela heterogeneidade na formação à entrada das licenciaturas em

Engenharia fruto da diversidade de perfis das provas específicas, até agora permitidos, no acesso às escolas do ensino superior.

Nas últimas décadas, tornou-se evidente uma massificação e democratização no ensino superior, constatada pela expansão considerável na diversidade das origens dos alunos, criando-se contextos diferentes nas motivações e nas expectativas, facto que lhes exigiu adaptações tanto a nível pessoal como social, a uma nova realidade. O público que acede ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) tem características muito díspares no que respeita à formação académica de base, verificando-se que a maioria dos alunos colocados, aproximadamente 63%, é provenientes dos cursos de ciências e tecnologias (RAC-2011), sendo que se tem constatado ao longo dos anos um decréscimo nestes alunos, dando lugar a uma maior dispersão pelas restantes variantes (Cursos Tecnológicos, Cursos de Especialização Tecnológica, Cursos Profissionais, Maiores de 23,…). Esta crescente multiplicidade na formação de base dos alunos, com notas de acesso em matemática que variam significativamente, origina dificuldades de integração nos conteúdos que se lecionam no ensino superior e é acompanhada frequentemente por uma postura de absentismo bastante elevada, revelando empenhamento irregular, quer na sala de aula quer na realização das atividades pedagógicas propostas pelos docentes. Neste cenário, o Departamento de Física e Matemática (DFM) do ISEC tem vindo a trilhar um processo para que, concomitantemente à captação promovida pela Escola, de um público heterogéneo proveniente das mais diversas formas de acesso que lhes permite ter mais alunos, reforce a atenção na definição de meios alternativos para complementar a formação originada pela variedade de perfis dos alunos admitidos. Não obstante todo este esforço, tem-se verificado que os alunos não têm correspondido às expectativas, continuando-se a verificar quer um elevado índice de reprovação quer elevadas taxas de abandono (tanto às aulas como às avaliações finais e intermédias).

No pressuposto de que o ensino superior pretende estimular uma maior iniciativa e autonomia dos alunos, as práticas pedagógicas utilizadas neste nível de ensino são desenvolvidas, geralmente, num ambiente pouco estruturado, sem instrumentos de apoio que se ajustem, especificamente, ao ritmo das matérias e das aulas. Este registo, não sendo particularmente dinamizado no ensino básico e secundário, pode representar para muitos alunos alguma ansiedade e certa desorientação que se refletirá indubitavelmente na atitude face à escola e à aprendizagem.

As constatadas dificuldades dos alunos das licenciaturas de Engenharia nas Unidades Curriculares da Área Científica de Matemática, nomeadamente nas referentes ao Cálculo Infinitesimal Básico, têm contribuído para elevar a taxa de insucesso e por conseguinte têm conduzido a uma desmotivação de todos os intervenientes no processo educativo. No entanto, a importância da Matemática e o seu papel estruturante enquanto ciência de base e ferramenta de suporte a um raciocínio lógico e estruturado, indispensável às áreas da engenharia, tem propulsionado a tentação dos docentes aceitarem, como normal, aquela situação, sendo envidados esforços para melhor compreensão dos fatores que contribuem no sucesso.

A situação do ensino de Cálculo nos países “desenvolvidos” não é muito diferente (note-se que já em 1991, dados constantes no “American Mathematical Monthly”, Vol. 98, evidenciam que 45% dos alunos que se matriculam num curso de Cálculo em Engenharia obtêm nível igual ou superior a C), visto que trabalhos sobre esse tema têm sido publicados e recebido merecido destaque por parte da literatura especializada internacional. David Tall (Tall, 1991,1992), por exemplo, tem sido um dos principais articuladores da área de pesquisa “pensamento matemático avançado”, cujas questões giram em torno das dificuldades encontradas nas aprendizagens dos conceitos básicos do Cálculo, tendo a psicologia cognitiva como pano de fundo para as suas análises epistemológicas.

