

# O CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL E SUAS APLICAÇÕES NO ENSINO DA ENGENHARIA: UMA ANÁLISE DE CURRÍCULO.

**Luiz Felipe Simões de Godoy** – [luizfelipe@inatel.br](mailto:luizfelipe@inatel.br)

Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL

Av. João de Camargo, 510, CEP 37540-000

Santa Rita do Sapucaí – Minas Gerais

**Luisa Silva Costa** – [luisa.scosta.mg@gmail.com](mailto:luisa.scosta.mg@gmail.com)

Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL

Av. João de Camargo, 510, CEP 37540-000

Santa Rita do Sapucaí – Minas Gerais

**Resumo:** *Considerando a diversidade de estudos sobre as dificuldades de aprendizagem na disciplina de Cálculo I no ciclo básico dos cursos de engenharia, e ainda, cientes do elevado número de reprovações, nesta disciplina, pelos alunos de nossa instituição, procurou-se fazer neste trabalho uma investigação sobre a importância dos conteúdos e suas implicações para o desenvolvimento do curso. Esta investigação que está em andamento, tem o objetivo de avaliar se todos os tópicos propostos pela ementa de Cálculo I têm relevante significado para o curso, isto é, os assuntos tratados intensamente são de fato pré-requisitos para as disciplinas posteriores, e ainda, se há uma adequação de carga horária para cada tópico. Além disso, tem-se a pretensão de verificar se não há conteúdo de importância fundamental para a engenharia, que está sendo preterido. Para desenvolver este projeto, foi revisitado o projeto pedagógico do curso de Engenharia Elétrica, do qual se extraiu a ementa do curso e o cronograma de assuntos que devem ser ministrados na disciplina de Cálculo I. Na fase que se encontra o projeto, está sendo feita uma análise nas ementas de todas as disciplinas do curso de engenharia, procurando destacar aquelas disciplinas que podem ter aplicações do Cálculo, concomitante a isto, são feitas entrevistas com todos os professores dessas disciplinas. Estas entrevistas têm o intuito de aproximar os conhecimentos apreendidos em Cálculo I das suas aplicações, e mais oportunamente, apresentar aos professores subsídios para repensar o ensino do Cálculo I.*

**Palavras-chave:** *Cálculo I, Currículo, Aprendizagem, Ciclo básico.*

## 1. INTRODUÇÃO

A reprovação nos primeiros períodos dos cursos de engenharia tem se tornado uma rotina. Inúmeras pesquisas apontam para este problema, e anotam um alto percentual de reprovação logo no 1º período desses cursos, de forma mais contundente quando se trata da disciplina de Cálculo. Esta rotina está gerando uma cultura no meio acadêmico de que o insucesso dos alunos, ingressantes no curso de engenharia, principalmente na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, é um fato natural. Nesta linha os próprios componentes do sistema de ensino e aprendizagem desta disciplina: coordenadores, professores e alunos, acabam por minimizar os fatores que acarretam este problema, o que gera uma banalização do processo de ensino e aprendizagem. Nesta linha, Mello escreve, “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” (MELLO *et al.*, 2001). Esta naturalidade pode ser uma consequência das justificativas deste insucesso, que são invariavelmente atribuídas à falta de conhecimentos oriundos dos ensinamentos fundamental e médio, o que se completa com o discurso da falta de hábito de estudo dos novos alunos. Contudo, faz-se necessário alterar a ótica dessas análises, é preciso avaliar também em outra direção: currículo x prática docente. Estreitar as relações entre as disciplinas do ciclo básico e profissionalizante pode ser uma forma de motivar a apreensão dos conhecimentos, que muitas vezes podem parecer supérfluos e sem aplicações para seu desenvolvimento no curso e na carreira profissional. Conforme Mello, “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”. (MELLO *et al.*, 2000).

