

## MUDANÇAS NO ENSINO DE CÁLCULO I: HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello<sup>1</sup>, Maria Helena Campos Soares de Mello<sup>2</sup>, Artur José Silva Fernandes<sup>3</sup>

**Universidade Federal Fluminense<sup>1</sup>**

Departamento de Engenharia de  
Produção  
GESET - Grupo de Estudos Sobre  
Ensino Tecnológico  
Rua Passo da Pátria 156 - S.  
Domingos - Niterói - RJ  
jcsmello@bol.com.br

**Universidade Federal Fluminense<sup>2</sup>**

Departamento de Engenharia de  
Produção  
GESET - Grupo de Estudos Sobre  
Ensino Tecnológico  
Rua Passo da Pátria, 156 - S.  
Domingos - Niterói - RJ  
mhelenamello@bol.com.br

**Universidade Federal Fluminense<sup>3</sup>**

Departamento de Engenharia Elétrica  
GESET - Grupo de Estudos Sobre  
Ensino Tecnológico  
Rua Passo da Pátria, 156 - S.  
Domingos - Niterói - RJ  
arth@web4u.com.br

**Resumo.** *A alta reprovação em Cálculo I, que se agravou a partir do final da década de 1970, constitui um dos maiores problemas dos cursos de Engenharia. Apesar de muitos professores atribuírem o problema à falta de preparo dos alunos, isso não impede de as várias mudanças curriculares proporem alterações para “melhorar” o Cálculo I. Por outro lado, alguns professores tentam adequar a sua forma de ensinar essa disciplina, levando em conta a realidade dos alunos que ingressam hoje em dia nas Escolas de Engenharia. Aqui se faz um breve histórico dessas mudanças inseridas num contexto mais geral em que outras mudanças, tais como forma de seleção de novos alunos, vão ocorrendo. Procuram-se causas para os eventuais sucessos e fracassos e é analisada a tendência atual. A Universidade Federal Fluminense é usada como campo de estudo para todo o trabalho.*

**Palavras-chave:** *Ciências básicas, avaliação*

## 1. INTRODUÇÃO

É comum existirem nos vários cursos superiores disciplinas que acabam por se tornar símbolos do curso, em parte devido à sua dificuldade, em parte devido a serem formas de conhecimento bem diferentes daquelas a que os alunos estão acostumados.

Devido à sua característica de mitos, essas disciplinas representam um desafio para os alunos, e os relatos das dificuldades encontradas passam de turma em turma, nem sempre de forma fidedigna, contribuindo para aumentar o caráter de mito. Assim, os alunos acabam por considerar natural um insucesso nessas disciplinas, e os professores estabelecem padrões de reprovação “normais”. Esses padrões tornam aparentemente desnecessária qualquer reflexão sobre os problemas enfrentados na disciplina, já que estão “dentro da normalidade”.

Nos cursos de Engenharia, a disciplina que mais reúne as características de mito, embora nem sempre seja a que mais reprova, é a disciplina que primeiro apresenta o aluno ao Cálculo Diferencial e Integral, normalmente conhecida como Cálculo I.

Será feito um breve histórico sobre as mudanças, e suas possíveis causas, do Cálculo I na Universidade Federal Fluminense, assim como algumas considerações sobre as conseqüências dessas mudanças.

## 2. A DETERIORAÇÃO DO PROCESSO SELETIVO

Na primeira metade da década de 1970, ocorreu uma mudança radical na forma de acesso ao ensino superior: em vez de vestibular por área de conhecimento, passou a existir um vestibular unificado, resultado do novo conceito de 2º grau sem divisão em áreas. Esse processo obrigou os alunos a serem “especialistas em generalidades”, já que tornou-se impossível aprenderem com profundidade todas as matérias que lhes eram apresentadas. Como consequência passaram a chegar ao curso de Engenharia sem todos os conhecimentos de matemática com que era costume chegarem. Os professores de Cálculo vêm-se assim na contingência de recuar cada vez mais o ponto onde começa o curso. É necessário ensinar o conceito de derivada, depois de limite, função, e o processo parece não ter fim. Paralelamente, a maioria dos vestibulares, em especial o da Fundação CESGRANRIO (que faz a seleção no estado do Rio de Janeiro) passaram a adotar as questões de múltipla escolha como forma única de avaliação.