Outro exemplo internacional desta inquietação foi o movimento em prol da reforma do ensino de Cálculo, iniciado na década de 80, e que ficou conhecido por “Calculus Reform” (ou Cálculo Reformado). Tal movimento teve como elemento deflagrador um polêmico documento do famoso matemático Peter Lax, que atacava os cursos de Cálculo da época. Segundo seus precursores, o “Calculus Reform” tem como características básicas o uso de tecnologia, isto é, software computacional e calculadoras gráficas, tanto para a aprendizagem de conceitos e teoremas como para a resolução de problemas. Um reflexo deste movimento é manifestamente evidenciado, a nível mundial, através do crescente número de trabalhos com esse perfil. (Arts et al, 2006; Baldino et al, 2000; Berman, 2007; Domenico, 2006; Hallett, 2006; Skouras, 2006)

Concomitantemente, centrando no aluno o processo de ensino/aprendizagem, paradigma emanado pela Declaração de Bolonha, os novos cenários de acesso ao ensino superior, colocaram também novos desafios às instituições politécnicas e universitárias, exigindo aos docentes uma maior capacidade de reflexão sobre as suas práticas pedagógicas. Adicionalmente, vários estudos (Gomes, 2010), apontam ser essencial considerar a forma de aprender dos alunos como parte integrante dos métodos de ensino, uma vez que a não inclusão desta variável nas investigações efetuadas sobre o insucesso da Matemática nas licenciaturas de Engenharia, não permite analisar a sintonia entre os estilos de aprendizagem dos alunos e os estilos de ensino do professor.

Neste contexto de preocupações, foi constituído o Grupo de Investigação em Didática da Matemática na Engenharia, GIDiMatE, integrado na Área Científica de Matemática do DFM do ISEC que pretende ser um contributo para uma reflexão participada e criteriosa da prática pedagógica no ensino superior que poderá influenciar, sobretudo, uma eventual modificação das conceções e um melhoramento do desempenho profissional do docente. O trabalho de investigação procura descrever e compreender o fenómeno do insucesso escolar da Matemática no Ensino da Engenharia, nomeadamente nas Unidades Curriculares de Cálculo Diferencial e Integral (UC-CDI), e desenvolver estudos que permitam melhor compreender como, onde e porque os alunos aprendem ou não aprendem matemática, estabelecer relações entre os métodos de ensino e a forma como os alunos aprendem, bem como construir ambientes de aprendizagem que corresponsabilizem os intervenientes no processo.

Neste artigo pretende-se explanar a ação *CAME-Compreender as Aprendizagens para melhor ensinar* enquadrada no projeto levado a efeito pelo GIDiMatE.

2 O Cálculo Diferencial e Integral no ISEC

Com o objetivo de compreender o insucesso nas Unidades Curriculares no ISEC, durante o ano letivo 2010/11, foram solicitados aos responsáveis de todas Unidades Curriculares (UC) correspondentes aos vários Grupos Disciplinares que integram a Área Científica de Matemática, relatórios de sistematização de informação que contemplassem os conteúdos programáticos, as metodologias de avaliação aplicadas, as competências a desenvolver nos alunos e as taxas de assiduidade e aprovação.

Com vista a uma melhor compreensão dos fatores que influenciam o insucesso da Matemática nas licenciaturas de Engenharia fez-se a análise dos relatórios correspondentes a todas as UC-CDI ministradas nas licenciaturas em Engenharia, tendo-se constatado que:

- Relativamente à assiduidade às aulas no primeiro semestre do ano letivo de 2010/2011 observou-se que existe, ao longo do semestre um decréscimo significativo em todas as UCs;
- Os estudantes obtêm melhores resultados nos processos que incluem avaliação distribuída (processo que integra a realização de mini testes e/ou trabalhos complementares). A obrigatoriedade de assiduidade mínima às aulas não altera o comportamento dos estudantes relativamente à presença nos diferentes processos de avaliação;
- Fraca participação dos alunos no processo de avaliação, manifestada pela abstenção às provas.

Estas conclusões enunciam um conjunto de questões que se prendem com a caracterização dos alunos que frequentam e participam nos modelos de avaliação propostos pelos professores nomeadamente, que permitam melhor compreender as razões do abandono.