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem a intenção de promover uma varredura no currículo do curso de Engenharia Elétrica, verificando as ementas de todas as disciplinas, avaliando-as em função dos pré-requisitos de Cálculo, necessários para apreensão dos conhecimentos referentes a cada disciplina. Serão realizadas também entrevistas com professores do curso de engenharia elétrica desta IES. Pretende-se fazer uma verificação da ementa e da carga horária de Cálculo dos cursos de Engenharia Elétrica em outras instituições de ensino, apenas como referência. Após este primeiro trabalho de investigação, deverão ser reavaliados os conteúdos de Cálculo, ensinados nos primeiros períodos, discriminando e apontando aqueles que têm função precípua no ensino de engenharia desta instituição.

## **3. ANÁLISE DAS EMENTAS**

Com o intuito de listar, das disciplinas presentes na Matriz Curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, aquelas que incorporam em seu conteúdo questões abordadas na disciplina de Cálculo I, mostrou-se necessária uma análise das ementas. Essas se encontram descritas no documento “Projeto Pedagógico - Curso de Graduação em Engenharia Elétrica”, elaborado em julho de 2010 pelo Instituto Nacional de Telecomunicações.

A partir dos conteúdos citados nas ementas foram realizadas pesquisas, as quais se basearam na consulta a materiais didáticos utilizados em aula, como livros, apostila e cadernos, e, também em depoimentos de alguns alunos e professores.

Através desta análise pôde-se verificar uma diversidade de aplicações do Cálculo I (Funções, Limites, Derivadas Ordinárias e Integrais Simples) existente nas diversas disciplinas que compõem a grade curricular do curso de Engenharia Elétrica. Os conceitos matemáticos necessários a cada uma destas disciplinas são tratados como ferramenta de aplicação para solução de problemas. Isto é, no decorrer do curso os professores têm a expectativa de que os alunos já detenham os conhecimentos matemáticos necessários, para a compreensão dos novos conteúdos, o que muitas vezes não é verdadeiro. Isto pode agravar as dificuldades de aprendizagem em diferentes momentos no decorrer do curso. As disciplinas que necessitam dos conhecimentos prévios de Cálculo Diferencial e Integral foram identificadas e estão relacionadas na tabela abaixo, assim como suas respectivas ementas.

### 3.1 Disciplinas selecionadas

Período	Disciplinas que utilizam dos conceitos de Cálculo I	Ementas
1°	NB 207 - Física I	Mecânica Clássica: mecânica da partícula e do corpo sólido. Gravitação universal. Mecânica relativística.
2°	NB 002 - Cálculo II	Funções de várias variáveis. Derivadas Parciais. Integrais Múltiplas. Cálculo Vetorial.
2°	NP 201 - Circuitos Elétricos I	Conceitos básicos de eletricidade. Elementos de circuitos. Análise de circuitos resistivos. Circuitos de corrente alternada.
3°	NB 003 - Cálculo III	Equações Diferenciais. Séries Numéricas. Séries de Potência.
3°	NB 208 - Física II	Ondas mecânicas. Ótica física e geométrica. Teoria cinética. Fenômenos de transporte e termodinâmica. Física quântica.
3°	NP 202 - Eletrônica Analógica I	Física dos semicondutores. Diodos. Transistores e aplicações em baixas frequências. Amplificadores operacionais: aplicações lineares.
4°	NB 209 – Física III	Eletricidade: leis básicas do campo elétrico. Magnetismo: leis básicas do campo magnético. Mecânica quântica e Física atômica.
4°	NP 007 - Sinais e Sistemas	Sinais e Sistemas. Análise de Fourier. Transformadas de Laplace. Transformada Z.
5°	NB 006 - Probabilidade e Estatística	Probabilidade. Variáveis aleatórias. Distribuições de probabilidade. Fundamentos de estatística.
5°	EE 201 - Circuitos Elétricos II	Análise de Circuitos no domínio do tempo e da frequência. Quadripolos. Filtros.
6°	NP 006 - Eletromagnetismo	Equações de Maxwell. Equação da continuidade. Campo eletromagnético. Ondas eletromagnéticas. Condições de contorno. Compatibilidade eletromagnética.
6°	NP 004 - Controle de Sistemas Dinâmicos	Análise e síntese de sistemas. Diagrama de bloco. Função de transferência. Controle realimentado
6°	EE 007 - Processos Estocásticos	Introdução. Classificação e parâmetros dos processos estocásticos. Processamento de sinais aleatórios. Introdução às cadeias de Markov e à teoria de filas.
7°	EE 210 - Sistemas de Comunicações II	Transmissão digital em banda base. Modulação digital. Sincronismo em comunicação digital. Transmissão digital em canais com desvanecimento. Espalhamento espectral.
7°	EE 205 - Linhas de Transmissão e Microondas	Linhas de transmissão: características e parâmetros. Guias de ondas, cabo coaxial, cabos de pares. Ressonância em microondas. Linhas de fita. Dispositivos passivos de microondas. Transformadores de impedância.
8°	EE 015 - Comunicações	Sistemas celulares, planejamento predição de cobertura. Padrões e sistemas de comunicações móveis.
8°	EE 206 - Antenas e Propagação	Características gerais das antenas. Tipos e redes de antenas. Propagação no espaço livre, ionosférica e na atmosfera. Influência do solo e de obstáculos.

