

NANCI DE OLIVEIRA

Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

São Paulo

2017

NANCI DE OLIVEIRA

Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

São Paulo

2017

NANCI DE OLIVEIRA

Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Sistemas Eletrônicos

Orientador:

Prof. Dr. Francisco Javier Ramirez-Fernandez

São Paulo

2017

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Oliveira, Nanci de

Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo / N. Oliveira -- versão corr. -- São Paulo, 2017.
157 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1.Educação-Engenharia 2.Engenharia elétrica 3.Projeto educacional
4.Engenharia (Desempenho) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II.t.

Aos meus pais, Paulo e Yvonne.
Ao meu esposo Alfredo e à minha filha Mayana.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Francisco Javier Ramirez-Fernandez, pela gentileza de me proporcionar mais este degrau na minha carreira acadêmica. Minha gratidão pela orientação, pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho, pelo carinho e paciência.

Às Professoras Dra. Ana Lúcia Manrique e Dra. Rita de Cássia Mendonça Sales Contini, aos Professores Dr. Luiz Barco e Dr. Osvaldo Shigueru Nakao, que participaram da banca de defesa da tese, que contribuíram com sugestões e críticas para a versão revisada.

Ao Alfredo e à Mayana, pela compreensão e apoio ao longo do período de elaboração desta tese.

À Inteligência Suprema do Universo, por mais este aprendizado e pela realização desta pesquisa, que enriqueceu um pouco mais essa minha jornada.

A todas as pessoas que gentilmente colaboraram, direta ou indiretamente, para com este trabalho.

“Se, na verdade, não estou no mundo simplesmente para a ele me adaptar, mas para transformá-lo; se não é possível mudá-lo sem um certo sonho ou projeto de mundo, devo usar toda possibilidade que tenha para não apenas falar de minha utopia, mas participar de práticas com ela coerentes.”

Paulo Freire

RESUMO

Nos últimos anos, há uma crescente preocupação com o ensino de engenharia, no Brasil e no mundo. Um dos problemas dos cursos são as disciplinas do Ciclo Básico, que são muito teóricas e fora do contexto dos futuros engenheiros. O objetivo deste trabalho é estabelecer e caracterizar correlações entre disciplinas básicas do curso de Engenharia Elétrica, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, tendo como referência a Estrutura Curricular vigente no período de 2000 a 2010. Para este estudo, foi realizada uma revisão da literatura, abordando-se fatos históricos no ensino de engenharia, na Europa e no Brasil, bem como um levantamento e estudo do programa de ensino, de gabaritos e provas das disciplinas escolhidas para essa pesquisa. Foram identificados conteúdos e/ou habilidades que caracterizam as correlações, verificando a importância deles para o desenvolvimento das disciplinas. Entre os resultados deste estudo, propõe-se um Projeto Integrador como alternativa para a melhoria do desempenho acadêmico dos estudantes considerados de alto risco, de forma a possibilitar a compreensão de correlações entre disciplinas, promovendo a interdisciplinaridade e a articulação de conhecimentos em cada semestre letivo trabalhado. Entre as conclusões, destaca-se a importância de os docentes do Ciclo Básico e do Ciclo Profissionalizante abrirem amplo debate, para que se estabeleça conexões importantes entre as disciplinas do curso, de forma a possibilitar a amenização dos problemas do Ciclo Básico de cursos de engenharia.

Palavras-chave: Educação em Engenharia. Desempenho acadêmico. Disciplinas. Ciclo Básico. Projeto Integrador.

ABSTRACT

In recent years, there is growing concern with on the teaching of engineering in Brazil and world. One of the problems of the courses is the disciplines of the Basic Cycle, which are very theoretical and out of the context of the future engineers. The objective of this work is to establish and characterize correlations between basic disciplines of the Electrical Engineering course, at the Polytechnic School of University of São Paulo, with reference to the Curricular Structure from 2000 to 2010. For this study, a literature review was made, approaching historical facts in engineering education, in Europe and Brazil, as well as a survey and study of the teaching program, templates and tests of the disciplines chosen for this research. Content and/or skills that characterize the correlations were identified, verifying their importance for the development of the disciplines. Among the results of this study, we propose an Integrator Project as an alternative to improve the academic performance of students considered to be high-risk, as way of allow the understanding of correlations between disciplines, promoting the interdisciplinarity and the articulation of knowledge in each academic semester worked. Among the conclusions, stands out the importance of the teachers of Basic Cycle and Vocational Cycle opening a wide debate, to establishing important connections between the course materials, as way of make it possible to soften the problems of the Basic Cycle of engineering courses.

Keywords: Engineering Education. Academic Achievement. Disciplines. Basic Cycle. Integrator Project.

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 3.1 – Diagrama de causa e efeito aplicado ao curso de engenharia.	67
Diagrama 4.1 – Disciplinas correlacionadas com MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I.	81
Diagrama 4.2 – Disciplinas correlacionadas com MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I.	107
Diagrama 4.3 – Disciplinas correlacionadas com MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.	116
Diagrama 4.4 – Disciplinas correlacionadas com MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.	119
Diagrama 4.5 – Disciplinas correlacionadas com PSI2211 - Circuitos Elétricos I.	123
Diagrama 4.6 – Disciplinas correlacionadas com MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	- Representação da classificação dos alunos em grupos A (baixo risco), B (médio risco) e C (alto risco).	74
Figura 2.2	- Reta das notas dividida em três conjuntos de grupos A, B e C.	74
Figura 2.3	- Representação dos estados dentro dos conjuntos dos grupos A, B e C.	77
Figura 4.1	- Questão da 1ª Prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2006.	83
Figura 4.2	- Questão da Prova de Recuperação de MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, de 2007.	85
Figura 4.3	- Questão da Prova Substitutiva (P3) de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2007.	89
Figura 4.4	Questão da 1ª Prova de MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III, de 2008.	90
Figura 4.5	Questão da 1ª Prova de MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2006	94
Figura 4.6	- Questão da 1ª Prova de MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV, de 2009.	96
Figura 4.7	- Questão da 1ª Prova de PSI2211 – Circuitos Elétricos I, de 2008.	99
Figura 4.8	- Questão da Prova Substitutiva de PSI2212 – Circuitos Elétricos II, de 2010.	104
Figura 4.9	- Questão da 2ª Prova de MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I, de 2008.	108
Figura 4.10	- Questão da 1ª Prova de MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II, de 2005.	110

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1	- Índices de reprovação da disciplina Cálculo Numérico.	28
Gráfico 1.2	- Índices de reprovação da disciplina Cálculo Diferencial e Integral . .	29
Gráfico 2.1	- Número de alunos matriculados por ano, na Escola Politécnica da USP, no período de 2000 a 2010 (8407 alunos).	71
Gráfico 2.2	- Resultado das notas finais dos alunos nas disciplinas cursadas, Epusp, no período de 2000 a 2010.	72
Gráfico 2.3	- Classificação dos alunos nos grupos A, B e C, Epusp, 2000 a 2010. .	75
Gráfico 2.4	- Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo A, Epusp, 2000 a 2010.	79
Gráfico 2.5	- Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo B, Epusp, 2000 a 2010.	79
Gráfico 2.6	- Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo C, Epusp, 2000 a 2010.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	- História do ensino de engenharia na Europa.	36
Quadro 2.2	- História do ensino de engenharia no Brasil – Período Colonial e Imperial.	37
Quadro 2.3	- História do ensino de engenharia no Brasil – Período Republicano. .	42
Quadro 3.1	- Disciplinas selecionadas para a pesquisa.	70
Quadro 4.1	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.	86
Quadro 4.2	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.	92
Quadro 4.3	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	97
Quadro 4.4	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e PSI2211 - Circuitos Elétricos I.	102
Quadro 4.5	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e PSI2212 - Circuitos Elétricos II.	106
Quadro 4.6	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.	109
Quadro 4.7	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.	112
Quadro 4.8	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.	113
Quadro 4.9	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e PSI2211 - Circuitos Elétricos I.	114

Quadro 4.10	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	115
Quadro 4.11	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I e PSI2212 - Circuitos Elétricos II.	116
Quadro 4.12	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II.	117
Quadro 4.13	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.	118
Quadro 4.14	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	119
Quadro 4.15	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II e PSI2211 - Circuitos Elétricos I.	120
Quadro 4.16	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.	121
Quadro 4.17	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II e PSI2212 - Circuitos Elétricos II.	121
Quadro 4.18	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	122
Quadro 4.19	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas PSI2211 - Circuitos Elétricos I e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.	123
Quadro 4.20	- Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV e PSI2212 - Circuitos Elétricos II.	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	- Entidades do mundo relacionadas à Educação em Engenharia.	46
Tabela 2.2	- Entidades internacionais relacionadas à Educação em Engenharia .	47
Tabela 2.3	- Distribuição dos resultados das notas finais dos alunos nas disciplinas cursadas, Epusp, no período de 2000 a 2010.	72
Tabela 2.4	- Classificação das notas finais dos alunos, por grupos A (baixo risco), B (médio risco) e C (alto risco), nas disciplinas cursadas, Epusp, 2000 a 2010.	75
Tabela 2.5	- Designação dos intervalos de notas em estados discretos.	76
Tabela 2.6	- Lista de estados com as situações dos alunos.	76
Tabela 2.7	- Total de esforços, por grupos A, B e C, Epusp, 2000 a 2010.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
COBENGE	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
EC-1	Estrutura Curricular 1
EC-2	Estrutura Curricular 2
EC-3	Estrutura Curricular 3
Epusp	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Fuvest	Fundação para o Vestibular da Universidade de São Paulo
IES	Instituição de Ensino Superior
MEC	Ministério da Educação
POLI-EDU	Grupo de estudos e pesquisas em Educação em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
POLI-USP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	18
1	A PESQUISA	21
1.1	JUSTIFICATIVA.....	21
1.2	OBJETIVOS.....	31
1.2.1	Objetivo geral	31
1.2.2	Objetivos específicos	31
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
2	REVISÃO DA LITERATURA	34
2.1	HISTÓRIA DO ENSINO DE ENGENHARIA.....	34
2.2	A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....	46
2.3	PESQUISAS E O ENSINO EM CURSOS DE ENGENHARIA.....	50
2.4	ALGUMAS PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DOS CURSOS DE ENGENHARIA.....	59
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA.....	61
3	A ESCOLA POLITÉCNICA DA USP E A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.1	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO DESEMPENHO DOS ALUNOS....	71
4.2	ESTUDO DAS CORRELAÇÕES.....	80
5	PROPOSTA DE PROJETO INTEGRADOR PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP	122
6	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	135
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
	ANEXO A – Estrutura Curricular do Curso de Engenharia Elétrica – Ênfase: Sistemas Eletrônicos	149

INTRODUÇÃO

Esta tese, intitulada **Um estudo exploratório do impacto do desempenho de alunos em disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, está situada na área da Educação em Engenharia.

Nos últimos anos, há uma crescente preocupação com o ensino de engenharia no mundo, inclusive no Brasil, o que reflete nas pesquisas realizadas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP).

O interesse da autora pela Educação em Engenharia surgiu com os primeiros contatos com alunos de cursos de engenharia, lecionando Cálculo Diferencial e Integral. Como consequência, surgiu a atenção pelas dificuldades comuns encontradas pelos estudantes ao se deparar com essa disciplina e, portanto, a necessidade de aprofundar os conhecimentos na área de ensino e aprendizagem de Cálculo. Em busca de compreender algumas questões relacionadas ao contexto, no mestrado foi realizado um estudo sobre o processo de ensino e aprendizagem do conceito de função (OLIVEIRA, 1997).

Após mais de duas décadas de prática docente em cursos de Ensino Superior, sendo que destes, mais de 15 anos lecionando disciplinas da área da matemática do Ciclo Básico de cursos de engenharia, surge a oportunidade de cursar o doutorado na POLI-USP.

Dessa forma, com foco no ensino e aprendizagem, foi feito um levantamento das notas dos alunos dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Epusp), no período de 2000 a 2011, para verificar o desempenho dos estudantes, inicialmente, nas disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico. Constatou-se altos índices de reprovação, o que parece não serem condizentes com a qualidade dos estudantes selecionados em um sistema tão rigoroso como a Fundação para o Vestibular da Universidade de São Paulo (Fuvest).

Motivada por essa constatação, surgiram alguns questionamentos:

- ✓ O que leva alunos, que supostamente estão bem preparados para o ingresso numa universidade, como a Universidade de São Paulo, a terem tão baixo desempenho nas disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico?

- ✓O problema do fracasso nas disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico é da didática adotada pelos professores, ou da falta de uma didática adequada a essas disciplinas?
- ✓A origem de elevados índices de reprovação nas disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico deve recair somente sobre os estudantes, pela falta de estudos ou pela ausência de pré-requisitos para o acompanhamento dessa disciplina?
- ✓Os conteúdos de Cálculo e Cálculo Numérico dos cursos de Engenharia da Epusp atendem às necessidades reais dos futuros engenheiros?
- ✓As disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico apresentadas nos cursos de Engenharia da Epusp são significativas para os alunos das diferentes ênfases das Engenharias?
- ✓Por que docentes e estudantes reclamam do ensino e aprendizagem das disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico?

A partir destes questionamentos, outros surgiram, um pouco mais abrangentes:

- ✓Os problemas observados no desempenho dos estudantes nas disciplinas de Cálculo e Cálculo Numérico podem ser generalizados para as disciplinas do Ciclo Básico?
- ✓Quais os impactos causados pelo desempenho de estudantes em disciplinas do Ciclo Básico na formação dos futuros engenheiros?
- ✓Quais são as causas do fracasso escolar de estudantes de engenharia em disciplinas do Ciclo Básico?
- ✓Existem correlações entre o desempenho de estudantes no Ciclo Básico e no profissionalizante nos cursos de engenharia? Se sim, é possível descrevê-las? De que forma?
- ✓Quais são os fatores determinantes para o sucesso acadêmico de estudantes de cursos de engenharia?