Esta análise indicia assim, um elenco de recomendações que conduzirão à construção do plano de ação do GIDiMatE:

- Identificar o estado de conhecimento dos alunos em particular nos erros cometidos em competências essenciais básicas e elementares;
- Questionar sobre quais as estratégias de ensino/aprendizagem a aplicar, que visem atingir os alunos que não se submetem às provas de avaliação e compreender as consequentes razões que os conduziram a esse abandono;
- Questionar sobre a organização e desenvolvimento do ensino, aprendizagem e avaliação nas UC-CDI;
- Construir ambientes que conduzam a aprendizagens significativas com a corresponsabilização dos intervenientes no processo educativo.

Este diagnóstico conduziu à elaboração do projeto "*Ensinar, Avaliar e Aprender em Cursos de Engenharia: Avaliação de uma Intervenção Pedagógica em Unidades Curriculares de Cálculo Diferencial e Integral*", que tem por objetivo central da investigação construir e implementar uma intervenção ao nível da organização e desenvolvimento do ensino e da avaliação no contexto das UC-CDI em licenciaturas de Engenharia. Os resultados esperados poderão ajudar a compreender a avaliação das aprendizagens no ensino do CDI nas licenciaturas em engenharia e, nesse sentido, contribuirão para a produção de conhecimento e reflexão teórica numa área que tem sido claramente negligenciada pela investigação. Tais resultados podem ser relevantes para a reformulação e melhoria de projetos educativos e formativos das instituições de ensino superior que ministram licenciaturas em engenharia, de práticas pedagógicas e de políticas de formação de pessoal docente do ensino superior, como servirá também para dar feedback às escolas do ensino básico e secundário no sentido de lhes proporcionar orientação na preparação dos

alunos que pretendem progredir os seus estudos na área da engenharia, num domínio essencial do conhecimento científico. Este projeto compreende duas linhas de ação:

- ***CAME-Compreender as aprendizagens para melhor ensinar***- Pretende-se com esta ação melhor compreender como, onde e porque os alunos aprendem ou não aprendem matemática, com vista à elaboração de programas de apoio para colmatar a falta de competências consideradas essenciais para a obtenção da aprovação nas UC-CDI.
- ***ACAM-Avaliação de Competências/Ações de Melhoria*** - Pretende-se com esta ação proceder à construção de instrumentos pedagógicos diversos que contribuam para o diagnóstico, aquisição e consolidação dos conhecimentos e competências matemáticas necessárias na Engenharia e ao desenvolvimento de recursos no âmbito das tecnologias da informação e comunicação, que proporcionem aos estudantes de Engenharia a melhor experiência possível de aprendizagem.

3 CAME - Compreender as Aprendizagens para Melhor Ensinar

Esta ação surge do pressuposto que os alunos das licenciaturas em Engenharia revelam grandes dificuldades em aprenderem CDI. Os elevados índices de reprovação e de abandono nas unidades curriculares às ciências de base ministradas nas licenciaturas de Engenharia no ISEC, nomeadamente nas referentes ao CDI têm evidenciado a necessidade de questionar sobre quais as metodologias e estilos de ensino aplicados, quais os ambientes de aprendizagem utilizados e quais as práticas de avaliação utilizadas que melhor permitam uma corresponsabilização dos alunos no processo educativo, que possam estar relacionadas com o seu sucesso escolar e que conduzam a aprendizagens mais significativas. (Barbosa, 2004; Rezende, 2004; Rosa, 2011; Bigotte et al, 2012)

Partindo então do desígnio que os alunos não estão a aprender o que deviam, e como seria desejável que o fizessem, interessa então compreender como, onde e porque os alunos aprendem ou não aprendem matemática, quais as causas de abandono às aulas e às provas de avaliação nas UC-CDI no sentido de se proceder à definição de estratégias no processo de ensino que conduzam a aprendizagens mais significativas dos alunos e que conduzam, com envolvimento de todos os intervenientes no processo, ao sucesso escolar.