		Desvanecimento.
8º	EE 014 - Comunicações Ópticas	Propagação e medição em fibras. Degradação do sinal guiado. Fabricação da fibra. Dispositivos para emissão e detecção de luz. Dimensionamento de sistemas. Interfaces eletroópticas.
9º	EE 011 - Sistemas de Comunicações III	Introdução à teoria da informação. Códigos lineares de bloco binários e não binários. Códigos convolucionais. Entrelaçamento e códigos concatenados. Introdução aos códigos turbo. Modulação codificada.
10º	EE 012 - Sistemas de Radioenlace Digital	Sistemas terrestres: componentes, planejamento, análise de desempenho e dimensionamento de enlaces. Sistemas por satélites: órbitas, tipos de satélites, análise de desempenho e dimensionamento de enlaces.
10º	EE 013 - Sistemas de Radiodifusão Digital	Sinal de vídeo. Técnicas de digitalização e compressão de áudio e vídeo. Padrões de TV digital. Transmissão e difusão de sinais digitais de áudio e vídeo.

Analisando a carga horária do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Nacional de Telecomunicações, sabe-se que: o tempo total do curso é de 3.080h, sendo 1200h Núcleo Básico; 600h Núcleo Profissionalizante; 1280h Núcleo Específico. Dessas horas, 1800 são de disciplinas que usam dos conceitos de Cálculo I, das quais 680h estão no Núcleo Básico; 440h encontram-se no Núcleo Profissionalizante e 680h no Núcleo Específico. Ou seja, de acordo com esses números, os conceitos de Cálculo I estão presentes em 58,44% da carga horária total do curso, dado que evidencia essa disciplina como sendo base fundamental para o estudo da Engenharia Elétrica como um todo.

#### 4. ENTREVISTAS

Com a pretensão de detectar fatores que podem ser aperfeiçoados, acrescentados ou eliminados na forma como vem sendo aplicada a disciplina de Cálculo I, foram realizadas entrevistas com alguns professores que ministram as disciplinas selecionadas previamente. Ao finalizar esta etapa serão levantados temas, conceitos e idéias que se mostraram relevantes para uma revisão dos planos de ensino e dos planos de aula, da disciplina em questão e que, portanto devem ser tratados de forma mais ou menos contundente durante o estudo do Cálculo.

Para formular as questões das entrevistas foram levantadas as seguintes questões:

- 1- Há quanto tempo o professor ministra sua disciplina.
- 2- Há aplicação do Cálculo para essa disciplina por ele ministrada, isto é, se há uma relação direta do conteúdo trabalhado em suas aulas com o de Cálculo I (**Funções, Limites, Derivadas e Integrais**).
- 3- Citação de alguns exemplos de exercícios e aplicações dessa disciplina que necessitam do Cálculo para a solução.
- 4- Quais as maiores dificuldades dos alunos ao se depararem com a necessidade da aplicação do Cálculo.