Este trabalho se pauta nesses questionamentos e está organizado como segue.

Nesta seção é apresentada a introdução, que explicita o seu tema e discorre sobre os motivos que levaram a realizar esta pesquisa, o interesse pela área da Educação em Engenharia e a descrição do que é abordado em cada capítulo.

No Capítulo 1, é apresentada a justificativa deste estudo nos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Epusp), abordando-se problemas do fracasso escolar em disciplinas como o Cálculo e o Cálculo Numérico,

e problemas no Ciclo Básico. Neste capítulo, também apresentam-se os objetivos e os procedimentos metodológicos. O estudo é qualitativo, exploratório e constitui-se de um estudo de caso, pois trata-se de uma investigação envolvendo uma única instituição, a Escola Politécnica da USP.

A revisão da literatura é apresentada no Capítulo 2. Aborda-se, inicialmente, um resumo sobre os principais fatos históricos do ensino da engenharia, na Europa e no Brasil. Algumas pesquisas mostram as dificuldades encontradas pelos estudantes de engenharia na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior, problemas de reprovação e evasão, problemas no ensino e aprendizagem de algumas disciplinas básicas etc. Assim, este capítulo também aborda a Educação em Engenharia, o problema do fracasso escolar, estilos de aprendizagem, problemas relacionados ao ensino de Cálculo e ao Ciclo Básico dos cursos de engenharia e resultados de algumas pesquisas.

No Capítulo 3, apresentam-se algumas considerações sobre a Epusp. Foram apontadas qualidades e fragilidades de seus cursos, levantadas por outras pesquisas. Neste capítulo, também, é feita a descrição da estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos, vigente na escola no período de 2000 a 2010, que é o período que compreende o estudo.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos e as discussões pertinentes ao escopo desta pesquisa.

Como alternativa para a melhoria do desempenho dos alunos considerados de alto risco, foi feita a proposta de um Projeto Integrador, no Capítulo 5.

As conclusões, considerações finais e perspectivas futuras são apresentadas no Capítulo 6.

1 A PESQUISA

Este Capítulo apresenta a justificativa, os objetivos e os procedimentos metodológicos desta pesquisa, que se intitula “Um estudo exploratório do impacto de disciplinas básicas no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo”

1.1 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a escolha desse tema por observar que há certas fragilidades nos cursos de Engenharia da Epusp. Há uma grande dúvida quanto à qualidade e à adequação do seu ensino diante dos novos cenários de internacionalização de mercados de trabalho e de competências necessárias. Devido a isto, lideranças da Escola Politécnica da USP têm manifestado permanente preocupação em aprimorar o curso. (NAKAO, 2005).

Na Engenharia Civil da Epusp, por exemplo, na opinião de alguns dos seus próprios alunos, o curso não os tem motivado a se dedicarem mais ao estudo e às aulas. A queixa dos alunos de que o curso é muito teórico encontra eco na opinião de alguns diretores de empresas da construção civil que consideram que o aluno não sai preparado para o mercado de trabalho, ou seja, com as características e conhecimentos esperados. É claro que há expectativas diferentes entre os diversos empresários, é claro que as escolas não precisam necessariamente formar o mesmo tipo de engenheiro e é claro que uma escola como a Epusp tem como missão maior atender ao que o país necessita, mas as queixas de seus alunos são um fato que precisa ser investigado. (NAKAO, 2005, p. 21).

O ensino na Epusp tem sido estudado em vários trabalhos (BRINGHENTI, 1992, 1993, 1995; NAKAO, 2005; OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDES, 2014; SANTOS, 2016; SANTOS; OLIVEIRA; GALEAZZO; RAMIREZ-FERNANDES, 2016). São pesquisas que abordam a questão do desempenho dos estudantes em diversas disciplinas, qualidades e fragilidades da escola; angústias e convicções de alunos, professores, engenheiros egressos e engenheiros da comunidade politécnica; ações implementadas pela escola, bem como sugestões de pesquisadores para o aprimoramento dos cursos. As investigações demonstram aspectos socioeconômicos e financeiros dos alunos, formação além da graduação, questões

profissionais e pessoais de formandos, entre outros aspectos do curso. Em síntese, há a evidência da necessidade da elaboração de bases para avaliação continuada e a promoção da eficiência dos cursos de Engenharia.

O maior problema observado por uma pesquisa nos cursos de engenharia da Escola Politécnica da USP é o ensino no Ciclo Básico, que compreende os dois primeiros anos dos cursos de Engenharia (BRINGHENTI, *apud* NAKAO, 2005, p. 42):

- ✓ Matérias básicas, teóricas, sem explicações sobre as suas conexões com a engenharia;
- ✓ Carga elevada de aulas, de matérias e de trabalhos, dificultando as atividades de aprendizagem extraclasse;
- ✓ Pressão sobre o aluno, principalmente com o elevado nível de exigência das provas;
- ✓ Repetição de conteúdos do ensino médio e ausência de integração entre as disciplinas, professores e alunos, entre aluno e Escola;
- ✓ Falta de didática e experiência de alguns professores;
- ✓ Falta de um sistema de orientação e apoio ao aluno;
- ✓ Rotatividade dos professores;
- ✓ Dúvidas com relação ao mercado de trabalho;
- ✓ Crise de adolescência;
- ✓ Problemas de locomoção e adaptação à cidade.

Pesquisas indicam que, dos formandos que foram entrevistados, a quantidade dos satisfeitos com o sistema de ensino e avaliação do Ciclo Básico era: 64% na década de 1960, 46% na década de 1970, e 30% na década de 1980. Os índices apontam uma queda na satisfação dos alunos formados. (BRINGHENTI, *apud* NAKAO, 2005, p. 42).

O segundo maior problema da Epusp é a relação entre teoria e prática nos cursos. Para os alunos, o curso é muito teórico e pouco prático. (BRINGHENTI, *apud* NAKAO, 2005, p. 43). Essa dicotomia entre o teórico e o prático pode ser considerada superada, pois a missão de um engenheiro, segundo o Projeto Pedagógico do Curso, é propor uma forte base teórica. (NAKAO, 2005, p. 44).

O modelo tradicional de ensino adotado nos cursos de Engenharia, do Brasil e de outros países, concebido na perspectiva do professor e da Instituição de Ensino Superior, vem mostrando sinais de desgaste.

Nos Congressos e Encontros de Ensino de Engenharia, tanto nacionais como internacionais, divulgam-se sinais claros de um desgaste do tradicional modelo adotado para o processo de ensino e aprendizagem que era concebido sempre na perspectiva do professor e da instituição. Diante disso, buscam-se novos caminhos incorporando-se também as novas tecnologias surgidas com a revolução da informação. Na maioria dos trabalhos apresentados estão presentes novas metodologias e novas técnicas de ensino, agora na perspectiva do sujeito, do professor, da instituição, do mercado, enfim das diversas fontes e dos diversos espaços do conhecimento. (NAKAO, 2005, p. 37).

Além do ensino nos cursos de engenharia, temas considerados básicos e específicos de cada especialidade vem sendo pesquisados e divulgados no meio acadêmico e científico, em congressos, encontros e publicações na área.

Por outro lado, a Educação Matemática de estudantes de engenharia é um tema de crescente preocupação para professores e pesquisadores de Educação Matemática e Educação em Engenharia, bem como de profissionais ligados à Matemática. (BINGOLBALI; MONAGHAN; ROPER, 2007; GODOY; FARIA, 2011; OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2014).

Educadores matemáticos têm relatado muitas questões sobre a educação matemática de alunos de engenharia. É comum a todos esses estudos a valorização de que as habilidades matemáticas e a compreensão fundamental de conceitos matemáticos pelos alunos ao entrar na universidade são decrescentes. Esses e outros fatores afetam o desempenho matemático nos cursos de engenharia. (BINGOLBALI; MONAGHAN; ROPER, 2007).

Reprovação e evasão também são problemas cada vez mais presentes e mostram a ineficiência nos cursos de engenharia. Desta forma, há um crescente aumento nas discussões entre pesquisadores e docentes sobre esses temas.

A evasão e retenção nos cursos de Engenharia se converteram em temas largamente discutidos nos diversos congressos sobre o Ensino de Engenharia e também pela maioria das Escolas responsáveis por esses cursos. Observa-se, em geral, nos artigos e textos sobre a matéria uma inconformidade com a baixa eficiência no ensino de Engenharia no Brasil, assinalando a necessidade de que sejam realizadas modificações que apresentem uma melhor utilização dos recursos aportados, tendo em vista resultados mais satisfatórios em termos educativos. (RIOS; SANTOS & NASCIMENTO, 2000, p. 1)

A evasão no ensino superior brasileiro vem sendo cada vez mais estudada, uma vez que se trata de um indicador de eficiência do sistema de educação superior. (SALUM, 2001).

Pode-se verificar, atualmente, que várias das causas e consequências da evasão nos cursos de graduação de instituições de ensino superior brasileiras são comuns, sendo de natureza externa e interna ao próprio sistema.

A causa externa da evasão nos cursos da área de ciências exatas e, portanto, dos cursos de engenharia, está relacionada com a conjuntura econômica do país.

Como causa externa da evasão na área de Ciências Exatas, pode ser destacado o fato de que, no nosso país, o desenvolvimento econômico é cíclico, e função das medidas econômicas adotadas ao longo dos diversos governos, o que atinge, sobremaneira, a área de Engenharia (...). Um exemplo disso é a época do chamado “milagre brasileiro”, na década de 70. Em função da política adotada, do nacionalismo exacerbado, o governo investiu demasiadamente na construção de estradas, no desenvolvimento do país, e, conseqüentemente, houve um grande aumento na demanda do mercado por engenheiros e da procura dos estudantes por essa profissão. Uma análise do custo/benefício naquele momento encorajava o estudante a ingressar em um curso extremamente denso como o de Engenharia (...). Isso explica, portanto, porque, em função de uma conjuntura externa à Universidade, o aluno, ao se deparar com um mercado desfavorável e um curso difícil, acaba por evadir-se desse, quer seja por desistência ou por reopção para uma outra área de maior “apelo” ou de menor investimento pessoal. Essa é, também, uma das causas da redução da demanda pelo curso de Engenharia em todo o país, atualmente. (SALUM, 2001, p. 53).

Essa questão da conjuntura externa à universidade também se associa à questão da área do conhecimento. A evasão na área de Ciências Exatas parece que é maior que a evasão das outras áreas.

Observa-se que há uma variação muito grande no percentual de alunos evadidos em função da área. Na Universidade Federal de Minas Gerais, por exemplo, enquanto a evasão na área de Exatas encontra-se, entre 30 e 40%; na área de Ciências Humanas, ela está entre 20 e 30%; e na de Ciências Biológicas, é inferior a 10%, para a maioria dos cursos. (SALUM, 2001, p. 53).

Dentre as causas internas da evasão nos cursos de engenharia do país, destacam-se os problemas associados ao Ciclo Básico e, portanto, à estrutura curricular dos cursos.

Os currículos, ainda hoje, são organizados com uma divisão bem definida entre Ciclo Básico e ciclo profissional, não havendo, muitas vezes, elo entre as disciplinas dos dois ciclos. Tal fato desestimula os alunos, que passam dois anos estudando apenas Física, Química e Matemática, de uma maneira descontextualizada. Levantamentos feitos em diferentes cursos de Engenharia do país mostram que mais de 50% da evasão ocorre ainda no Ciclo Básico, ou seja, ainda nos dois primeiros anos do curso, antes mesmo do aluno conhecer o conteúdo profissionalizante de seu curso. (SALUM, 2001, p. 54).

Ainda com relação às causas internas da evasão nos cursos de engenharia, parece que a recepção ao aluno ingressante também é uma das maiores responsáveis pelo quadro atual.

O quadro, hoje, em sua maioria, é que o aluno ao ingressar em um curso superior se depara com uma realidade bem diferente da existente no segundo grau. Dentro dos cursos, ele é mais um; não existe mais aquela preocupação com o individual, muito presente no 2º grau. Tem-se que, se por um lado o aluno passa a ter maior liberdade para definir suas opções, por outro ele encontra-se despreparado para enfrentar essa nova realidade. E se não houver uma sensibilidade por parte das pessoas envolvidas com o curso (coordenador, professores) para ajudar esses alunos a vencerem as dificuldades iniciais, eles poderão experimentar um insucesso repetido, seguido de uma baixa em sua auto-estima, o que, além de elevar os índices de retenção nos primeiros períodos do curso, pode levar ao abandono do curso por parte desses alunos. E esse quadro poderá ser agravado se, para lecionar nos primeiros anos do curso, forem designados professores pouco entusiasmados, didaticamente fracos e pouco sensíveis ao problema, que acabam culpando o nível dos alunos pelos maus resultados. (SALUM, 2001, p. 54).

Para que os cursos de Engenharia em nosso país se tornem eficientes, as causas e os problemas de evasão devem ser investigados exaustivamente, pois só assim será possível evitá-los e combatê-los.

O primeiro passo para se combater a evasão é, sem dúvida, ter na coordenação dos cursos pessoas sensíveis ao problema e que consigam conscientizar os professores de sua importância. A partir daí, é necessário investir de forma incisiva na motivação dos estudantes, que é a principal medida para conter ou minimizar a evasão. Para isso, a escolha dos docentes para lecionar nos primeiros anos deve ser cuidadosa, priorizando-se professores mais experientes, mais entusiasmados, com boa didática e sensíveis às dificuldades que os estudantes enfrentam principalmente nos primeiros anos do curso. A verticalização dos currículos e a implementação de currículos mais “enxutos” é fundamental para estimular mais os alunos. É necessário um maior e melhor encadeamento das disciplinas do Ciclo Básico com as do ciclo profissional. (SALUM, 2001, p. 56).

Pesquisas indicam que é no Ciclo Básico que os problemas relativos ao fracasso dos estudantes de cursos de Engenharia se acentuam, e é nesse período que as disciplinas mais reprovam.