Enquanto a ausência de aprofundamento, originada no excesso de matérias cobradas, provoca falta de pré-requisitos, as questões de múltipla escolha induzem a um ensino meramente operacional, com o prejuízo do aprendizado do pré-conceitos para o Cálculo (Nascimento, [1]). A situação é agravada pelo fato de parte do conteúdo programático ser negligenciado em grande parte das escolas de 2º grau, sob o argumento que o número de questões que o cobram no vestibular ser muito reduzido.

Como decorrência desses dois processos a qualidade dos alunos que chegam aos cursos de Engenharia piora sensivelmente, com o imediato aumento nos índices de reprovação. Com algum fundamento, alega-se que a causa da alta reprovação é a falta de base dos alunos.

## 3. AS PRIMEIRAS REAÇÕES

Na Universidade Federal Fluminense (UFF) a primeira reação a este processo surge no início da década de 1980, e é extremamente imediatista: “se o aluno chega com menos conhecimento, e deve ao final do curso possuir todo o conhecimento necessário, é preciso tempo para ensinar o conhecimento que falta”. Partindo de uma análise parcialmente correta, a solução incorreu em um grave erro. Foi proposto, e aceito, um aumento da carga horária de Cálculo I, de 60 horas para 90 horas semestrais. Ou seja, de 4 para 6 horas semanais. Com esse aumento de carga horária foi possível introduzir na programação vários conceitos elementares, tais como funções, polinômios, trigonometria, etc. Ressalte-se que esses assuntos eram, na maioria das vezes, abordados de forma operacional, sem preocupação com a fundamentação nem com o entendimento do conceito.

Contrariamente às expectativas, os índices de reprovação subiram bastante, tornado-se alarmantes. Pior, vinham acompanhados de um novo fenômeno: o alto índice de evasão.

O diagnóstico, provavelmente errado, é que o nível dos alunos que ingressavam continuava caindo. A situação de que o aluno, num só semestre, passava de conceitos simples de equação de retas e funções, aos complexos domínios do “infinitamente pequeno”, à derivação e suas aplicações, acabando em trabalhosos processos de integração de funções racionais, não levantava maiores reflexões.

## 4. PROVA ÚNICA

O aumento de vagas nos cursos de Engenharia, decorrente em parte do altos índices de evasão, aliado ao fato do concurso vestibular não ter nota mínima para aprovação (ingressavam alunos até o limite de vagas, independentemente da nota obtida nas provas), contribuiu para que alunos ainda menos preparados ingressassem na Universidade, com o conseqüente aumento dos índices de reprovação. Com mais alunos, e com menos aprovações, houve um grande aumento do número de turmas de Cálculo I, chegando-se ao ponto de haver mais turmas de repetentes do que de novos alunos.

Com o argumento de se manter a “uniformidade” dos cursos, já que se estava lidando com cerca de doze turmas de Cálculo I, decidiu-se que as provas deveriam ser “uniformes”. Por uniforme, se entendia que as provas deveriam ter a

mesma estrutura, devendo ser exatamente iguais em cada horário. Desta forma, os alunos das turmas do horário das 7h às 9h tinham a surpresa com relação às provas, e os alunos das turmas das 16h às 18h já sabiam perfeitamente como seria a sua prova. Tornou-se evidente que este procedimento não era bom, e decidiu-se pela prova única. Todas as turmas fariam prova no mesmo dia e mesmo horário, como em um concurso.

As provas passaram a ser elaboradas em conjunto por todos os professores de Cálculo I. Reuniam-se para elaborar a estrutura da prova e todos deveriam apresentar questões que abrangessem os assuntos selecionados. Cada professor deveria apresentar a sua questão, com a respectiva solução sendo feita uma escolha da composição da prova de acordo com o mérito de cada questão, sem levar em conta a prova como um todo.