- 5- Há percepção de conteúdos do Cálculo que possam ser trabalhados de forma mais específica dentro do currículo de Engenharia Elétrica?
- 6- Opinião do professor em relação à viabilidade do tema proposto neste trabalho de Iniciação Científica.

A seguir são apresentados alguns trechos das entrevistas que já foram concluídas com professores do INATEL. Decidiu-se que para este artigo, omitir o nome dos professores que participaram das entrevistas apenas para abreviar o processo de elaboração e submissão deste trabalho. Contudo ao término da pesquisa, após as conclusões obtidas, tem-se a intenção de publicar as entrevistas “ipsis litteris” apontando o entrevistado e um pouco de sua história.

#### 4.1 Entrevistas já realizadas

##### Disciplina: Antenas e Microondas

###### Questionário

1-Há quanto tempo ministra as disciplinas Antenas e Microondas?

**RESPOSTA:** *Já não me lembro mais, porém, fica perto de 40 anos, se já não estiver lá.*

2-Fale um pouco, por favor, sobre a aplicação do Cálculo nessas disciplinas pelo senhor ministrada, isto é, se há uma relação direta do conteúdo trabalhado em suas aulas com o de Cálculo I (**Funções, Limites, Derivadas e Integrais**).

**RESPOSTA:** *As disciplinas de Microondas, Propagação, Antenas, Comunicações Ópticas, entre outras, são aplicações direta da teoria eletromagnética. No caso de comunicações ópticas, há ainda um envolvimento de física moderna, física do estado sólido, física de semicondutores e de mecânica quântica. Todos os fenômenos envolvidos são descritos quantitativamente por soluções das equações de Maxwell e outras leis conhecidas da física, ao menos quando analisados do ponto de vista macroscópico. As leis quantificadas por Maxwell são regidas por equações diferenciais parciais descrevendo grandezas vetoriais, que conduzem a equações de onda. Estas, por sua vez, são equações diferenciais lineares ou não-lineares, dependendo das condições, que exigem um tratamento matemático avançado em suas soluções. Neste tratamento, estão incluídos todos os conceitos de limites, derivadas, integrações, etc..*

3-Cite, por favor, alguns exemplos de exercícios e aplicações dessas disciplinas que necessitam do Cálculo para a solução.

**RESPOSTA:** *Nas análises envolvendo a irradiação e a propagação de ondas eletromagnéticas, necessitam-se de conceitos desde a solução de equação de onda não-homogênea, sofisticados conceitos de cálculo vetorial, passando por diferentes problemas relativos à anisotropia de meios. Praticamente é necessário todo o conhecimento de cálculo, incluindo o cálculo avançado.*

4-O professor consegue perceber quais as maiores dificuldades dos alunos ao se depararem com a necessidade da aplicação do Cálculo?

**RESPOSTA:** *Normalmente, as disciplinas sob minha responsabilidade são ministradas a parti do sétimo período. Assim, muitos alunos já esqueceram ou descuidaram dos conceitos de cálculo, cálculo vetorial, física, geometria analítica etc., dos períodos anteriores. Em conseqüência, no início dos estudos apresentam sérias dificuldades no entendimento dos problemas. Muitas vezes, há necessidade de uma pequena recordação sobre alguns pontos chaves, de maneira a não haver maiores prejuízos nos desenvolvimentos dos assuntos.*

5-Acredita que exista algum conteúdo do Cálculo que deva ser trabalhado de forma mais específica dentro do currículo de Engenharia Elétrica?

**RESPOSTA:** *Pela minha experiência, todo o conteúdo de cálculo é importante no segmento de telecomunicações e eletrônica. Em particular, todos os processos envolvendo integração, diferenciação, soluções de equações diferenciais, cálculo vetorial, entre outros, são relevantes.*

6-O que acha sobre esse tema de IC? Acredita que se trata de uma idéia viável, que pode auxiliar o professor de Cálculo na preparação do plano de ensino e no seu plano de aula? Se sim, comente brevemente sobre sua importância neste contexto em geral.