Com relação às reprovações, observou-se que é no Ciclo Básico – onde há o maior número de estudantes, visto que muitos não atingem o ciclo profissional – que se registram os mais agudos índices de perda. As disciplinas Cálculo Diferencial e Integral I, Mecânica Clássica e Química Geral, oferecidas para os primeiros períodos, são as que mais reprovam. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001, p. 84).

O Cálculo é uma das ferramentas matemáticas mais importantes para os engenheiros, e por isso está presente em todos os cursos de engenharia. (MURTA; MÁXIMO, 2004).

O ensino de Cálculo, nos cursos de ciências exatas e, particularmente, nos cursos de engenharia, vem sendo responsabilizado pelas altas taxas de evasão e repetência nos semestres iniciais desses cursos. Várias experiências vêm sendo realizadas, no Brasil e no exterior, para tentar minimizar as dificuldades apresentadas por alunos e professores nessa disciplina. Os resultados dessas experiências, ainda que favoráveis em alguns aspectos não têm diminuído consideravelmente a evasão e a repetência (CURY, 2000).

O ensino do Cálculo está muito calcado nas explanações do professor, nos exercícios padronizados, na preocupação com o cumprimento de cronogramas. Para que o aluno aproveite ao máximo as ferramentas que o Cálculo lhe disponibiliza, é necessário que ele tenha uma compreensão do

significado dos conceitos estudados e tenha despertada sua curiosidade para as possibilidades de utilização dos mesmos. (CURY, 2000, p. 2).

O ensino de Cálculo explora demasiadamente os procedimentos sequenciais e o aluno, muitas vezes, não tem ideia do significado dos conceitos, apenas repetindo mecanicamente os passos para um determinado cálculo, por exemplo. (CURY, 2000).

Uma investigação foi realizada no curso de Engenharia Civil da Epusp, com o intuito de verificar se esse é adequado, principalmente na perspectiva do aluno, dando ênfase à satisfação dos alunos do primeiro e do segundo anos. A tese apresenta sugestões de novas ações para conduzir ao aprimoramento de um curso de Engenharia, e pode ser aplicada a cursos de qualquer habilitação. Essa pesquisa mostra que deve-se evitar o ensino apenas com conhecimentos já elaborados, demasiadamente teóricos e sem ligação com o cotidiano, e também as atividades promovidas somente na sala de aula, cumprindo os programas independentemente do aprendizado e do interesse do aluno, pois isso leva à frustração com a escola, com o curso e com os professores. (NAKAO, 2005).

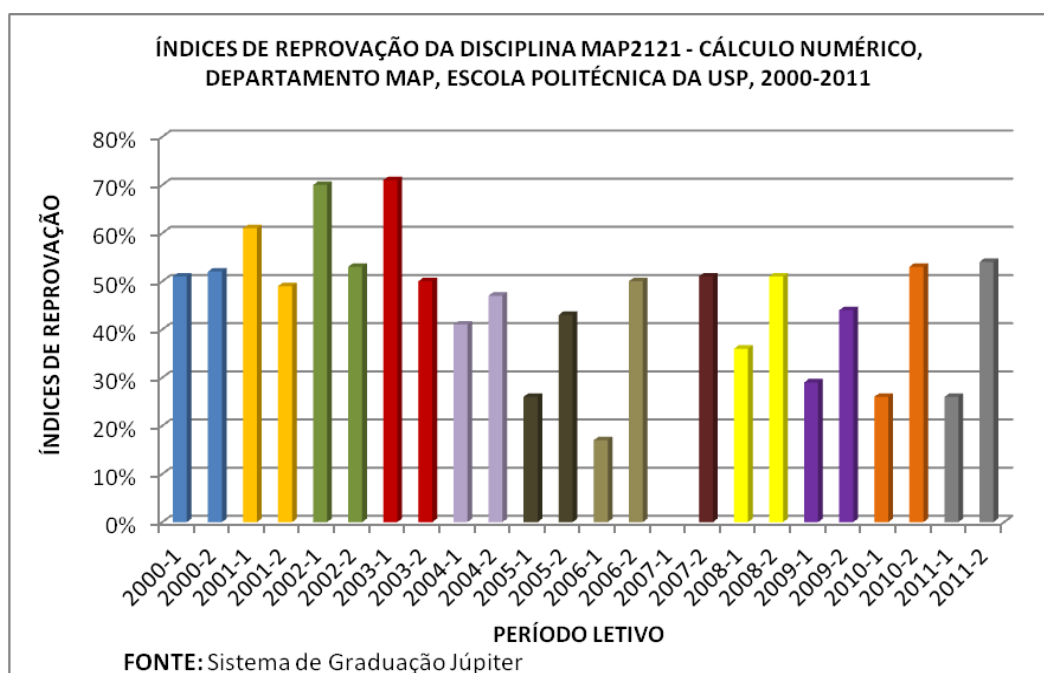
Foram levantados dados sobre o desempenho dos alunos em diversas disciplinas, detectando que houve altos índices de reprovação e desistência, em particular, na disciplina MAP2121- Cálculo Numérico, mostrando claramente que houve um problema nesta disciplina, o que levou a uma grande reclamação dos estudantes quanto ao desenvolvimento e desempenho na disciplina. Diante disso, foi organizado um questionário, que foi respondido por 322 alunos, predominantemente do segundo ano, dos quais mais de 60% haviam sido aprovados. A análise de dados mostra que 40% dos que foram aprovados responderam que os pré-requisitos são suficientes para acompanhar a disciplina, o nível das provas é difícil para cerca de 50% dos aprovados e muito difícil para cerca de 27% dos aprovados. A análise do referido questionário também indica que o material disponibilizado para a prova não foi suficiente para se preparar para a mesma para cerca de 43% dos aprovados. Houve comentários dos alunos apontando principalmente como problema o grau de dificuldade da prova. Para a pesquisa, há um erro no nível de cobrança da prova. Os alunos apontaram problemas de atitude de alguns professores, como deficiências na didática. Muitos classificaram os professores como bons, a matéria como atraente, e apenas se queixaram da grande dificuldade e falta de linguagem clara nas provas.

Há a recorrência quanto à queixa da falta de preparação para cursar a disciplina MAP2121 – Cálculo Numérico. Apesar desses resultados, não foi possível identificar o problema que leva ao grande percentual de reprovados. (NAKAO, 2005).

Com o auxílio do Núcleo de Apoio à Graduação da USP, foram obtidos os relatórios de notas dos alunos dos cursos de engenharia, de acordo com as turmas, disciplinas e docente, gerado pelo Sistema de Graduação (Júpiter). Desses relatórios, obtiveram-se as médias e os índices de reprovação dos alunos em duas disciplinas do Ciclo Básico, MAP2121 – Cálculo Numérico, ofertada no 2º semestre, e MAT0111 – Cálculo Diferencial e Integral, ofertada no 1º semestre, no período de 2000 a 2011. Essas disciplinas foram escolhidas pelas dificuldades constatadas anteriormente a respeito delas. (OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2014, p. 4).

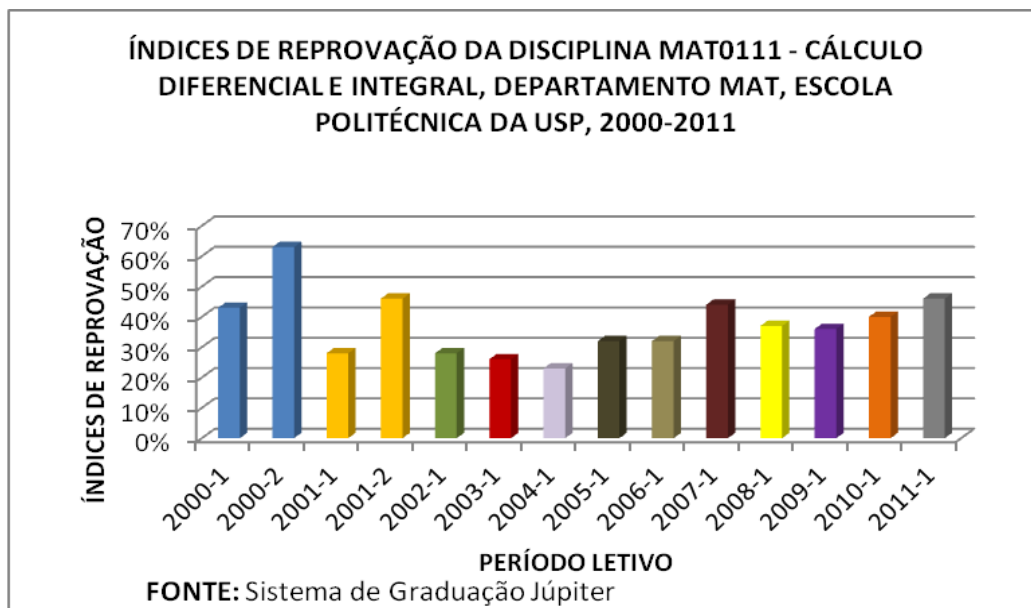
Os índices de reprovação das disciplinas Cálculo Numérico e Cálculo Diferencial e Integral podem ser vistos, respectivamente, no Gráficos 1.1 e no Gráfico 1.2.

Gráfico 1.1 – Índices de Reprovação da disciplina Cálculo Numérico



Fonte: Oliveira; Oliveira; Ramirez-Fernandez (2014, p. 5).

Gráfico 1.2 – Índices de reprovação da disciplina Cálculo Diferencial e Integral



Fonte: Oliveira; Oliveira; Ramirez-Fernandez (2014, p. 6).

Observando-se o Gráfico 1.1, constata-se que os índices de reprovação da disciplina de Cálculo Numérico são altos. Tem semestre que o índice de reprovação chega a passar de 70% (2003-1). Analisando-se os dados originais, verifica-se que esses índices parecem que independem do docente e da turma. Verifica-se que em 12 anos, 12 semestres tiveram índice de reprovação maior ou igual a 50% e em 11 semestres, abaixo de 50% (entre 17% e 49%). (OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2014).

A média geral das notas da disciplina MAP2121 (Cálculo Numérico), no período de 2000 a 2011, foi de 4,0, abaixo da nota mínima para aprovação na disciplina, e o índice de reprovação foi de 46%. A média geral das notas da disciplina MAT0111 (Cálculo Diferencial e Integral), no mesmo período, foi de 4,7, abaixo da nota mínima para aprovação na disciplina, e o índice de reprovação foi de 37%. (Ibidem).

Portanto, com os dados dos Gráficos 1.1 e 1.2, conclui-se que há problemas no desempenho dos alunos nas disciplinas MAP2121 (Cálculo Numérico) e MAT0111 (Cálculo Diferencial e Integral) nos cursos de engenharia da Epusp, pois os índices de reprovação são altos, no período em questão. (Ibidem).

Além da constatação de problemas específicos no desempenho dos alunos em algumas disciplinas dos cursos de engenharia da Epusp, é importante destacar que o custo que se tem para manter um curso de Engenharia aumenta à medida que

aumenta os índices de reprovação dos estudantes. (OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2014).

Quantos são os alunos que se formam no período ideal de cinco anos? Por quê? O que isso significa?

Quando se apresenta o custo de um curso de Engenharia ou se contabiliza o número de alunos reprovados numa disciplina não se pode esquecer que a sociedade custeia o ensino gratuito de uma universidade pública como a Universidade de São Paulo. Portanto, se há correções de rumo que otimizem o aprendizado e diminuam os índices de repetência nas disciplinas elas devem ser feitas com critérios e cuidados pertinentes. E devem ser urgentes. Pode-se imaginar alguma empresa do setor privado (mesmo que sendo uma universidade) deixando de avaliar seus custos e não adotando medidas corretivas? (NAKAO, 2005, p. 20-1).

No início deste século, o estudante de graduação, nas Instituições de Ensino Superior públicas, custava aos cofres públicos, por ano, R\$5.800,00. (SIGSSARDI, 2000).

Na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), no universo de aproximadamente 1000 estudantes, pelo menos 40% perderam um ano de vida escolar por reprovação, o que representa um prejuízo de quase R\$2.200.000,00. Esses recursos poderiam ser empregados em programas de capacitação docente, bolsas para a graduação, materiais e recursos didáticos, entre outros. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001).

O custo social decorrente dessa perda justificaria o investimento em políticas institucionais que venham minimizar o fracasso escolar. É inadmissível que num país em desenvolvimento, portanto, carente de mão-de-obra especializada, um contingente significativo de indivíduos passe pela Educação Superior sem levar dessa formação o mais importante que é a titulação em determinada profissão. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001, p. 89).

Os problemas levantados anteriormente justificam a necessidade de novas pesquisas sobre o desempenho de alunos em disciplinas básicas de matemática nos cursos de Engenharia da Epusp, porém, neste trabalho, optou-se por realizar um estudo abrangendo apenas algumas disciplinas do Ciclo Básico (1º e 2º ano).

Dada a problemática, foram elaborados os objetivos da pesquisa.

1.2 OBJETIVOS

Dada a situação problemática do ensino de matemática nos cursos de engenharia na atualidade, com vistas em contribuir para a discussão e a reflexão sobre o ensino e a aprendizagem nesta área do conhecimento, e com a possibilidade de servir de base para uma reestruturação do currículo dos cursos de engenharia, propõe-se os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo geral:

O objetivo desta pesquisa é estabelecer e caracterizar correlações entre disciplinas básicas do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, vigentes no período de 2000 a 2010.

1.2.2 Objetivos específicos:

- 1) Realizar uma revisão da bibliografia relacionada ao tema deste trabalho;
- 2) Fazer um levantamento e estudo da ementa, do programa de ensino, de provas e gabaritos das disciplinas escolhidas para essa pesquisa;
- 3) Identificar conteúdos e/ou habilidades que caracterizam as correlações entre as disciplinas.

O que se desejava saber é, por exemplo, se os conteúdos da disciplina Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I se relacionam com os conteúdos de Circuitos Elétricos I, do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos. Quais conteúdos de disciplinas básicas são necessários para o desenvolvimento de outras disciplinas do curso?