Assim, são tarefas desta ação a aplicação de instrumentos, previamente e especificamente construídos para o efeito ou disponíveis na literatura, que permitam:

- Indagar as perspetivas dos estudantes acerca do seu próprio processo de integração e ajustamento ao ensino superior, em particular no que concerne às UC-CDI. Esta análise qualitativa das perceções dos alunos contribuirá para a construção de um modelo de aprendizagem que melhor corresponda aos seus interesses, motivações e expectativas e que permita, simultaneamente, uma coresponsabilização dos intervenientes do processo educativo que possa melhorar a qualidade da docência e aumentar o sucesso escolar - **a dinâmica dos processos de aprendizagem**.
- Obter dados que conduzam à compreensão das dificuldades apresentadas pelos alunos, nomeadamente através da análise dos erros cometidos na realização das provas de avaliação e demais atividades propostas. Esta análise constituirá uma excelente ferramenta na informação do estado de conhecimento dos alunos, imprescindível no processo de ensino/aprendizagem e contribuirá, através de uma interpretação e categorização desses erros, para a seleção de atividades que promovam a reorganização das práticas pedagógicas conducentes ao desenvolvimento de competências fundamentais ao sucesso nas licenciaturas em Engenharia **- o processo de construção do conhecimento**.

3.1 A dinâmica dos processos de aprendizagem

Hoje é genericamente aceite que as práticas de avaliação devem contar com a participação ativa de todos os alunos e contribuir inequivocamente para a melhoria das aprendizagens (Fernandes, 2009). Porém, para que tal aconteça, é essencial que a avaliação esteja integrada nos processos de ensino e aprendizagem e que seja predominantemente de natureza formativa.

Embora exista investigação (Chaleta et al, 2005; Fernandes, 2008; Gill & O'Donoguhue, 2007) que tente explicar o insucesso dos alunos de Engenharia nas unidades curriculares de CDI (constata-se alguma exiguidade de produção científica que proponha uma intervenção integrada que permita articular, descrever e analisar uma prática de ensino e de avaliação formativa, implementada em contexto real de sala de aula, relacionando-a com as aprendizagens e sucesso académico dos estudantes.

É neste contexto e da necessidade de envolver os intervenientes ativos (alunos) na construção de ambientes de aprendizagem que melhor correspondam aos seus interesses, motivações e expectativas que se levou a efeito um estudo, durante o 1º semestre do ano letivo 2011/12, que pretende compreender as perceções dos alunos em relação às estratégias de ensino/aprendizagem aplicadas na UC-CDI.

O estudo (Bigotte et al, 2012) incidiu no conjunto de alunos inscritos nas UC inseridas nas Ciências de Base, associadas ao CDI, e ministradas nas licenciaturas de Engenharia. A amostra é constituída por 301 alunos distribuídos da seguinte forma: Biomédica (45), Civil (81), Eletrotecnia (50), Informática (125). Para a recolha de dados foi construído um questionário, de resposta fechada, constituído por 5 grupos de perguntas (dados pessoais, dados relativos à organização do aluno, dados relativos à UC utilização das TIC em ambiente de aprendizagem, indicadores de melhoria para o desempenho dos alunos em CDI) com formato da escala tipo *likert*, de cinco pontos, consoante o grau de concordância dos estudantes em que 1 é o valor mínimo e 5 é o valor máximo.

Da análise dos dados recolhidos, constatou-se que os alunos:

- Solicitam o esclarecimento de dúvidas sobretudo no decurso das aulas, sendo que também recorrem ao e-mail para o mesmo fim;
- Preparam-se para as avaliações através da resolução de fichas de trabalho, apontamentos pessoais, textos disponibilizados pelos docentes e pela resolução de testes dos anos anteriores;
- Consideram que as UC-CDI necessitam de maior tempo de preparação e exigência que as restantes unidades do mesmo ano da licenciatura e dedicam o seu tempo de preparação à UC em alturas de exame;
- Têm preferência por modelos de avaliação distribuída, com realização de mini-testes e trabalhos complementares;
- Selecionam as atividades que mais se adequam ao estilo de aprendizagem dominante, nos alunos de engenharia;
- Utilizam preferencialmente o Laboratório Virtual de Matemática/Moodle para troca de materiais, consulta de apontamentos e avisos/informações colocados pelos docentes;
- Avaliam a falta de esforço/persistência pessoal como o fator que mais contribui para o abandono às aulas e verifica-se a não existência de uma forte concordância com um item específico que se possa associar ao insucesso.