O resultado foi a transformação do processo de avaliação de aprendizagem em algo parecido com um concurso de seleção. A inversão de valores habitual em concursos não se fez tardar: em vez de se ter o aprendizado como atividade fim, a avaliação passou a ser, na prática, o fim em si, e o aprendizado um meio de atingir uma boa avaliação. As aulas de Cálculo I passaram a preparar para a prova, não a ensinar Cálculo. Três resultados foram imediatos: repulsa dos alunos em relação ao Cálculo, índices de reprovação crescentes, baixo rendimento dos poucos aprovados nas matérias seguintes (Cálculo II e Equações Diferenciais).

A despeito dos evidentes maus resultados, a política da prova única era defendida por vários professores e até pela representação oficial dos alunos, com o argumento de que todos estavam em pé de igualdade, não importando quem fosse o professor. Tal situação impedia qualquer tentativa de correção de rumos.

## **5. MATEMÁTICOS x ENGENHEIROS**

Confirmando o ditado popular, que diz: “Em casa onde falta o pão, todos brigam e ninguém tem razão”, como os professores de Cálculo tinham formações tão diferenciadas como Engenheiros, Físicos, Arquitetos, Meteorologistas, Astrônomos, Matemáticos, começou a discussão interna sobre a forma de ensinar e o enfoque a ser dado ao curso. Só que a discussão se centrava em se deveria demonstrar os resultados ou simplesmente resolver problemas. Como se estava preparando para fazer as provas, chegou-se à conclusão de que o importante eram os resultados, ou seja, resolução de listas de exercícios. Cada vez mais as listas cresciam em número e em complexidade. Obviamente, a aprendizagem ficou prejudicada. O aluno preocupava-se em saber resolver todos os problemas sem compreender os conceitos envolvidos.

Os Matemáticos defendiam a transformação do curso em um recital de demonstrações, e a reação foi transformá-lo num recital de contas. A conceituação, e a motivação para o aprendizado foram totalmente abandonadas, órfãs que eram dos dois grupos.

## **6. SAÍDA DAS FEDERAIS DA CESGRANRIO**

Mais ou menos nesta época, começou a discussão sobre o embasamento dos alunos. Quem era o culpado pela má formação básica dos alunos. Naturalmente, o culpado nunca somos nós mesmos e chegou-se à conclusão de que o grande culpado era o vestibular, principalmente a prova de múltipla escolha. Apesar de as Universidades, fazerem parte da fundação CESGRANRIO, a possibilidade de influenciar na forma e nos conteúdos das provas era limitada e concluiu-se que a solução deveria ser sair da CESGRANRIO e cada instituição fazer a sua própria seleção. Inicialmente, a UFF manteve o seu vestibular, com o programa igual ao que era utilizado na fundação CESGRANRIO. A única diferença foi a adoção de uma segunda etapa com provas discursivas, específicas para cada carreira, que era determinante para a classificação do aluno. Naturalmente, o perfil do novo aluno foi mudando aos poucos e a desculpa de o aluno não saber se expressar foi perdendo consistência, uma vez que ele era obrigado a demonstrar, por meio de uma prova discursiva, as habilidades e conhecimentos matemáticos essenciais para frequentar um curso de Cálculo (pelo menos em tese). O aluno não tinha apenas que marcar cruzinhas, dependendo apenas do acaso para ser aprovado. Os professores demoraram a reagir e continuaram com o paradigma das listas de exercícios, mantendo o treino para alunos que tinham aprendido no segundo grau a resolver problemas. Pior: continuaram culpando a, agora inexistente, falta de base pelos altos índices de reprovação.

## **7. REFORMA CURRICULAR**

A situação da prova única e do treino das listas de exercícios permaneceu até 1994 quando os cursos de Engenharia fizeram uma reforma curricular profunda. Alterando a tendência dominante, a carga horária de Cálculo I foi reduzida para 4 horas semanais, com a passagem de parte do conteúdo para Cálculo II. A idéia básica era que o problema vinha menos da falta de base e do tempo para ensinar o conteúdo, e mais da quantidade de conceitos novos que eram apresentados em poucos meses. Foi formada uma equipe de professores, constituída apenas por Engenheiros, que se concentraram em conceitos e nos pré-conceitos, reduzindo o enfoque de cálculos de limites e integrais com detalhes algébricos e “pegadinhas”.