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para caracterizar as correlações, foram analisados os conteúdos de diversos modelos de provas aplicadas e realizadas pelos estudantes no período de 2000 a 2010, incluindo provas P1, P2, Provas Substitutivas e Provas de Recuperação. Também foram utilizadas a ementa e o programa de ensino das disciplinas, para verificar se há relações entre elas, ou seja, se existem conteúdos básicos de matemática que se relacionam com conteúdos de outras disciplinas, e se os

mesmos são essenciais para o aprendizado. As provas foram retiradas de uma rede social dedicada exclusivamente ao campo acadêmico, que tem como principal objetivo o compartilhamento de informação e materiais entre alunos e professores: o Ebah¹. As ementas e programas de ensino das disciplinas foram consultadas no Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-reitora de Graduação, da Superintendência de Tecnologia da Informação da USP: o sistema JÚPITER (SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO – USP), e no Projeto Político Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013).

Este trabalho se caracteriza como um esforço cuidadoso para a descoberta de novas informações ou relações e para a verificação e ampliação do conhecimento existente. Por lidar com problemas pouco conhecidos, a pesquisa, no âmbito desta tese, é de cunho exploratório, e para este tipo de investigação, o estudo qualitativo é o mais adequado. (GODOY, 1995-b).

Esta tese não parte de hipóteses estabelecidas *a priori*. Não há a preocupação em buscar dados ou evidências que corroborem ou neguem tais suposições. Parte de questões ou focos de interesse amplos, que vão se tornando mais diretos e específicos no transcorrer da investigação. (GODOY, 1995-a, 1995-b).

Em uma pesquisa, espera-se que haja um rigor científico, porém isso não deve significar um engessamento do processo, e a flexibilidade pode trazer novas reflexões sobre o tema em estudo. Além disso, muito do que se pesquisa na área da Educação em Engenharia pode não ser bem compreendido, num primeiro momento, por todos. O importante é que o estudo tenha objetivo que valha a pena ser proposto e investigado, e que os seus resultados possam desencadear reflexões significativas. (NAKAO, 2005). No caso deste trabalho, espera-se que ele suscite reflexões importantes sobre a eficiência de alunos em cursos de Engenharia.

Esta pesquisa é documental, o que pode, à primeira vista, parecer estranha por se tratar de um estudo qualitativo, uma vez que esse tipo de investigação não se reveste de todos os aspectos básicos que identificam os trabalhos dessa natureza. Considerando, no entanto, que a abordagem qualitativa, enquanto exercício de pesquisa, não se apresenta como uma proposta rigidamente estruturada, ela permite que a imaginação e a criatividade levem a propor trabalhos que explorem novos

¹ Ebah é a rede social para o compartilhamento acadêmico. Disponível em: < www.ebah.com.br >.

enfoques. Nesse sentido, a pesquisa documental representa uma forma que pode se revestir de um caráter inovador, trazendo contribuições importantes no estudo de alguns temas. Ela também é apropriada quando se estuda longos períodos de tempo. (GODOY, 1995-a).

Os documentos, nesta pesquisa, são as ementas, os programas de ensino, os modelos e gabaritos de provas das disciplinas selecionadas do curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no período de 2000 a 2010, bem como a Estrutura Curricular 2 (EC-2), implantada na reforma de 1999 e vigente nos cursos da EPUSP nesse período (CENTRO ACADÊMICO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013).

Este trabalho também se constitui de um estudo de caso, pois trata-se de uma investigação envolvendo uma única instituição, a Epusp.

O estudo de caso se caracteriza como um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. (GODOY, 1995-a). Neste trabalho, visou ao exame detalhado de uma situação em particular: correlações entre disciplinas do Ciclo Básico, no período de 2000 a 2010.

Além dos procedimentos metodológicos descritos anteriormente, foi realizada uma revisão bibliográfica, através de pesquisas em periódicos especializados, anais de congressos, entre outras fontes. Entre os temas pesquisados, destaca-se o fracasso escolar de alunos de engenharia, estilos de aprendizagem dos estudantes de engenharia, problemas relacionados ao ensino de Cálculo e ao Ciclo Básico dos cursos de engenharia, e resultados de algumas pesquisas, o que será apresentado no capítulo a seguir.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentado uma revisão da literatura, que foi dividida em seis seções.

Na primeira seção, intitulada “História do ensino de engenharia”, é apresentada um resumo sobre os principais fatos históricos da engenharia, na Europa e no Brasil, tendo como foco o ensino.

“A Educação em Engenharia” é abordada na segunda seção, e discorre sobre o aumento do número de publicações na área, grupos de pesquisa no mundo e no Brasil, e áreas de pesquisa da Educação em Engenharia.

A terceira seção, intitulada “Pesquisas e o ensino em cursos de engenharia”, aborda o problema da evasão, da retenção, do fracasso escolar, estilos de aprendizagem e problemas relacionados ao ensino de Cálculo e ao Ciclo Básico.

A quarta seção apresenta “Algumas propostas de soluções para os problemas do ensino de engenharia”, abordando-se sugestões de alguns pesquisadores.

Resultados de “Publicações da autora”, relacionados a este trabalho, são apresentados na quinta seção.

Na sexta seção, são feitas “Considerações sobre a revisão da literatura”.

2.1 HISTÓRIA DO ENSINO DE ENGENHARIA

Como esta tese faz uma análise das correlações entre disciplinas do curso de Engenharia Elétrica – Ênfase Sistemas Eletrônicos, da Epusp, considera-se importante que se conheça a história do ensino de engenharia, pois ela pode explicar a atual situação dos cursos de engenharia.

Dessa forma, apresenta-se, nesta seção, alguns fatos da história do ensino da engenharia. Inicialmente, faz-se uma breve exposição sobre os primeiros cursos de engenharia na Europa, pois serviram de modelo para os cursos no Brasil, e, posteriormente, do ensino de engenharia no Brasil, destacando as principais características.

A engenharia é a ciência, a arte e a profissão de adquirir e de aplicar os conhecimentos matemáticos, técnicos e científicos na criação, aperfeiçoamento e implementação de utilidades, tais como materiais,

estruturas, máquinas, aparelhos, sistemas ou processos, que realizem uma determinada função ou objetivo. (PEREIRA, 2013, p. 1.).

O engenheiro é o profissional que exerce a prática de engenharia. Em muitos países, o exercício da profissão de engenheiro exige, além da habilitação em um curso superior de engenharia, uma licença ou certificação profissional atribuída ao estado, por uma associação profissional, ordem ou instituição de engenheiros ou por um outro tipo de órgão de regulamentação profissional. (PEREIRA, 2013, p. 1.).

O conceito de engenharia existe desde a antiguidade, a partir do momento em que o ser humano desenvolveu invenções fundamentais como a polia, a alavanca e a roda. Porém, o termo “engenharia” só apareceu na língua portuguesa no início do século XVI, e deriva da palavra “engenheiro”, que se referia a alguém que construía ou operava um engenho, que se referia a uma máquina de guerra, como uma catapulta ou uma torre de assalto. O termo “engenho”, por sua vez, veio do latim “*ingenium*”, que significa “gênio”, ou seja, uma qualidade mental, uma invenção inteligente. (Ibidem).

Assim, na antiguidade, as invenções realizadas por artesãos como meio de sobrevivência caracterizam as raízes da engenharia.

Até o século XVII, em Portugal, o engenheiro figurava como um técnico da arquitetura (militar, civil e hidráulica). O termo arquitetura era utilizado para o que se denomina engenharia, atualmente.

A função do engenheiro, antes do século XVIII, era, basicamente, para fins militares. O quadro 2.1 apresenta os principais fatos históricos dos primeiros cursos de engenharia na Europa.

Quadro 2.1 - História do ensino de engenharia na Europa

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
Período do Renascimento (Entre fins do século XIV e fins do século XVII)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Muitas publicações foram realizadas na área de engenharia. ✓ Muitas Escolas de Artilharia e Fortificação, e, posteriores Academias Militares e de Arquitetura foram surgindo em várias regiões da Europa (e da América). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conteúdo básico: a matemática e suas aplicações a diversos problemas físicos. ✓ Os cursos eram informais e ministrados por um único professor.
Século XV	Escola Naval de Sagres impulsionou as grandes conquistas.	Conteúdo dos livros apresentam uma matemática aplicada muito mais à engenharia do que à artilharia: geometria (figuras geométricas planas, elipse, hipérbole e parábola), noções de álgebra, trigonometria, cálculo de medidas de sólidos gerados por rotação, geodésia, topografia, tratado de mecânica e estática (estudo da relação entre o calibre e o comprimento do canhão, trajetória de corpos), hidráulica e escoamento de líquidos, geometria para desenhar fortes e seus elementos, arquitetura militar, artilharia.
Século XVI	Criação da primeira escola para o ensino de artilheiros: a Escola de Veneza.	
1583	Escola de Veneza publica o primeiro livro com desenhos de fortificação, de Moggi e Castrioto.	
1641	Fundação da primeira instituição oficial para o ensino de artilharia e fortificação, em Lisboa, Portugal.	
1720	Fundação da 1ª Escola de Engenharia do mundo, na França.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não havia rigor curricular a ser cumprido. ✓ O ensino e a pesquisa visavam suprir as necessidades mais emergentes.
1747	A Escola de Engenharia da França torna-se a École des Ponts et Chaussées.	
1749	Criação da primeira Escola de Engenharia Militar da Europa, na França.	
1779		O Cálculo Diferencial Integral foi introduzido nos currículos das escolas europeias.
1794	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Criação da Escola Politécnica, na França. ✓ A Escola de Engenharia Militar da França se une com a Escola de Artilharia, formando a École d'Application du Génie et de l'Artillerie, cujo curso destinava-se aos egressos da Escola Politécnica, também criada nesse ano. 	A Escola Politécnica preparava alunos para as escolas técnicas superiores, civis e militares, num período de 2 anos.
Século XVIII	Criação da engenharia civil, para suprir as necessidades do cidadão comum (denominado civil) e para diferenciá-la da engenharia militar.	Os cursos eram informais e ministrados por um único professor.
Século XIX	Criação das engenharias de minas, mecânica, elétrica, química, etc.	Não há destaque sobre a matemática desenvolvida nesses primeiros cursos.

Fonte: Biembengut (1997, p. 41-56)

O quadro 2.2 apresenta os principais fatos históricos do ensino de engenharia no Brasil, desde o seu descobrimento, em 1500, até o final do Período Imperial, em 1889.

Para que se possa compreender melhor os acontecimentos, vale lembrar que a História do Brasil se divide da seguinte forma:

- Período Pré-Colonial: 1500 – 1530;
- Período Colonial: 1530-1822;
- Período Imperial: 1822 – 1889;
- Período Republicano: 1889 – até os dias de hoje.

Quadro 2.2 - História do ensino de engenharia no Brasil - Período Colonial e Imperial

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
Período Colonial	Raízes da escola de engenharia brasileira: preparação de alunos para exercer as funções de artilheiros e fortificadores (engenheiros militares da época).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De 1549 a 1759, o ensino elementar era exclusividade dos jesuítas, que também dirigiam um curso superior nos Cursos de Artes, onde ensinavam Matemática (Geometria Plana, Trigonometria Plana e Esférica, Lógica, Física, entre outras), de interesse da Igreja. ✓ O ensino era incipiente. ✓ Os cursos de artilheiros e fortificadores eram informais. ✓ Não se conhece detalhes fundamentais sobre o curso de artilheiros e fortificadores no que diz respeito a currículo, alunos e professores. ✓ Os que queriam e podiam seguir seus estudos, em função de poucas opções no Brasil, procuravam as Universidades Europeias.
1699	Criação, por carta Régia, da Aula de Fortificação, primeiro curso oficial, mas só passou a funcionar no fim de 1700, por falta de material necessário.	Falta de livros e instrumentos.

(continua)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1738	Criação do 1º curso militar do Rio de Janeiro: Aula do Terço de Artilharia.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Há poucos registros e considerações sobre esse ensino. ✓ Como nas escolas europeias, a matemática não ultrapassava os aspectos mais elementares. ✓ Obras do professor engenheiro José Alpoim, utilizadas no curso: ✓ Exame de Artilheiros (tratado de aritmética, geometria e artilharia), publicada em 1746, em Lisboa, Portugal; ✓ Exame de Bombeiros (apresenta geometria, trigonometria e longimetria), publicado em 1748, em Madri, Espanha.
1774	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Marco inicial da formação de engenheiros militares no Brasil. ✓ É acrescentada à Aula de Regimento de Artilharia a cadeira de Arquitetura Militar. ✓ O curso passa a ter duas finalidades: o preparo de artilheiros e o preparo efetivo de oficiais técnicos em engenharia militar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A matemática ensinada nesses cursos não ultrapassava os limites da matemática elementar, embora Descartes, Newton, Leibniz, entre outros, já tivessem realizado importantes contribuições até esse período. ✓ As obras de Belidor, utilizadas nas escolas da França e de Portugal, foram trazidas para o Brasil, e passam a serem implementadas nas escolas vigentes e, posteriormente, nas que delas derivaram.
1792	A Aula do Regimento de Artilharia passa a denominar-se a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os 3 primeiros anos permitiam a formação de oficial de Infantaria e Cavalaria. ✓ Com mais 2 anos, completando 5 anos de curso, terminava a formação de artilheiro. ✓ Com mais 3 anos, completando 6 anos, para a formação de engenheiro. No 6º ano que se ocupavam de Arquitetura Civil, Materiais de Construção, Estradas, Pontes.
1798	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Início formal da cadeira de Arquitetura Civil, que era a denominação da Engenharia Civil na época. ✓ Manuel Jascinto Nogueira da Gama, Marquês de Baependi, traduz e publica, em Lisboa, obras importantes para as escolas de engenharia do Brasil. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Obra de Carnot: "Reflexões sobre a metafísica do cálculo infinitesimal". ✓ Obra de Lagrange: "Teoria das funções analíticas".