Estas constatações consubstanciam a necessidade de se desenvolverem estudos mais aprofundados que relacionem o ensino, a avaliação e a aprendizagem nas intervenções pedagógicas existentes para CDI.

3.2 O processo de construção do conhecimento

3.2.1 Estilos de aprendizagem e estilos de ensino

Conscientes que a educação centrada no papel ativo do estudante obriga o docente a dar uma atenção especial ao conceito de aprendizagem e aos diferentes modos como o aluno aprende (Gomes, 2010; Gonçalves, 2008), as autoras decidiram analisar e apreender a dinâmica dos processos de aprendizagem e as suas relações com os resultados obtidos pelos alunos na avaliação realizada nas UC-CDI. A tomada de consciência, por parte de alunos e professores, da coexistência de vários perfis de aprendizagem em sala de aula permitirá a prática de estratégias, tendentes a contemplar a diversidade de preferências e consequentemente melhorar a aprendizagem.

Neste estudo (Bigotte et al, 2012), os dados analisados consistem nas respostas ao *Index of Learning Styles* (ILS), (Felder,1988,1993) disponível na *world wide web,* gratuitamente, através do endereço, http://www.engr.ncsu/learningstyles/ilsweb.html, e envolve dois grupos de alunos, correspondentes a cada um dos anos letivos. Assim o Grupo I é constituído por 171 alunos inscritos nas UC-CDI do ISEC, no ano letivo 2010/11, subdivididos em 5 Licenciaturas de Engenharia: Civil (63), Informática (55), Eletrotécnica (19), Mecânica (23) e Biomédica (11). O Grupo II é formado por 31 alunos de Civil e 87 de Informática inscritos nas mesmas UC em 2011/12.

Concluiu-se que os alunos que frequentam UC-CDI são indivíduos maioritariamente ativos, sensoriais, visuais, e sequenciais, podendo ser generalizado este facto aos alunos do ISEC, uma vez que os alunos que incluíram a amostra estavam inscritos em UC que integram a formação de base comum a todas as licenciaturas. Assim, os alunos do ISEC enquadram-se nos perfis de aprendizagem dos alunos de engenharia já evidenciados em estudos anteriores.

Relativamente à relação existente entre os estilos de aprendizagem dos alunos e a classificação final obtida nas UC-CDI é claro, dos resultados obtidos, que o processo de aprendizagem pode condicionar os resultados académicos e de aprendizagem dos alunos. Os métodos de ensino utilizados, o tipo de atividades escolhidas, as características de personalidade do professor poderão afetar a aprendizagem. Reconhecer que os alunos são indivíduos diferentes, cada um com as suas particularidades, personalidade própria e os seus próprios estilos de aprendizagem, pode ajudar os professores a adequar os seus métodos de ensino, de forma a proporcionar uma melhor aprendizagem à globalidade dos alunos. É importante que o professor consiga contemplar a enorme diversidade de estilos de aprendizagem utilizando para isso diferentes estratégias. Ao estruturar o ensino tendo em conta as variações nos estilos de aprendizagem o professor torna o seu trabalho mais ajustado aos diferentes estudantes e promove a igualdade de oportunidades educativas para todos. Por outro lado, o professor pode ajustar de forma consciente o seu modo de ensinar aos diferentes tipos de estudantes, adotando estratégias diversificadas para que a maioria dos seus alunos beneficie com as suas aulas e aprenda da forma que lhe é mais agradável. Adicionalmente, um professor que conheça os seus próprios estilos e possa detetar determinados aspetos dos estilos dos seus alunos certamente será mais capaz de conceber cursos mais adequados e de melhor trabalhar com os seus alunos.