Como o antigo Cálculo I continuava existindo para outros cursos, as turmas de Engenharia deixaram de realizar a prova única, sem que os professores do “velho” Cálculo I reagissem negativamente à mudança. Os índices de reprovação foram reduzidos substancialmente, estabilizando-se em cerca de 50%, considerando-se as evasões e 30% considerando-se apenas os alunos que frequentaram o curso. Algumas turmas chegaram a registrar aprovações de 80%, que era o número usual para as reprovações anteriormente.

Apesar do aumento da taxa de aprovação, e de uma aparente melhora do rendimento dos alunos em Cálculo II e Equações Diferenciais, é importante ressaltar que todas estas mudanças não tiveram uma avaliação objetiva, quantitativa e comparativa.

## 8. EXPERIÊNCIAS METODOLÓGICAS

Ainda em função da reforma curricular havida em 1994, os cursos de Cálculo e Física passaram a ser co-requisitos, ou seja, deveriam ser cursados em paralelo no mesmo período. Como consequência, se a ordem considerada lógica do curso de cálculo fosse seguida, não haveria consonância com o curso de física, uma vez que os conceitos de derivada e integral, necessários para a física já estariam sendo utilizados antes de o aluno ser apresentado a eles em cálculo. Decidiu-se então que seriam feitas experiências em duas das turmas, alterando-se a seqüência do curso de cálculo, dando-se ênfase ao conceito puro e simples, com cálculos apenas com funções polinomiais e racionais simples, de limites, derivadas e integrais, passando posteriormente ao estudo mais aprofundado dos teoremas, propriedades operatórias, cálculos, funções algébricas e transcendentais, máximos e mínimos, construção de gráficos, em seguida. O resultado comparativo, conforme estudo parcial feito em Soares de Mello *et al* [2], foi muito bom. O rendimento dos alunos, tanto em Cálculo, quanto em Física, nestas turmas, foi superior ao das demais. Essa diferença de rendimento não pode ser explicada pela diferença de professor já que, em alguns casos, o mesmo professor era responsável por uma turma “experimental” e outra “normal”.

Alguns professores acreditaram no resultado da experiência e utilizam até hoje esta metodologia. Foi acrescentada a contextualização histórica do Cálculo e apresentação de aplicabilidade dos conceitos aprendidos (não apenas nos clássicos problemas de máximos e mínimos e taxas relacionadas), e a motivação dos alunos aumentou consideravelmente.

## 9. TURMAS COM COMPUTADOR

Finalmente, em 1998 uma nova mudança: algumas turmas passaram a ter 6 horas semanais, e as aulas dadas com alguns recursos computacionais. Essa mudança foi estimulada pela oferta de verbas, sem nenhum estudo didático-pedagógico que a justificasse. Uma avaliação objetiva desta experiência é feita em [2]. Os resultados obtidos sugerem que a experiência foi um fracasso, fato confirmado pela opinião dos alunos e pelo definitivo encerramento desse programa em 2001.

A criação das turmas com computador não foi pioneira. Ela se inseriu no projeto PRODENGE, onde era dado financiamento para os cursos de Engenharia modernizarem o ensino. Havia a exigência de integração entre os ciclos básico e profissional, uso de informática e investimento no primeiro semestre.

Assim, foram implantadas duas turmas a partir do primeiro período letivo de 1998, em caráter experimental, até o segundo período letivo de 1999, reduzindo-se para uma em 2000.