(continuação)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1800 a 1802	Manuel Ferreira de Araújo Guimarães traduz e publica, em Lisboa, obras importantes para as escolas de engenharia do Brasil.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Obra de Lacaille: “Curso elementar e completo de matemática pura”. ✓Obra do Abade Marie: “Explicação da formação das taboas logarítmicas”. ✓Obra de J. J. Cousin: “O tratado elementar de análise matemática”.
1810	Criação da Academia Real Militar.	
1811	Inauguração, com a 1ª aula, da Academia Real Militar, que se tornou, posteriormente, a Escola Nacional de Engenharia.	
1812	Início das aulas da Academia Real Militar (a mais importante para o Brasil).	O Cálculo Diferencial e Integral foi introduzido nos currículos das escolas do Brasil.
1815	Francisco Vilela Barbosa, Marquês de Paranaguá, publica o livro “Elementos de Geometria”.	Obra importante para as escolas de engenharia do Brasil.
1822	Proclamação da Independência do Brasil.	A matemática, até esse momento, era a chave da formação do engenheiro.
1823	<ul style="list-style-type: none"> ✓A Academia Real Militar passou a aceitar civis como estudantes. ✓Fusão da Academia Real Militar e a Academia de Guardas-Marinha. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓Duração do curso: 7 anos. ✓Objetivos do curso: formar engenheiros para fins militares e de construção civil, e formar matemáticos e profissionais das demais áreas das Ciências Físicas e Naturais. ✓O currículo apresentava forte carga de matemática nos 4 primeiros anos do curso. ✓Disciplinas do curso: Aritmética, Álgebra, Geometria, Trigonometria, Desenho, Geometria Analítica, Cálculo Diferencial Integral, Geometria Descritiva, Trigonometria Esférica, Física, entre outras.

(continua)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1823	✓ Criação de outros cursos de engenharia, como Engenheiro de Pontes e Calçadas, e de Engenheiro Geógrafo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O curso estabelecia uma formação matemática dos futuros engenheiros, e pode ser considerado o 1º curso matemático superior do Brasil, embora incorporado à formação do engenheiro. ✓ Os livros e tratados que deveriam ser usados no curso são especificados, na carta de lei, para garantir um nível mínimo de estudos. ✓ Obras adotadas: de Euler, Bezout, Monge, Legendre, Laplace, etc. ✓ Não haviam pessoas suficientemente habilitadas, nem material didático e laboratório para o curso, para atender a legislação. ✓ Os candidatos a admissão na Academia, aos 15 anos, mal sabiam ler e dominar as 4 operações matemáticas. ✓ Poucos se formaram e destinavam-se mais ao ensino do que à engenharia. (Por isso, alguns historiadores não aceitam essa Academia como a origem da engenharia no Brasil.)
1828	Regulamentação da atividade do engenheiro, com a lei de 28 de agosto, de D. Pedro I (TELLES, 1984).	
1839	Extinção dos cursos de Engenheiro de Pontes e Calçadas, e de Engenheiro Geógrafo da Academia Real Militar.	
1842	A disciplina de Engenharia Civil foi implantada no 7º ano do curso.	
1848 a 1858	São apresentadas mais de 20 dissertações de doutorado em Matemática no Brasil.	

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1858	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A Academia Militar passou a denominar-se Escola Central. ✓ Início do Ensino de Engenharia Civil no Brasil. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O curso era dividido em: ✓ Fundamental – de 4 anos, em que se ensinavam Matemática e Ciência Físicas e Naturais; ✓ Suplementar – de 2 anos; era de Engenharia Civil. ✓ Após o curso Fundamental, se o aluno realizasse uma segunda cadeira, de Mineralogia e Geologia, no 5º ano, recebia o grau de bacharel em Ciências Matemática e Físicas. Defendendo tese, o grau de doutor. ✓ O número de estudantes do curso de engenharia era muito pequeno: de 568 alunos, apenas 5 pertenciam ao curso de Engenharia Civil.
1874	Transformação da Escola Central para Escola Politécnica do Rio de Janeiro.	<p>O curso era dividido em:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Curso Geral – de 2 anos; ✓ Cursos Especiais – de 3 anos: Ciências Físicas e Naturais, Ciências Físicas e Matemática, Engenheiro Civil, Engenheiro de Minas, Artes e Manufatura.
1876	Criação da Politécnica de Minas Gerais.	

Fonte: Biembengut (1997, p.43-56).

O quadro 2.3 apresenta os principais fatos históricos do ensino de engenharia no Brasil, do Período Republicano, de 1889 até os dias de hoje.

Quadro 2.3 - História do ensino de engenharia no Brasil – Período Republicano

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1ª República Brasileira ou República Velha (1889 a 1930)	Ocorreram algumas modificações na Escola Politécnica de São Paulo, como a criação do Curso de Engenheiros Arquitetos, com duração de 6 anos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Manteve as características de prática em mecânica, condução de trabalho, contabilidade e agrimensura. ✓O 1º ano do Curso de Engenheiros Arquitetos era chamado de Preliminar, e tinha por objetivo repor aos alunos os conteúdos de nível secundário não aprendidos. ✓Característica germânica na disposição das disciplinas: no diurno, as disciplinas teóricas, no vespertino, as de cunho prático, que abordam projetos, laboratórios e manuais de oficinas. ✓Coordenador do curso: engenheiro suíço Wilhelm Fischer.
1890	Os cursos da Escola Politécnica do Rio de Janeiro foram reorganizados para atender os interesses vigentes.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Os cursos de engenharia tinham um Curso Fundamental, de 2 anos, cujos conteúdos programáticos não são claros, e 2 cursos especiais, de 4 anos: Engenharia Civil e Engenharia Industrial.
1894	Criação da Escola Politécnica de São Paulo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Os cursos eram semelhantes aos da Escola Technische Hochschule, de Karlsruhe (Alemanha), cujo ensino era baseado na prática em ciências aplicadas às artes e indústrias. Isso porque o diretor da Escola Politécnica, Paula Souza, era o engenheiro civil formado por essa escola. ✓Professores: o diretor Paula Souza juntamente com outros seis docentes.
1895	Criação da Engenharia de Pernambuco.	
1896	<ul style="list-style-type: none"> ✓Criação da 1ª escola particular: Engenharia Mackenzie. ✓Criação da Engenharia de Porto Alegre. ✓Criação de cursos de Engenharia de Minas, Engenharia Mecânica e Engenharia Agrônoma na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. 	Duração dos cursos da Escola Politécnica do Rio de Janeiro sofreram diversas modificações: Curso Fundamental para 3 anos e Curso de Engenharia para 3 ou 2 anos.

(continua)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1897	Criação da Politécnica da Bahia.	
1899	Criação, por Paula Souza, da área de Resistência de Materiais, com a fundação do Laboratório de Ensino de Materiais.	Essa criação é precursora da pesquisa tecnológica no Brasil.
Até o final do século XIX	Pouco se fez de significativo nos cursos de engenharia comparado ao que vinha se desenvolvendo na Europa e nos Estados Unidos.	
Década de 30 do século XX	Criação das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras: fim de um período para as escolas de engenharia.	As Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras assumem o ensino das disciplinas básicas do curso, como a Matemática, o que conduziu a modificações estruturais mais adiante: ✓ A matemática ganha espaço para se desenvolver como ciência no ensino de engenharia; ✓ Convergiu para uma separação entre o que se ensina versus o que se utiliza.
1934	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fundação da Universidade de São Paulo – USP. ✓ USP incorpora a Escola Politécnica de São Paulo. ✓ Criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. ✓ O Laboratório de Ensino de Materiais transforma-se no atual Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, entidade autônoma, anexa à USP. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A Epusp entra para a 2ª fase de existência: a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras assume o ensino das disciplinas de Matemática e Física, básicas para a engenharia. ✓ Os cursos de engenharia da Politécnica passam a seguir uma proposta baseada nas ciências puras. ✓ O IPT constituiu-se como um dos principais fatores da modernização da relação ensino e pesquisa em São Paulo. ✓ O IPT possibilitou o desenvolvimento tecnológico da engenharia civil, das indústrias metalúrgicas, química e elétrica do país, a partir da 2ª Guerra Mundial.
1937	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Criação da Universidade do Brasil. ✓ Mudança do nome da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, que passou a se chamar Escola Nacional de Engenharia. 	

(continuação)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1939	Criação da Faculdade de Filosofia, na Universidade do Brasil.	Contratação de grandes mestres estrangeiros com competência técnica e capacidade didática.
1956	Criação da Engenharia Naval na Escola Politécnica da USP.	
1958	Criação da Engenharia de Produção, como opção à Engenharia Mecânica, na Escola Politécnica da USP.	
1961	Criação da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação, que disciplina a educação escolar, inclusive a educação superior no Brasil.	
Década de 60 do século XX	O currículo dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da USP e das escolas de Engenharia do país passa a ser determinado pelo Conselho Nacional de Educação.	<ul style="list-style-type: none"> ✓O currículo dos cursos de engenharia constituía-se de uma parte comum a todas as áreas e de disciplinas de formação básica e de formação geral, oferecidas nos 2 primeiros anos do curso. ✓As disciplinas que compunham o currículo dividiam-se em 3 partes: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Básica</i>: Matemática, Física, Química, etc; - <i>Geral</i>: Português, Filosofia, etc; - <i>Diversificada</i>: de acordo com a área de habilitação: Civil, Eletricidade, Mecânica, Metalúrgica, Minas, Química. ✓Currículo mínimo de matemática: Cálculo Infinitesimal I e II, Cálculo Vetorial e Geometria Analítica, Geometria Descritiva, Cálculo Numérico. ✓Predomina uma forte preparação científica dos alunos de engenharia.
1962	Parecer nº 280/62 do Conselho Federal de Educação.	<p>Estabelece currículo mínimo para os cursos de engenharia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓Cálculo Diferencial Integral I, II, III e IV; ✓Geometria Analítica I e II; ✓Geometria Descritiva I e II; ✓Álgebra Linear (Cálculo Vetorial); ✓Complementos de Matemática; ✓Cálculo Numérico.

(continua)

Período da História	Fato histórico	Característica do ensino
1964	Referenciais Nacionais dos Cursos de Engenharia, Lei 5.194/64 – MEC.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabelece a carga horária mínima dos cursos de graduação, inclusive das engenharias, dita o perfil do egresso, temas abordados na formação, áreas de atuação, infraestrutura recomendada, indica a legislação pertinente, resoluções, pareceres e resoluções dos Conselhos Federais de Engenharia, de acordo com a área de formação.
1968	Implementação da Lei nº 5440, denominada Reforma Universitária.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modificações no sistema universitário: periodicidade semestral, sistema de créditos, a departamentalização, a coordenadoria de cursos, a unidade de ensino, a administração superior centralizada. ✓ Provoca resultados pouco satisfatórios, que refletem nos dias de hoje.
Após 1968	Os cursos de engenharia sofrem algumas alterações, de acordo com as necessidades locais ou de ordem política universitária.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Com relação ao currículo de matemática dos cursos de engenharia, houve apenas troca de nomes das disciplinas e/ou um rearranjo entre conteúdos, dando maior ou menor ênfase em diferentes tópicos e no número de créditos. ✓ O conteúdo desenvolvido na maioria dos cursos ainda é o mesmo contido nos livros de Lacroix, Lagrange, Legendre, Laplace, etc., ou seja, o mesmo praticado pelas escolas politécnicas do início do século XX.
1996	Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) ² , ainda vigente no Brasil.	Disciplina e estabelece a finalidade da educação escolar, inclusive da Educação Superior.

Fonte: Biembengut (1997, p. 43-56).

² LEI Nº 9.394, de 20.12.1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>.

Na sequência, apresenta-se uma abordagem sobre a Educação em Engenharia.

2.2 A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Até a década de 70 do século passado, praticamente não havia publicações na área da Educação em Engenharia. A partir dos anos 80, portanto, há cerca de 4 décadas, nota-se uma crescente preocupação com o ensino de engenharia no mundo, marcada por publicações acadêmicas na área. (QUADRADO³, 2016).

Atualmente existem, em diversos países, entidades interessadas na melhoria do ensino de engenharia, sendo a mais antiga fundada há mais de 100 anos, como pode ser visto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Entidades do mundo relacionadas à Educação em Engenharia

Entidade	País	Ano de fundação
American Society for Engineering Education (ASEE)	Estados Unidos	1893
Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI)	México	1964
Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE)	Brasil	1973
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)	Colômbia	1975
Consejo de Decanos Facultades de Ingeniería (CONFEDI)	Chile	1995
Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI)	Argentina	1998
Asociación Ecuatoriana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería (ASECEI)	Equador	2009

Fonte: ABENGE (2017).

Existem também entidades internacionais, como as citadas na Tabela 2.2.

³ Informação fornecida por José Carlos Lourenço Quadrado, da International Federation of Engineering Education Societies, na palestra “Panorama de pesquisa em educação em engenharia no Brasil e no mundo”, na 2nd Annual International Seminar on Engineering Education, na USP, São Paulo, 10 e 11 de outubro de 2016.

Tabela 2.2 – Entidades internacionais relacionadas à Educação em Engenharia

Entidade Internacional	País da sede	Ano de fundação
International Society for Engineering Pedagogy (IGIP)	Áustria	1972
European Society of Engineering Education (SEFI)	Bélgica	1973
Asociación Iberoamericana de Educación en Ingeniería (ASIBEI)	Espanha	1997
The International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)	Estados Unidos	2006

Fonte: ABENGE (2017).

No Brasil, um marco histórico do crescente interesse pela área do ensino em engenharia é a fundação da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, em 1973, hoje denominada Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), uma entidade de âmbito nacional que tem a missão de produzir mudanças necessárias para melhoria da qualidade do ensino de graduação e pós-graduação em engenharia e tecnologia no Brasil. (ABENGE, 2016; COSTA; NITZKE, 2012).