3.2.2 Dificuldades dos alunos na integração das Unidades Curriculares de Cálculo Diferencial e Integral

Uma das grandes preocupações dos docentes incide na forma de apresentar os conceitos integrados nas UCs- CDI, ministradas nos 1ºs anos das licenciaturas em Engenharia (primitivação, cálculo integral e equações diferenciais), que permita aos alunos uma melhor compreensão desses tópicos. Vários estudos sustentam que a integração dos alunos nas unidades curriculares da área científica de matemática está relacionada com o grau de conhecimentos adquiridos nos níveis anteriores de escolaridade. Da experiência das investigadoras, como docentes do ensino superior, tem sido constatada, ao longo dos anos, a deficiente preparação dos alunos em conhecimentos matemáticos, ao nível básico e elementar, essenciais à necessária adaptação naquelas unidades curriculares, pelo que se torna imprescindível identificar o grau de conhecimento dos alunos em conteúdos matemáticos básicos e elementares, essenciais à integração no ensino superior.

Com efeito, uma das formas de analisar as dificuldades dos estudantes na aprendizagem de conteúdos matemáticos emerge da investigação cuidada das soluções que são apresentadas às questões matemáticas, ressaltando da deteção dos erros cometidos uma contribuição para compreender como os alunos se apropriam de um determinado conhecimento. Neste contexto, a análise dos erros poderá surgir como uma ferramenta pedagógica a ser integrada nas estratégias de ensino, uma vez que poderá potenciar um conjunto de atividades que visem a superação de dificuldades encontradas.

Com efeito, a observação dos erros cometidos pelos alunos, bem como das várias versões em que eles surgem, nas resoluções de questões associadas aos conteúdos programáticos das unidades curriculares poderá permitir a construção de um referencial de base de um conjunto de estratégias a incluir na prática letiva.

Assim, neste estudo, a análise de erros foi entendida como uma metodologia de ensino uma vez que na sua interpretação se evidenciará quais os conhecimentos básicos e/ou elementares que estão em falta e que são essenciais nos conteúdos programáticos da UC-CDI lecionada nas licenciaturas em Engenharia. Desta forma, através de estratégias específicas de ensino e atividades concretas dirigidas aos alunos com dificuldades de integração, poder-se-á evitar a falta de acompanhamento da matéria o qual, a verificar-se, implicará uma desmotivação do estudante e conduzirá, necessariamente, ao abandono das aulas e ao insucesso escolar.

A experiência das investigadoras, e a revisão da literatura entretanto recolhida (Cury, 2005,2007; Gill & O'Donoguhue, 2007), levou-as a identificar um conjunto de erros que consideram, empiricamente, como sendo os mais comuns e que supostamente inviabilizam a correta resposta a determinadas questões. A opção nesta abordagem recaiu no "*Currículo Nacional do Ensino Básico-Competências essenciais*" e no "*Mathematics for the European Engineer – A Curriculum for the Twenty-First Century*" (SEFI, 2002) documento de orientação curricular para o ensino da matemática nas Engenharias, tendo-se tomado como referência os tópicos constantes no *Core Zero p.24*.

Uma análise mais específica na interpretação destes erros, bem como das várias representações como surgem nas provas de avaliação dos alunos, sugere:

- A ausência de conhecimentos básicos ao nível da compreensão da diferenciação das propriedades caraterísticas da adição e da multiplicação;
- Uma incidência dos erros diretamente relacionada com a questão colocada na prova e consequentemente com a matéria abordada na avaliação.

Estas constatações inferem a necessidade de aplicar estratégias em sala de aula, ou complementares, que possam ir ao encontro das reais necessidades dos alunos na superação das dificuldades detetadas. Assim, sugere-se a elaboração de atividades dirigidas à aquisição de conhecimentos básicos que se executem paralelamente ao desenvolvimento da UC por forma a superar as dificuldades detetadas. Uma das possíveis estratégias a adotar em sala de aula poderá ser a aprendizagem por pares (peer learning). Também o recurso à implementação de mini-cursos modulares, quer presenciais quer em e-learning, poderá contribuir para a plena integração dos alunos no ensino superior, nomeadamente, nas licenciaturas em Engenharia.

Para o bom funcionamento das unidades curriculares de CDI recomenda-se, aquando do seu início, a passagem de um teste diagnóstico que permita detetar precocemente as dificuldades dos alunos, por forma a fazer uma intervenção atempada, evitando a desmotivação e o consequente abandono às aulas fatores que conduzem, inevitavelmente, ao insucesso escolar.