Existem argumentos favoráveis e contrários à experiência e à sua manutenção. Os favoráveis acentuam a interatividade, os aspectos gráficos do que o professor simplesmente apresentava no quadro negro, como a construção de curvas e suas tangentes, cálculos de áreas de figuras planas, além do fato de ser mais moderno e atraente para o aluno que já tem hábito de usar o computador e fazer pesquisas na Internet. Para os contrários, o fato de nem todos os alunos terem hábito de lidar com o computador, muitos não terem acesso à Internet (muitos dos nossos alunos são oriundos de classes sociais menos favorecidas), faz com que alguns alunos tenham uma dificuldade adicional para aprender o cálculo, que é intrinsecamente difícil: o raciocinar com o infinitamente pequeno ou infinitamente grande e o conceito de limite. Há ainda a posição intermediária, dos que defendem a validade do uso do computador no ensino de Cálculo, mas numa etapa posterior, quando os principais conceitos já foram fixados (inclusive com exercícios manuais) e deve-se evitar a carga de trabalho braçal, como seria o caso das Equações Diferenciais.

Ou seja, o debate acaba sendo infundável, como a eterna discussão sobre quando começar a utilização de calculadoras no ensino médio e fundamental.

O fato é que os alunos que participaram desta experiência avaliaram-na negativamente, no sentido de não terem aprendido Cálculo como os demais alunos, nem aprendido o *software* suficientemente para se tornarem independentes e confortáveis para o utilizarem em outros contextos.

## 10. OPÇÃO NO VESTIBULAR

A partir de 1999, os cursos de Engenharia na UFF passaram por uma nova mudança: a forma de ingresso (Soares de Mello e Soares de Mello [3]). Até então, os alunos ingressavam para Engenharia, fazendo opção por uma das modalidades apenas no 3º período. Por isso, as suas notas no vestibular não tinham diferenças extremas o que, pelo menos teoricamente, os colocava no mesmo nível de conhecimento. A partir desse ano a opção pela modalidade de Engenharia passou a ser feita na inscrição do vestibular, com relações candidato vaga bastante diferentes para cada modalidade. No primeiro ano, essa variação foi de 30/1 em Telecomunicações a menos de 1/1 em Agrícola.

Em consequência, passaram a ingressar alunos de nível bem variado, que teriam que assistir às mesmas aulas. Fazer com que esses alunos chegassem ao final do curso com aproveitamento semelhante, passou a ser o grande desafio. Este desafio tem sido enfrentado, como de costume, na forma do “eu acho”, “vamos tentar”.

O empirismo e as soluções tomadas na forma de desespero, sem planejamento, sem previsão de avaliação, conduziu a uma nova alteração: a partir do vestibular de 2002 os alunos poderão optar, no vestibular, por dois dos cursos de Engenharia oferecidos pela UFF (com exceção de Engenharia Química), com a intenção de se “aproveitar” os alunos com as melhores notas e “excluir” os alunos “menos preparados”. Uma avaliação desta mudança deverá ser feita no tempo próprio.

## **11. A EXPERIÊNCIA DE VOLTA REDONDA – SEPARAÇÃO DOS INSTITUTOS . BÁSICOS**

Uma das características da UFF é possuir cursos em várias cidades do interior do Rio de Janeiro, com ingresso específico para esses cursos (Soares de Mello *et al* [4]), entre eles o de Engenharia Metalúrgica em Volta Redonda.

Até 1996, conforme a história da sua criação, a Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica só oferecia o ciclo profissional, recebendo os alunos que ingressaram no ciclo básico em Niterói e fizeram opção pelo curso de Engenharia Metalúrgica, além de alunos que cursavam o ciclo básico em outras instituições de ensino superior e ingressavam por transferência.

A partir de 1997, foi criado o ciclo básico em Volta Redonda, sendo que as disciplinas eram lecionadas pelos professores da Escola, que só estavam habituados às turmas do Ciclo Profissional. Houve, a princípio, uma forte reação dos Institutos Básico, mais especificamente, do Departamento de Matemática Aplicada, no sentido de discutir a “qualidade” do curso, em função do índice de reprovação. Ao se comparar os índices de reprovação, observou-se que era muito semelhante aos de Niterói. No entanto, o aproveitamento nas disciplinas subsequentes às do primeiro período era superior.