A ABENGE promove, anualmente, desde a sua fundação, o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). Este congresso é o mais importante fórum de discussão sobre a formação e o exercício profissional em engenharia no Brasil. O COBENGE reúne órgãos oficiais e instituições de ensino ligadas ao setor, além de empresas e profissionais interessados na melhoria e no desenvolvimento da engenharia nacional. O evento também reúne diretores de escolas de engenharia, coordenadores de cursos de engenharias, representantes de conselhos, de entidades, de empresas e de organizações relacionadas à engenharia, além de professores, estudantes, pesquisadores, profissionais e demais interessados na temática do evento. Em 2016, realizou-se XLIV COBENGE, ou seja, já foram realizados 44 congressos nacionais promovidos pela ABENGE até o presente momento. (ABENGE, 2016).

Nas últimas décadas, aceleram-se as mudanças tecnológicas e organizacionais, verificando-se impactos em todos os setores da sociedade. Estas mudanças, com certeza, repercutem na formação e qualificação profissional em engenharia, especialmente no que se refere aos cursos de graduação, que deveriam se adequar aos atuais paradigmas de produção, baseados em conceitos como qualidade,

produtividade e competitividade, entre outros. Porém, os cursos de engenharia ainda têm a mesma estruturação da École Polytechnique, fundada na França, no século XVIII, e que se tornou modelo para a fundação de escolas de engenharia em diversos países, inclusive no Brasil. As escolas de engenharia, em sua maioria, continuam formando profissionais com base em currículos cuja organização dificulta a integração entre as diversas disciplinas. A organização atual dos cursos de engenharia, em termos gerais, decorre de mudanças em relação à formatação dos mesmos na década de 70 do século passado, a qual promove a divisão dos cursos em “básico” e “profissionalizante”, com a explicitação dos mesmos em ciclos distintos. (OLIVEIRA; PINTO, 2006).

É clara a necessidade de uma maior integração entre os ciclos básico e profissional, com o possível fim do monopólio dos institutos básicos na formação inicial. Porém, a integração não se pode restringir a esses dois ciclos: é preciso uma forma de acesso bem estudada. (MELLO; MELLO; FERNANDES, 2001).

É preciso avaliar o currículo e a 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. (GODOY; FARIA, 2011).

Diversos problemas dos cursos de engenharia já foram e continuam sendo diagnosticados pelas pesquisas nacionais e internacionais, conforme registram publicações como: Revista da ABENGE (Associação Brasileira de Ensino de Engenharia), European Journal of Engineering Education, Journal of Engineering Education (American Society for Engineering Education), The International Journal of Engineering Education (Tempus Publications, Hamburg, Germany), Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice (American Society of Civil Engineers). Todos os problemas e soluções que vêm sendo propostos exigem reflexão, pesquisa e tratamento institucional. (OLIVEIRA; PINTO, 2006).

Na USP, muitas pesquisas ligadas à Educação em Engenharia têm sido realizadas na Escola Politécnica, nos últimos anos, com foco na evasão, na reprovação, no ensino, nas tecnologias de ensino, na formação dos alunos, no desenvolvimento de novas competências, no curso, etc. (AZEVEDO, 2014; BRINGHENTI, 1992; 1993; FIORANI, 2015; FIORANI; NAKAO; LOPES, 2011; NAKAO, 2005; NAKAO; GRIMONI; TURBINO, 2009; OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2014;

SANTOS, 2016; SANTOS; OLIVEIRA; GALEAZZO; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2016; YONAMINE, 2012; YONAMINE; NAKAO; MARTINI, 2008; YONAMINE; NAKAO; MARTINI; GRIMONI, 2009). Em 2013, como consequência dessas e outras pesquisas, surge o Grupo de estudos e pesquisas em Educação em Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: o POLI-EDU (POLI-EDU, 2017), cuja área predominante é a Engenharia Elétrica, que é a área relacionada a esta pesquisa de doutorado.

A pesquisa em Educação em Engenharia pode ser dividida em cinco áreas (SILVEIRA; CARMO; PARISE; CAMPOS, 2007):

1. **Epistemologia da engenharia:** área que expõe tanto um problema epistemológico (como se relacionam saberes e habilidades em um conhecimento que se vê como ação sobre o mundo) quanto o problema educacional: desta relação depende o como educar os engenheiros, o aprendizado ativo passando a ser essencial por definição;
2. **Mecanismos de aprendizagem:** área que discute o desenvolvimento de conhecimentos e competências contextualizadas;
3. **Sistemas de aprendizagem:** área que discute o sistema de aprendizado, isto é, a cultura e estrutura institucional e a epistemologia dos professores;
4. **Diversidade e inclusão:** área que discute como a diversidade dos seres humanos pode contribuir para o alcance social das soluções dos problemas de engenharia e como atrair e aproveitar alunos vindos de diferentes culturas, gêneros, etnias e camadas sociais;
5. **Avaliação:** área que discute a pesquisa e o desenvolvimento de métodos e instrumentos de avaliação de maneira a informar a prática da educação em engenharia e o aprendizado. Tanto a avaliação do aprendizado dos alunos individualmente como a avaliação da eficácia das atividades e metodologias pedagógicas e a avaliação da instituição de ensino, para fins de *feedback* corretivo e de certificação.

É possível propor uma sexta área: **História e política da Educação em Engenharia**, que discute as decisões políticas quanto à educação em engenharia, analisando o passado e antevendo o futuro. A pergunta básica dessa área pode ser elaborada da seguinte forma: Por que e como o mundo se transformou (e se transforma) levando à necessidade do desenvolvimento da engenharia atual? Essa

pergunta pode ser quebrada em diversas perguntas que estabelecem um programa de pesquisa: Quais são as tendências tecnológicas, como elas podem mudar o mundo em que vivemos, e qual a engenharia correspondente? Como trabalha o novo engenheiro? Como ele se integra nas novas cadeias de produção, quais as tarefas que executa nas novas distribuições de trabalho nas empresas? (SILVEIRA; CARMO; PARISE; CAMPOS, 2007, p. 9).

Esta tese está inserida na terceira área de pesquisa (sistemas de aprendizagem), pois está relacionada aos conteúdos das disciplinas e à organização da matriz curricular, bem como às práticas pedagógicas, já que as análises foram feitas com base no estudo de modelos de provas, das ementas e dos planos de ensino.

A seguir, apresentam-se os resultados de algumas pesquisas e o ensino em cursos de engenharia.

2.3 PESQUISAS E O ENSINO EM CURSOS DE ENGENHARIA

Nos últimos anos, várias pesquisas foram desenvolvidas acerca da evasão nos cursos de engenharia. Desses trabalhos, muitos quantificaram essa evasão, outros identificaram algumas causas do fracasso escolar refletido pela evasão e retenção. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001).

A evasão estudantil é um problema que afeta as instituições de ensino superior brasileiras, causando desperdícios com reflexos sociais e, quando ocorre nas instituições públicas de ensino, observa-se a perda direta do recurso econômico investido pela sociedade. Quanto às suas causas, as mais recorrentes apontadas pela literatura são as dificuldades financeiras e as inerentes aos próprios cursos.

Uma pesquisa foi realizada na Escola Politécnica da USP visando identificar a origem da evasão na POLI-CIVIL. Os professores apontaram diversas causas, porém foram unânimes ao destacar a imaturidade do aluno e seu desconhecimento com o curso, o mercado de trabalho e as próprias aptidões pessoais como fatores principais. Em sua maioria, os alunos apontaram as dificuldades inerentes ao próprio curso e o excesso de matérias básicas. Nenhum aluno apontou as dificuldades financeiras como um possível fator da evasão. (FIORANI; NAKAO; LOPES, 2011).

Atualmente, há um crescente interesse e preocupação, em muitos países, com relação ao problema do fracasso escolar e a determinação dos principais fatores que contribuem para isso. Uma solução muito promissora para atingir esse objetivo é a

utilização de técnicas de mineração de dados na educação, chamado de “mineração de dados educacionais”, que tem sido usada para criar modelos que preveem, especificamente, a evasão e a reprovação escolar, principalmente para cursos de ensino superior e, mais especificamente, para cursos on-line ou para educação à distância. (MÁRQUEZ-VERA; MORALES; SOTO, 2013).

A previsão de reprovação na escola é uma tarefa difícil já que se trata de um problema multifatorial, em que há a interferência de um grande número de fatores, tais como pessoais, familiares, sociais e econômicos. As técnicas de mineração de dados permitem trabalhar com quantidades de dados muito grandes (milhões e bilhões). Já as estatísticas não costumam funcionar bem com grandes bases de dados. O objetivo do uso de mineração de dados educacionais é detectar, o mais cedo possível, os alunos que apresentam fatores que influenciam na reprovação, a fim de fornecer algum tipo de assistência para tentar evitar e/ou reduzir o problema. (MÁRQUEZ-VERA; MORALES; SOTO, 2013).

Nos anos de 2003 e 2004, três universidades belgas criaram um banco de dados onde cada aluno foi descrito de acordo com uma série de critérios e características, tais como idade, nível de ensino dos pais, a sua percepção do ambiente universitário etc. O objetivo era determinar se seria possível prever, no início do ano letivo, o grupo ao qual um estudante ascende, de modo a proporcionar uma distribuição otimizada dos recursos de ensino para conter o fracasso escolar. Para isso, foram usadas várias árvores de métodos de decisão, redes neurais e uma análise discriminante linear. Para permitir que os alunos necessitados de ajuda fossem identificados e para realizar uma ação específica de reparação, como tutoria por um aluno mais adiantado, tutoria particular por um professor etc., os alunos foram classificados em três grupos, de acordo com a sua probabilidade de sucesso: alunos de “baixo risco” (com alta probabilidade de sucesso); alunos de “médio risco” (que podem ter sucesso se a universidade tomar medidas apropriadas); alunos de “alto risco” (que têm uma alta probabilidade de fracasso ou abandono). Segundo os pesquisadores, o desempenho acadêmico intermediário e final dos alunos é influenciado pela interação dos seguintes fatores (VANDAMME; MESKENS; SUPERBY, 2007):

- 1. Com relação à história pessoal do aluno, os fatores que influenciam significativamente o sucesso na universidade são:** a nota média do aluno

no último ano do ensino secundário (ensino médio); o número de horas de Matemática no último ano do ensino secundário (ensino médio); não ser mais velho do que a média dos alunos; não fumar; não ter que financiar seus próprios estudos; não ter seguido cursos de ciências econômicas ou ciências sociais no ensino secundário (ensino médio).

- 2. Com relação à história pessoal do aluno, os fatores que não foram significativamente relacionados ao sucesso na universidade são:** o sexo do estudante (gênero); o maior nível de escolaridade obtido por seus pais; a ocupação e status dos pais; o número de irmãos (se tem mais ou menos, se possui ensino superior ou não).
- 3. Com relação ao comportamento do aluno, os fatores que influenciam o sucesso acadêmico são:** o número de horas de aula que o aluno pretende frequentar; o entendimento que o curso requer lição de casa regular; a compreensão completa do material de estudo e não se empenhar somente sobre aspectos que lhe interessa.
- 4. Com relação ao comportamento do aluno, os fatores que não estão fortemente relacionados ao sucesso acadêmico estão relacionados a variáveis relacionadas às atividades extracurriculares dos alunos:** passar o tempo buscando passatempos ou com suas famílias; passar por cerimônias de iniciação; participar de atividades organizadas por estudantes.
- 5. Com relação à percepção dos alunos, os parâmetros são mais subjetivos do que tangíveis. Algumas variáveis nesta categoria também foram altamente significativas para o sucesso do aluno:** a confiança do aluno em suas próprias habilidades; quanto maior o estudante avalia suas próprias chances de sucesso, maior a probabilidade de que ele realmente consiga o sucesso; o aluno sentir que escolheu bem ter se matriculado na universidade.

As variáveis que se relacionam com a percepção dos alunos do seu ambiente acadêmico (percepção do contexto acadêmico) não explicam o sucesso ou o fracasso acadêmico. (VANDAMME; MESKENS; SUPERBY, 2007).

A partir de 2000, foi realizado um amplo estudo, na Escola de Minas, sobre as causas da evasão e da retenção em seus cursos de engenharia. Os resultados traçaram o comportamento da evasão, analisando a trajetória de todos os estudantes que ingressaram na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), no

período compreendido entre o primeiro semestre de 1996 e o segundo de 1999. Também foram analisadas as relações existentes entre o desempenho dos estudantes no vestibular nas matérias Matemática, Física e Química e o desempenho dos alunos nessas mesmas matérias no Ciclo Básico desses cursos. O estudo pretendia ainda mostrar que o alto custo de um estudante para as Instituições de Ensino Superior Públicas favorece maior investimento no Ciclo Básico, tendo em vista a diminuição no índice de evasão e retenção. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001).

O fracasso escolar de alunos de cursos de Engenharia pode ser identificado pelas retenções e evasões, e pesquisas mostram que o problema é mais grave no Ciclo Básico, etapa do curso em que os estudantes se dedicam quase que exclusivamente ao estudo das disciplinas de formação básica oferecidas.

Através da investigação da trajetória acadêmica de quase 1000 estudantes que ingressaram na Instituição no período de 1996 e 1999, foi constatado que 31% dos estudantes haviam evadido; 51% estavam retidos e apenas 18% ainda não haviam perdido nenhuma disciplina do seu curso.

Naquela ocasião, foi diagnosticado também que o fracasso escolar manifestado pela evasão e pela retenção manifestava-se de forma diferenciada nos cursos examinados, podendo-se concluir que tanto a evasão quanto a retenção caracterizaram-se como fenômenos preocupantes.

Com relação às reprovações, observou-se que é no Ciclo Básico – onde há o maior número de estudantes, visto que muitos não atingem o ciclo profissional – que se registram os mais agudos índices de perda. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001, p. 84).