4 Conclusões

Com o trabalho desenvolvido nestes três estudos conclui-se:

- A necessidade, cada vez mais emergente, de conciliar os conhecimentos matemáticos básicos e elementares dos alunos à entrada das licenciaturas em Engenharia com os níveis expectáveis pelos docentes que permita uma boa integração nas Unidades Curriculares da área científica de Matemática. A articulação dos dois subsistemas de ensino – secundário e superior- deverá ser considerada uma prioridade para definição de programas de combate ao abandono e insucesso escolar.
- A importância de diversificar as estratégias e instrumentos pedagógicos bem como os processos de avaliação que contrarie a falta de esforço e persistência pessoal latente nos alunos, recorrendo a atividades inovadoras e criativas que fomentem o interesse dos alunos nos períodos considerados mais vulneráveis.

O GIDiMatE pretende continuar a desenvolver trabalho investigativo no âmbito da ação *CAME-Compreender as Aprendizagens para Melhor Ensinar*, nomeadamente numa melhor exploração das opiniões dos alunos sobre o impacto das mudanças provenientes da transição e do ajustamento ao sistema de ensino superior. Uma vez que o processo de construção de conhecimento tem por finalidade a compreensão do pensamento matemático dos alunos e das estratégias que os próprios utilizam para a resolução dos problemas, esta pode revelar raciocínios adequados ou, pelo contrário, acusar lacunas básicas que carecem de ser resolvidas com programas de supressão dos hiatos de formação detetados.

Paralelamente, e decorrente do trabalho realizado, a curto prazo os membros do grupo tencionam:

- Efetuar a recolha e produção de tarefas a aplicar na intervenção no âmbito dos conhecimentos básicos (7º a 9º ano de escolaridade) e elementares (10º a 12º ano de escolaridade) tendo por objetivo a definição de um programa de intervenção ao nível dos conteúdos básicos e elementares que permita superar as dificuldades dos alunos e capacitá-los das competências necessárias à plena integração nas UC –CDI;
- Proceder à análise e discussão das tarefas anteriores para validação do programa elaborado através da realização de Workshops Colaborativos, concretizados presencialmente e através de fóruns da plataforma Moodle construída para o efeito, reunindo os professores de Matemática do 3º ciclo/Secundário para que se proceda a uma profunda reflexão sobre as razões que conduziram aos dados já obtidos dados e se definam, em conjunto, atividades e processos de avaliação para superação das lacunas detetadas.

Referências

Arts, J.A.R, Gijselaers, W.H., Segers, M.S.R. (2006). Enhancing problem-solving expertise by means of an authentic, collaborative, computer supported and problem-based course, European Journal of Psychology of Education.Vol.XXI,n°l, 71-90

Baldino, R. R.; Cabral, T. C. B .(2000). Revivendo o Cálculo Infinitesimal com uso de Tecnologia do Ponto de Vista da Educação Matemática, Rio Claro SP: Departamento de Matemática, IGCE, UNESP, Rio Claro, available at http://gritee.com/participantes/cabraldinos/Revivendo%20o%20c%E1lculo%201.pdf, accessed on the 27th april 2012.

Barbosa, M. A. (2004). O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de cálculo diferencial e integral, PUCPR, (Dissertação de Mestrado).

Berman,A., Verner, I.M., Aroshas, S. (2007). The teaching calculus with applications experiment succeeded-why and what else?, CERME 5 , Proceedings – European Research in Mathematics Education, Working Group 13, pp. 2060-2069

Bigotte, E., Fidalgo, C., Rasteiro, D. M. L. (2012). Compreender o insucesso da Matemática nas licenciaturas de Engenharia: Um estudo de caso, in Revisitar os Estudos Curriculares: onde estamos e para onde vamos?, Lisboa:Educa/Secção Portuguesa de AFIRSE [ISBN:978-989-8272-14-0]

Bigotte, E., Fidalgo C., Rasteiro, D.M.L. (2012). Um contributo dos alunos para a melhoria da qualidade na docência, in Actas Ensino Superior: Inovação e qualidade na docência, pp. 7018-7033, [ISBN: 978-989-8471-05-5].