**RESPOSTA:** *Todo trabalho que estimule o desenvolvimento dos alunos é válido, em princípio.*

### **Disciplina: Circuitos Elétricos**

#### Questionário:

1-Há quanto tempo ministra a disciplina de Circuitos I?

**RESPOSTA:** *Ttrabalho com esta disciplina há uns 25 anos, mais ou menos.*

2-Fale um pouco, por favor, sobre a aplicação do Cálculo na disciplina pelo senhor ministrada, isto é, se há uma relação direta do conteúdo trabalhado em suas aulas com o de Cálculo I (**Funções, Limites, Derivadas e Integrais**).

**RESPOSTA:** *Como outras áreas da Matemática, a de Cálculo é fundamental para um bom aproveitamento em análise de circuitos elétricos, mesmo se tratando da primeira de uma série de disciplinas de Circuitos Elétricos. Trabalhamos, mais especificamente, com derivadas, integrais e equações diferenciais. Por exemplo, a intensidade de uma corrente elétrica corresponde à taxa de variação da carga elétrica no tempo. E aí estamos falando do uso de derivada na modelagem matemática deste fenômeno físico.*

3-Cite, por favor, alguns exemplos de exercícios e aplicações de sua disciplina que necessitam do Cálculo para a solução.

**RESPOSTA:** *Além do já citado anteriormente, a dedução matemática da condição de máxima transferência de potência é melhor compreendida quando é feita com o uso de*

*derivada, aplicada na determinação de um ponto de máximo de uma função. Na análise de circuitos RLC, usamos novamente derivada e também integral para determinação de como variam correntes e tensões em indutores e capacitores.*

4-O professor consegue perceber quais as maiores dificuldades dos alunos ao se depararem com a necessidade da aplicação do Cálculo?

**RESPOSTA:** *Eles ainda não conseguem olhar para uma expressão matemática e verem nela algo além da matemática e, o que é pior, matemática que também não entendem bem. Eles precisariam olhar na expressão matemática que modela um fenômeno físico e verem junto o fenômeno físico modelado.*

5-Acredita que exista algum conteúdo do Cálculo que deva ser trabalhado de forma mais específica dentro do currículo de Engenharia Elétrica?

**RESPOSTA:** *Não sei se existe um conteúdo especial (ou se seria necessário existir), mas penso que seria necessário mais tempo em cada um dos conteúdos que já são trabalhados, de tal forma que o professor pudesse melhor ajudar os alunos (e só os que realmente querem irão conseguir) a mudarem de patamar.*

6- O que acha sobre esse tema de IC? Acredita que se trata de uma idéia viável, que pode auxiliar o professor de Cálculo na preparação do plano de ensino e no seu plano de aula? Se sim, comente brevemente sobre sua importância neste contexto em geral.

**RESPOSTA:** *IC, se não servisse para nada, já serviria para lhe permitir aprender mais, saber mais, conhecer mais, crescer mais como ser humano e, portanto, será boa e útil. No meio acadêmico, que é um meio essencialmente científico, a IC cabe muito bem, é recomendada e vai agregar valores inestimáveis à formação dos alunos que dela participarem. E neste caso, está prestando um serviço que pode servir de motivação aos professores de Cálculo a repensarem em suas práticas docentes, o que muitas vezes não acontece. Muitas vezes, os professores lecionam a mesma disciplina por vários anos consecutivos, e acabam se esquecendo de rever e repensar suas aulas.*

## **Disciplina: Sinais e Sistemas**

### Questionário:

1 - Há quanto tempo ministra a disciplina de Sinais e Sistemas?