Os estudantes não devem ser exclusivamente responsabilizados pelo fracasso nos cursos de Engenharia. Muitos devem ser os fatores relacionados a esse problema. Portanto, as Instituições de Ensino Superior precisam caracterizar o desempenho de seus alunos, em especial no Ciclo Básico, e criar mecanismos e/ou políticas institucionais que, se não solucionarem, ao menos diminuam os problemas de reprovação e evasão nos cursos de engenharia.

Verifica-se que o mínimo dos conhecimentos apontados pelos estudantes egressos da educação básica é de fato mínimo. Como a Universidade admite este estudante, consciente de suas reais potencialidades, ou falta

delas, não justifica, do ponto de vista dos autores, que este mesmo estudante seja exclusivamente responsabilizado por seu eventual fracasso – retenção, reprovação e evasão – e a Instituição precisa criar mecanismos ou políticas institucionais que venham minimizar este fracasso que é de toda Universidade. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001, p. 89).

Muitos dos problemas que aparecem na transição do ensino secundário para o ensino superior estão relacionados a uma nova apresentação do curso de matemática, a novas formas de pensar no nível superior e também estão relacionados à falta de ferramentas adequadas para a aprendizagem matemática. (JUKIC, 2010).

Das disciplinas da área da matemática do Ciclo Básico dos cursos de engenharia, uma das que provocam maiores índices de retenção ou reprovação é o Cálculo Diferencial e Integral, que acaba sendo uma das causas da evasão. (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001).

Diversas pesquisas nas áreas da Educação e da Educação Matemática, no Brasil e no mundo, mostram que as dificuldades na disciplina de Cálculo são comuns em alunos ingressantes de cursos superiores (BARUFI, 1999; BIEMBENGUT, 1997; BRINGHENTE, 1992; FIORANI, 2015; GARZELLA, 2013; JESUS; LUCAS; MAPA, 2010; OLIVEIRA; OLIVEIRA; RAMIREZ-FERNANDES, 2014; RAFAEL; ARAÚJO; BARBOSA, 2015).

Uma das razões para os problemas dos alunos universitários em cursos de Cálculo reside na forma como é realizada a abordagem no seu ensino. As universidades exigem uma abordagem mais formal, tanto conceitualmente como tecnicamente, fazendo com que a transição do ensino médio ao universitário seja difícil. (BRÜCKER; JUKIC, 2010).

Uma pesquisa com cerca de 300 estudantes de engenharia mostrou que grande porcentagem dos estudantes tem problemas com habilidades matemáticas essenciais, e que isso pode levar a dificuldades de compreensão de vários conteúdos, tanto na matemática como em assuntos relacionados. (CARR; MURPHY; FHLOINN, 2011).

O maior preditor de conclusão do primeiro ano de um estudante de engenharia é o seu nível de matemática de entrada na universidade. Uma parcela significativa de estudantes de engenharia confessou ter se surpreendido com o conteúdo matemático de um programa de engenharia, e sentiram-se completamente

despreparados para o nível da matemática que estavam estudando. (FHLOINN; CARR, 2010).

Há uma necessidade urgente de que os alunos aprendam e entendam como usar a matemática em física e engenharia. Em particular, os estudantes de engenharia devem ser capazes de expressar ideias que surgem em física e engenharia em termos matemáticos e usar suas habilidades na resolução de problemas. Para garantir o ensino uniforme em grandes instituições de ensino, como a Universidade do Estado de Ohio, que é a segunda maior instituição dos Estados Unidos, o currículo de física e matemática é determinado pela escolha de livros didáticos. O Departamento de Matemática ensina cerca de 15 mil estudantes por ano, dos quais cerca de 70% são estudantes de engenharia, e o Departamento de Física ensina cerca de 4000 alunos por ano, dos quais cerca de 75% são estudantes de engenharia. Muitos desses estudantes de engenharia estão matriculados nos cursos de primeiro ano básicos de física e matemática. O programa de ensino é padronizado e criado em paralelo aos temas abordados nos livros didáticos e, muitas vezes, na ordem em que são apresentados. Os livros têm um conteúdo genérico, com estilos de apresentação semelhantes, como ilustrações gráficas coloridas, caixa de texto para destacar definições ou declarações específicas. O material é dividido em partes ou capítulos que abrangem temas gerais, que são subdivididos em seções, as quais apresentam o material em sequências, reunindo as habilidades quantitativas e conceitos necessários para uma descrição geral sobre o tema. A intenção é fornecer ao professor um livro flexível o suficiente para suportar e atender uma ampla gama de programas de estudo e de estilos de ensino. Os capítulos dos livros são escritos de forma independentes dos tópicos anteriores, tanto quanto possível, para adequar às diferentes combinações de tópicos das diferentes instituições. Assim, as conexões entre os temas são minimizadas. O aluno, em consequência, é estimulado a aprender os diversos temas como partes separadas, reconhecendo padrões, imitando e memorizando. Há, portanto, uma compartimentalização do conhecimento. Portanto, deve haver um investimento contínuo em novos currículos no ensino de engenharia por parte dos matemáticos, físicos, engenheiros e outros cientistas. (BAKER, 2011).

O ensino do Cálculo está muito calcado nas explanações do professor, nos exercícios padronizados, na preocupação com o cumprimento de cronogramas. É necessário que o aluno tenha uma compreensão do significado dos conceitos

estudados e tenha despertada sua curiosidade para as possibilidades de utilização dos mesmos. (CURY, 2000).

Apesar do ensino do Cálculo se basear muito nas explicações do professor, ou seja, nas aulas expositivas, palestras têm sido criticadas como método de ensino, mas continuam a ser componente padrão na maioria dos cursos de matemática da universidade. Há evidências de que palestras podem ser eficazes na comunicação, na modelagem do raciocínio e na motivação dos alunos. (PRITCHARD, 2010).

Existem vários estilos de aprendizagem de alunos de Engenharia. Conhecer esses estilos é importante para adequar o ensino às necessidades dos estudantes. Uma classificação dos estudantes pode ser feita em cinco dimensões: ativo/reflexivo, sensorial/intuitivo, visual/verbal, intuitivo/dedutivo, sequencial/global. A descrição de algumas características dos alunos, conforme as cinco dimensões, podem ser vistas a seguir (CURY, 2000):

- 1. Dimensão ativo/reflexivo:** Os estudantes ativos preferem aprender agindo sobre algo, testando, aplicando, manipulando, discutindo ou explicando o conteúdo para os outros; preferem trabalhar em grupo. Os alunos reflexivos preferem aprender pensando sobre algo, processando introspectivamente as informações antes de fazer algo com elas; preferem trabalhar sozinhos.
- 2. Dimensão sensorial/intuitivo:** Os aprendizes sensoriais preferem o que vêm através dos sentidos, as informações práticas, concretas, os fatos, as observações; são metódicos; preferem resolver os problemas através de testagens. Os estudantes intuitivos aprendem através da reflexão e da imaginação; apreciam as inovações, não se preocupam com a complexidade do assunto, gostam de descobrir as possibilidades e as relações entre os conteúdos; não se preocupam com os detalhes.
- 3. Dimensão visual/verbal:** Os alunos visuais privilegiam as informações que vêm por imagens, diagramas, gráficos, esquemas, demonstrações de experiências. Os estudantes verbais captam o que é falado, o que está escrito, as fórmulas que estão arroladas.
- 4. Dimensão indutivo/dedutivo:** Os aprendizes indutivos preferem ver primeiramente os casos específicos (as observações, os resultados de experiências, os exemplos gráficos ou numéricos) para depois chegar à

compreensão dos princípios e teorias. Os estudantes dedutivos preferem ter primeiramente a visão geral da teoria para depois deduzir as suas aplicações para os casos específicos.

5. Dimensão sequencial/global: Os alunos sequenciais aprendem passo a passo, obtendo a informação de forma sequencial e lógica; são capazes de resolver problemas ainda que não tenham uma compreensão global do assunto que está sendo estudado; suas soluções são ordenadas e fáceis de entender. Os estudantes globais são holísticos e precisam ver como o conteúdo apresentado se relaciona com suas aprendizagens anteriores; são capazes de resolver rapidamente problemas complexos quando compreendem o todo, mas têm dificuldades em explicar as sequências de passos de seus raciocínios.

O que se tem visto no ensino de engenharia, e em particular, no ensino da Matemática, são professores que enfatizam um estilo de ensinar, o que privilegia uma dimensão de um modelo de aprendizagem. Há um descompasso entre os estilos de ensinar e aprender, o que deve causar alguns dos problemas de ensino e aprendizagem. (CURY, 2000).

Atualmente, a pesquisa educativa relacionada com a matemática reconhece que a problemática assume tonalidades muito particulares que consideram aspectos cognitivos (como se aprende), didáticos (como se ensina) e epistemológicos (como se concebe o saber a ensinar e aprender). Isto se situa no ambiente social que demarca a interação entre o conteúdo matemático, os estudantes e o professor (onde se ensina e aprende). Não basta ter “boa vontade” para interferir de maneira eficaz no sistema didático para melhorar a aprendizagem da matemática. É necessário o compromisso de aprofundar o conhecimento da problemática e fazer da prática docente cotidiana um espaço de reflexão sobre o saber adquirido. É importante questionar tanto sobre o conteúdo de Cálculo como sobre a forma como o conteúdo está estruturado e como é ensinado. (SALINAS;ALANIS, 2009).

O que se percebe é que quando os alunos dos cursos de engenharia precisam aplicar os conhecimentos adquiridos em situações-problema reais, ao final dos semestres, eles demonstram uma dificuldade geral em confrontar as ferramentas matemáticas com os conceitos da engenharia, evidenciando um aprendizado

superficial do Cálculo, traduzido por uma enorme taxa de reprovação. (MURTA; MÁXIMO, 2004).

As dificuldades dos estudantes de engenharia na aplicação dos conhecimentos de Cálculo indicam que os conteúdos dessa disciplina precisam se adequar à realidade dos alunos.

O que se pode perceber é que o insucesso dos alunos está fortemente relacionado com a não adequação dos conteúdos que compõe os programas das disciplinas de Cálculo à realidade dos estudantes e às necessidades do sistema social, cultural e econômico, com uma metodologia que, em geral, prioriza operações, técnicas e repetição de algoritmos, entre outros fatores. (ALMEIDA; FATORI; SOUZA, 2007, p. 3).

Os livros didáticos de Cálculo utilizados nas universidades brasileiras, de um modo geral, também não favorecem o desenvolvimento e a aprendizagem dos alunos, pelo fato de cada capítulo iniciar com definições, seguidas de teoremas ou propriedades, depois apresentar exemplos de exercícios, e ao final de cada capítulo, apresentar algumas aplicações relacionadas ao tema abordado, o que faz com que os alunos já saibam, de antemão, a que conceito devem recorrer. Sendo assim, os conteúdos são apresentados como um saber já construído, sem lugar para a intuição, a experimentação ou a descoberta por parte dos alunos. (ALMEIDA; FATORI; SOUZA, 2007).

As seguintes práticas podem contribuir para o insucesso do ensino do Cálculo (MURTA; MÁXIMO, 2004):

1. Os professores não enfatizam a aplicabilidade dos conteúdos estudados, tanto para o curso de graduação quanto para a futura vida profissional dos estudantes, ou seja, há uma desconexão entre o que é estudado e a realidade dos alunos.
2. O Cálculo é tratado de forma desconexa às outras disciplinas do curso, sem contextualização, o que torna o aprendizado cansativo e sem propósitos para os estudantes.
3. Os livros utilizados estão fora da realidade do engenheiro brasileiro. Os livros didáticos utilizados no ensino de Cálculo são considerados desestimulantes e alienados pelos estudantes, isso porque não apresentam aplicações na área da engenharia. Além disso, apresentam exemplos mais adequados aos

alunos norte-americanos. Essa opinião parece não ser compartilhada pelos professores de Cálculo, pois segundo a pesquisa realizada pelos autores, os docentes consideram os livros didaticamente adequados.

Outros aspectos comprometem a qualidade dos cursos de Cálculo. (MURTA; MÁXIMO, 2004):

1. A maioria dos professores de Cálculo possui formação em Matemática Pura. A argumentação é que o ensino dessa disciplina em cursos de engenharia deveria ser ministrado por professores que possuíssem conhecimentos específicos de matemática e conhecimento de problemas e questões comumente tratados pela engenharia.
2. Os professores de Cálculo são conservadores e tradicionais. Repetem em sala de aula os pressupostos mecanicistas e convencionais que aprenderam em sua própria formação acadêmica.
3. A superlotação das turmas de Cálculo, com uma média de 50 alunos por sala. Esse fato dificulta muito o trabalho do professor, em especial nos laboratórios de computação, uma vez que o número de microcomputadores disponíveis nem sempre é suficiente para a realização de um bom trabalho.

O que se vê, portanto, é que as dificuldades no ensino e aprendizagem do Cálculo continuam preocupando os educadores. Com relação à aprendizagem do Cálculo, é bom lembrar que são necessários conhecimentos básicos de Matemática e apesar dos esforços para facilitar o entendimento, nenhuma fórmula mágica foi encontrada até hoje. (MACHADO, 2002).

Apresentam-se, a seguir, algumas propostas de soluções para os problemas dos cursos de engenharia.

2.4 ALGUMAS PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Embora a problemática no âmbito do ensino de Cálculo seja amplamente discutida, as soluções ou recomendações estão longe de serem consensuais.

Instituições de Ensino Superior vêm tentando várias ações e medidas, com base em pesquisas ou não, na tentativa de solucionar ou minimizar os diversos problemas que se apresentam nos cursos de engenharia, em especial no Ciclo Básico, e que afetam a eficiência de seus estudantes.