Bigotte, E., Fidalgo, C., Rasteiro, D.M.L. (2012). Understanding the Difficulties in Mathematics of Engineering Students in the Transition from High School to Higher Education, ATEE Winter Conference - Professional development of teacher educators: Bringing together policy, practice and research, 2 a 4 de abril, Coimbra.

Chaleta, E., Rosário, P., & Grácio, M. L. (2005). Atribuição causal do sucesso académico em Estudantes do Ensino Superior, In Actas do VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia, Braga: Universidade do Minho (Cd-Rom), Portugal, pp. 819-826.

Cury, H. et al. (2005). Análise de Erros em disciplinas Matemáticas: um estudo com alunos de engenharia e ciência da computação, In http://www.eee2005.uerj.br/artigos/artigo04.prn.pdf access in 27.12.2011.

Cury,H. (2007). Análise de erros em disciplinas matemáticas de cursos superiores", 110f.relatório Técnico-Faculdade de Matemática PUCRS, Porto Alegre.

Domenico, L. C. A. (2006). Aprendizagem de cálculo diferencial e integral por meio de tecnologias de informação e comunicação, Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

Felder, R. M. & Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education", Engineering Education, 78(7), 674-681

Felder, R. M. (1993). Reaching The Second Tier: Learning and teaching Styles in College Science Education, J. College Science Teaching, 23(5), 286-290

Fernandes, D. (2008). Avaliação das aprendizagens: uma síntese de teses de doutoramento realizadas em Portugal (1960-2005), Documento policopiado, Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Lisboa.

Fernandes, D. (2008).Aprender para aprender: fundamentos, práticas e políticas, São Paulo: editora UNESP.

Gill O., O'Donoguhue J. (2007). The Mathematical deficiencies of Students Entering Third Level: an item by item analysis oh student diagnostic test, Proceedings of 2nd National Conference on Research in Mathematics Education-MEI 2.

Gomes, A. (2010). PhD Thesis, Dificuldades de aprendizagem de programação de computadores: contributos para a sua compreensão e resolução, Universidade de Coimbra

Gonçalves, S. (2008). Estilos de aprendizagem e ensino, Pedagogia no Ensino Superior, Escola Superior de Educação de Coimbra, Brochura n. 3

Hallett, D. H. (2006). What Have We Learned from Calculus Reform? The Road to Conceptual Understanding, MAA NOTES, NUMB 69, pages 43-45, available at http://math.arizona.edu/~dhh/NOVA/calculus-conceptual-understanding.pdf,accessed accessed on 27th april 2012

Niss, M. (2003). Mathematical Competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. In A. Gagatsis, S. Papastravidis (Eds.), 3rd Mediterranean Conference on Mathematics Education, Athens, Greece: Hellenic Mathematical Society and Cyprus Mathematical Society, pp. 115-124.

OECD (2009). PISA 2009 Assessment Framework – Key competencies in reading, mathematics and science (www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf , accessed on December 20, 2011).

Rezende, W. M.(2003). O ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica. São Paulo, Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, USP.

Relatório de Actividades-Serviços Académicos (RAC-SA).(2011). Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Rosa, O.S.,(2011). Aspectos Motivacionais do Cálculo Diferencial e Integral, Universidade de Severino Sombra,Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Educação Matemática, available at http://www.uss.br/arquivos/Mestrado_Edumat/DISSERTACAO_ODILEIA_DA_SILVA_ROSA.pdf, accessed on 27th april 2012

SEFI (2002). Mathematics for the European Engineer – A Curriculum for the Twenty-First Century. SEFI Mathematics Working Group.

SEFI Mathematics Working Group. (2012). A framework for Mathematics Curricula in Engineering Education, available at http://fundacion.usal.es/SEFIMWG2012/index.php

Skouras, A.S. (2006). Coordinating formal and informal aspect of mathematics in a computer based learning environment, International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, Vol. 37, No. 8, 15 December,pp.947–964

Tall, D. (1991). Advanced Mathematical Thinking. London: Kluwer.
Tall, D. (1992). The Transition to Advanced Mathematical Thinking: Functions, Limits, infinity and Proof. IN: Grouws, D. A. (ed.) Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, pp. 495–511. New York: Macmillan.