**RESPOSTA:** *Não tenho ministrado a disciplina de forma contínua. Ministrei por muito tempo e voltei agora. A primeira vez que ministrei foi em 1987 quando eu era professor da UNIFEI.*

2 - Fale um pouco, por favor, sobre a aplicação do Cálculo nesta disciplina, isto é, se há uma relação direta do conteúdo trabalhado em suas aulas com o de Cálculo I (**Funções, Limites, Derivadas e Integrais**).

**RESPOSTA:** *Existe toda a relação possível. Em sinais o aluno precisa conhecer funções, limites e derivadas, ou seja, toda a ementa do curso de cálculo. Não há como falar em*

*transformada de Fourier ou de Laplace sem que os alunos saibam o que seja integral, pois as duas são transformações integrais.*

3-Cite, por favor, alguns exemplos de exercícios e aplicações desta disciplina que necessitam do Cálculo para a solução.

**RESPOSTA:** *Não chego a citar exemplos, mas a própria teoria: para mostrar o que é ortogonalidade de funções, há necessidade de um bom conhecimento de máximos e mínimos; para chegar aos coeficientes das séries de Fourier, e calculá-los, é indispensável o conhecimento de integral e assim por diante.*

4- O professor consegue perceber quais as maiores dificuldades dos alunos ao se depararem com a necessidade da aplicação do Cálculo?

**RESPOSTA:** *Acho que são duas: a base matemática trazida do segundo grau é muito fraca para a grande maioria e o entendimento, por parte da maioria dos alunos, de que conhecimento é estanque, ou seja, aprovado em Cálculo ele entende que não precisa mais estudar Cálculo.*

5-Acredita que exista algum conteúdo do Cálculo que deva ser trabalhado de forma mais específica dentro do currículo de Engenharia Elétrica?

**RESPOSTA:** Não.

6-O que acha sobre esse tema de IC? Acredita que se trata de uma idéia viável, que pode auxiliar o professor de Cálculo na preparação do plano de ensino e no seu plano de aula? Se sim, comente brevemente sobre sua importância neste contexto em geral.

**RESPOSTA:** *Com certeza é um tema interessante e instrumento bastante válido para agregar os conteúdos estudados durante o curso.*

## 5. CONCLUSÃO

Como este trabalho ainda está em processo de aplicação, não podemos tecer conclusões contundentes com relação aos seus objetivos propostos, contudo espera-se que concluindo as entrevistas, fazendo uma análise das respostas dos professores, podem-se encontrar alguns dados relevantes que podem ser utilizados na preparação da disciplina de Cálculo I. Além disso, estão previstas, para o final, reuniões com os professores de Cálculo a fim de discutir as análises feitas na pesquisa e ponderar sobre os conteúdos trabalhados assim como as aplicações do Cálculo na engenharia.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

M.H.C. Soares de Mello, J.C.C.B. Soares de Mello, A.J.S. Fernandes, “Mudanças no ensino de Cálculo I: Histórico e Perspectivas”, Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), 2001, Porto Alegre - RS.

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.

### THE DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS AND ITS APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION: A CURRICULUM ANALYSIS.

***Abstract:** Given the diversity of studies on learning difficulties in the course of Calculus I in the cycle of basic engineering courses, and also considering the high number of failures in this discipline, verified on our institution, this work proposes an investigation about the importance of content and its implications for course development. This ongoing research aims to assess whether all the topics proposed by the Calculus I discipline have an important meaning for the course, that is, the subjects covered are in fact pre-requisites for subsequent courses, and also if the course schedule is suitable for achieve effective covering of all content. In addition, the present work aims to verify whether there are fundamental contents being deprecated. To develop this project, the pedagogic project of Electrical Engineering course was analysed, from which was extracted the course content and schedule of Calculus I course. During the current project phase, an analysis is being done on all disciplines of Electrical Engineering course, looking to highlight those disciplines that may have applications of calculus. At the same time, the project team has conducted interviews with all teachers in these disciplines. These interviews aim to bring the knowledge learned in Calculus together with their applications, and at an opportune time, provide support to teachers to rethink the teaching of Calculus I.*

***Key words:** Calculus, Curriculum, Learning, Basic cycle.*