Talvez o fato de que o professor que é responsável, pela disciplina Equações Diferenciais, por exemplo, ser o mesmo que é responsável pela disciplina Transmissão de Calor, conduz o curso ao embasamento do que vai ser de fato utilizado. O aluno é mais motivado a estudar o Cálculo, ou a Física Básica, que quando são oferecidos pelos Institutos Básicos tornam-se desvinculados da seqüência do curso. Apesar da forte discussão política que pode surgir, estes resultados sugerem que talvez seja o próximo passo na tentativa de solução do eterno problema do Cálculo I.

## **12. PERSPECTIVAS**

Em vista de todas as experiências, as perspectivas não são muito promissoras. Algumas delas têm apontado a tendência de retirar o ciclo básico dos Institutos, concentrando-o nas Escolas de Engenharia. Mas, essa é uma mudança potencialmente problemática, principalmente do ponto de vista político

No aspecto técnico, deve-se ressaltar que enquanto os professores dos Institutos Básicos podem não saber motivar o aluno, nas Escolas de Engenharia é comum os professores não saberem quais as dificuldades e deficiências de formação dos alunos. Há ainda o argumento de que muitos dos professores do ciclo profissional não têm o perfil e a formação pedagógica necessárias

Parece evidente que qualquer solução para o ensino do Cálculo passa por uma integração entre professores dos ciclos básico e profissional, por um entendimento das necessidades, expectativas e formação anterior dos alunos e por uma formação adequada dos professores de engenharia, tanto do básico quanto do profissional (Soares de Mello *et al*, [5]).

É ainda necessário que os professores compreendam que atualmente é mais importante que o aluno aprenda os conceitos fundamentais, do que seja treinado a fazer demonstrações e cálculos repetitivos.

## **13. CONCLUSÕES**

Os fatos aqui descritos, deixam evidente que muitos dos problemas encontrados em Cálculo I decorrem da falta de visão sobre a situação dos alunos e do curso, sugerindo a necessidade de uma preparação específica para professores de turmas de Engenharia [5]), mais particularmente para os que são responsáveis pelas turmas de primeiro período. Muitas das hipotéticas soluções derivaram de um enfoque de ensino estritamente no professor. A única tentativa de melhora feita com pensamento em professores e alunos, foi a que mais próximo chegou de atingir um resultado razoável.

Por outro lado, a experiência de Volta Redonda, mostra a clara necessidade de uma maior integração entre os ciclos básico e profissional, com o possível fim do monopólio dos institutos básicos na formação inicial. Mas, a integração não se pode restringir a esses dois ciclos: é preciso uma forma de acesso bem estudada, já que ficou clara a relação entre os vários modelos de vestibular e os resultados alcançados em Cálculo I.

Finalmente, é preciso ressaltar que não se deve super valorizar os problemas que ocorrem em Cálculo I. Dificuldades semelhantes ocorrem periodicamente com Física, Álgebra Linear e Geometria Analítica, embora nem sempre recebam a devida atenção.

## **14. REFERÊNCIAS**

[1] J.L. Nascimento “A recuperação dos pré-conceitos do Cálculo”, Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), 2000, Ouro Preto, Minas Gerais.

- [2] M.H.C. Soares de Mello, J.C.C.B. Soares de Mello, M.P.E. Lins, “Análise quantitativa comparada do ensino de Cálculo com computador”, Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), 2000, Ouro Preto, Minas Gerais.
- [3] M.H.C. Soares de Mello, J.C.B.C. Soares de Mello, “Ingresso nos cursos de Engenharia: Vestibular junto e separado”, Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), 2000, Ouro Preto, Minas Gerais.
- [4] J.C.C.B. Soares de Mello, E.G. Gomes, M.P.E. Lins, L.A.M. Vieira, “Um caso de estudo de integração SIG-DEA-MCDA: a influência de uma instituição de ensino superior em vários municípios do Estado do Rio de Janeiro”, Investigação Operacional, v.21, n.2, 2001
- [5] M.H.C. Soares de Mello, M.R. Vaz, J.C.C.B. Soares de Mello “Capacitação do professor de engenharia: Uma experiência e um projeto”, Anais Eletrônicos do VI Encontro de Educação em Engenharia, 2000, Itaipava – Petrópolis, Rio de Janeiro.