Na tentativa de minimizar problemas dos cursos de engenharia, algumas medidas institucionais foram adotadas pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) visando soluções, como a implementação de reformas curriculares, a implantação em alguns cursos de orientação acadêmica/tutoria na graduação, incentivo ao desenvolvimento de pesquisas e estudos voltados para o ensino, entre outras. Visando minimizar os problemas de retenção, reprovação e evasão nos cursos de engenharia, pesquisadores apresentam as seguintes sugestões (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001):

1. Incentivar pesquisas que possam conhecer/diagnosticar o fluxo dos estudantes em seus diversos cursos de graduação;
2. Converter os programas do vestibular em objeto de debate na comunidade universitária, envolvendo principalmente os professores do Ciclo Básico, que serão os primeiros responsáveis pela passagem do classificado/convocado na universidade;
3. Apoiar de forma mais incisiva programas de monitoria e afins para as disciplinas do Ciclo Básico;
4. Fortalecer a orientação acadêmica nos cursos em que ela existe e implantá-la onde ainda não funciona;
5. Estimular o debate entre colegiados de cursos, Ciclo Básico e ciclo profissional, visando superar a cisão percebida na prática;
6. Desafiar todos os docentes da Instituição de Ensino Superior (IES) a assumir como atores fundamentais na construção/condução dos projetos políticos pedagógicos dos cursos em que estão envolvidos.

Com o objetivo de levantar alguns aspectos relevantes para amenizar os problemas relativos ao insucesso dos alunos em Cálculo, em cursos superiores, foram feitas as seguintes reflexões (ALMEIDA; FATORI; SOUZA, 2007):

1. As transformações observadas na sociedade requerem adequações com relação às práticas de professores e às mudanças curriculares.
2. Desenvolver atividades que “tem sentido” para os alunos, trabalhar com problematizações e desenvolver, no âmbito da sala de aula, atividades que incitem os alunos a mobilizarem o conhecimento, são fatores importantes para a aprendizagem da disciplina de Cálculo.
3. A modelagem matemática é uma alternativa de ensino e aprendizagem que pode ser utilizada para diminuir os problemas que se percebem em relação a essa disciplina.
4. A modelagem matemática oportuniza ao aluno a atribuição de sentido e a compreensão de conceitos matemáticos, viabiliza a interação entre a matemática escolar e a realidade, proporciona a utilização de ferramentas computacionais nas aulas de Cálculo e estimula os trabalhos em grupo, aspectos que são relevantes para as aulas de Cálculo.

Ainda para a melhoria do ensino de Cálculo, é importante (MURTA; MÁXIMO, 2004):

1. A capacitação docente. Para isso, a Universidade deve investir na formação continuada e na requalificação de seus professores.
2. Mudança de postura do professor de Cálculo no sentido de abandonar o ensino tradicionalista e mecanicista, e se dispor a adotar recursos tecnológicos e novas metodologias em suas aulas, que oportunizem um aprendizado real e consistente em Cálculo, e que traga o ensino dessa disciplina para o campo de interesses do engenheiro moderno, contextualizando-o com a realidade.

A seguir, apresenta-se alguns resultados de publicações da autora deste trabalho.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA

Da revisão bibliográfica, destaca-se que, inicialmente, os cursos de engenharia eram informais e sem rigor, porém a matemática sempre esteve presente no currículo.

Nos primeiros cursos, a matemática era básica, com aplicações a diversos problemas físicos. A geometria, a álgebra e a trigonometria já faziam parte dos conteúdos dos cursos, sempre visando suprir as necessidades mais emergentes.

Até a proclamação da independência do Brasil, em 1822, a matemática era a chave da formação do engenheiro, de tal forma, que o curso da Academia Real Militar do Rio de Janeiro é considerado o 1º curso de matemática superior do país por alguns autores.

Hoje, muitos docentes e pesquisadores reclamam da falta de base dos estudantes dos cursos de engenharia. Porém, isso já ocorria no século XIX, pois os candidatos a admissão, aos 15 anos, nos cursos da Academia Real Militar, mal sabiam ler e dominar as 4 operações.

Desde 1858, na Escola Central (Antiga Academia Militar), os cursos já eram divididos em Fundamental e Suplementar, sendo que no primeiro, ensinava-se matemática e ciências físicas, e o número de estudantes que se formavam era muito pequeno em relação ao número de ingressantes, o que sugere que os cursos eram muito difíceis e que havia problemas de evasão.

Quando a Escola Central se transformou na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em 1874, o curso era dividido em curso geral e cursos especiais.

Na época da Primeira República Brasileira ou República Velha (1889 a 1930), o 1º ano do curso da Escola Politécnica de São Paulo era chamado de Preliminar e tinha por objetivo repor os conteúdos do nível secundário não aprendidos pelos alunos. Nessa época, os cursos da Escola Politécnica do Rio de Janeiro tinham um Curso Fundamental de 2 anos e, posteriormente, de 3 anos. Hoje não se tem o curso Preliminar ou o Curso Fundamental, mas o Ciclo Básico, que compreende os 2 primeiros anos dos cursos, momento em que muitas Instituições de Ensino Superior oferecem aos estudantes ingressantes, os chamados “cursos de nivelamento” e tutorias, para tentar melhorar o desempenho dos alunos.

Um marco importante nos cursos de engenharia para o país ocorreu em 1934, quando houve a fundação da Universidade de São Paulo, com a incorporação da Escola Politécnica de São Paulo e a criação das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras. Essas últimas assumiram o ensino das disciplinas básicas do curso, como as disciplinas de matemática. A partir daí a matemática ganha espaço para se desenvolver como ciência no ensino de engenharia, o que convergiu para uma separação entre o que se ensina e o que se utiliza. Isso foi tão marcante, que parece ter impactado fortemente na estrutura dos cursos de engenharia até os dias de hoje: os cursos de engenharia da Epusp passam a seguir uma proposta baseada nas

ciências puras e os docentes passam a ser os matemáticos puros que, em geral, não possuem conhecimentos de engenharia.

Nos anos 60 do século passado (século XX), o currículo dos cursos de engenharia do país passa a ser determinado pelo Conselho Nacional de Educação, separando o currículo em uma parte comum a todas as áreas e de disciplinas de formação básica e de formação geral, oferecidas nos 2 primeiros anos do curso, estabelecendo um grande número de disciplinas de matemática nos cursos, como Cálculo I, II, III e IV, Álgebra Linear, Cálculo Vetorial, Cálculo Numérico etc.

Após esse período, não houveram grandes mudanças no currículo dos cursos de engenharia com relação às disciplinas de matemática, ou seja, os conteúdos desenvolvidos até hoje são praticamente os mesmos das escolas politécnicas do início do século XX, e muito próximos dos conteúdos das Escolas Militares do século XIX.

Um fato importante a se destacar, após os anos 60 do século XX, para os cursos de engenharia do Brasil, é a fundação da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), em 1973, promovendo a pesquisa e o diálogo entre engenheiros, docentes e Instituições de Ensino Superior, o que pode promover um grande avanço para a área do ensino em engenharia nesse país.

Na USP, a criação do Grupo de estudos e pesquisas em Educação em Engenharia (POLI-EDU), em 2013, é um fato de grande relevância, que tem motivado o desenvolvimento de diversas pesquisas na Epusp, inclusive este trabalho.

As pesquisas na área da Educação em Engenharia, em geral, vêm apontando diversos problemas e propostas de soluções para os cursos de engenharia. Entre os problemas, aparecem a reprovação e a evasão, e entre as soluções, que não são definitivas e únicas, está o incentivo às pesquisas que possibilitem conhecer melhor as relações entre as disciplinas dos cursos, com vistas a provocar o debate entre docentes do ciclo básico e do ciclo profissionalizante, o que pretende-se também com este trabalho.

A seguir, serão apresentadas algumas considerações sobre a Epusp e a estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos.

3 A ESCOLA POLITÉCNICA DA USP E A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Em 24 de agosto de 1893 foi aprovado o regulamento que organiza a “Escola Polytechnica de São Paulo”. (ESTADOS UNIDOS DO BRAZIL, 1893). Em 1894 foi iniciado o primeiro ano letivo, sendo oferecidos quatro cursos: Engenharia Civil, Industrial, Agrícola e curso anexo de Artes Mecânicas. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014).

A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo surgiu num momento fundamental da vida de São Paulo. Foi um dos pilares de implantação da indústria e, mais tarde, propulsora do processo de modernização tecnológica, intervindo diretamente na vida econômica do Estado e contribuindo para transformá-lo no principal centro econômico do País. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014, p. 4).

A Escola Politécnica foi incorporada à USP em 25 de janeiro de 1934, quando foi criada a Universidade de São Paulo. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2014).

Até 1991, não havia uma padronização das estruturas curriculares dos diferentes cursos da Epusp. Nesse ano foi criada a Estrutura Curricular 1 (EC-1), e em 1999, foi implementada a Estrutura Curricular 2 (EC-2). Tanto a EC-1, quanto a EC-2, foram grandes revoluções para a Escola Politécnica.

A partir de 2010, a POLI começou um projeto de reforma da sua Estrutura Curricular, a chamada EC-3, que foi aprovada em 2013 e em vigência a partir de 2014. (CENTRO ACADÊMICO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013).

Portanto, a estrutura vigente dos cursos de Engenharia, no período de 2000 a 2010, é a EC-2, implantada na reforma de 1999, é a que interessa nesta pesquisa.

Com essa estrutura curricular, EC-2, o aluno ingressava, pelo vestibular, na carreira de Engenharia. No final do primeiro ano, em função das notas do vestibular e das disciplinas cursadas no primeiro ano, o aluno escolhia uma grande área: Civil, Mecânica, Química ou Elétrica. No final do segundo ano, em função das notas das disciplinas do primeiro e segundo ano, o aluno escolhia uma habilitação, uma sub-habilitação ou uma ênfase. Embora acabem se dividindo em 17 grupos finais de

Engenharia, os diplomas concedidos pela Epusp são de engenheiro civil, engenheiro ambiental, engenheiro de computação, engenheiro eletricitista, engenheiro mecânico, engenheiro naval, engenheiro metalúrgico, engenheiro de minas, engenheiro de petróleo, engenheiro de materiais, engenheiro químico, engenheiro de produção. (NAKAO, 2005).

Quais seriam as fragilidades e as qualidades dos cursos de Engenharia da USP no período de vigência da Estrutura Curricular C-2?

As principais **fragilidades dos cursos da EPUSP**, apontadas por uma pesquisa (BRINGHENTI, 1995) são:

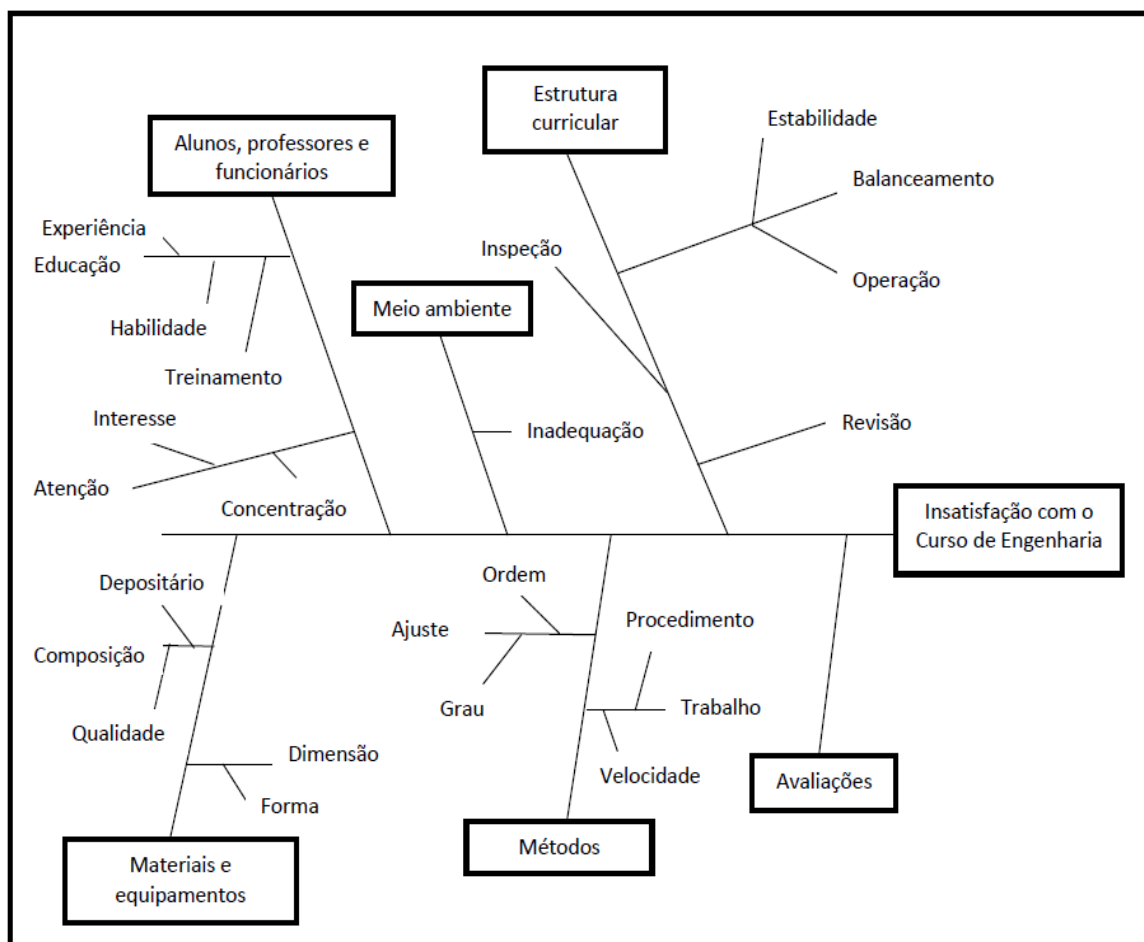
1. Professores (muito acadêmicos, pouco acessíveis fora da classe, desmotivados);
2. Parte prática (pouca, desvinculada da teoria);
3. Falta de didática dos professores (sobretudo no Ciclo Básico);
4. Parte teórica (em demasia, desvinculada da prática);
5. Disciplinas (sem utilidade, estanques, ausência de optativas, falta de profissionalizantes desde o início);
6. Carga horária (excessiva);
7. Ciclo Básico (excessivamente exigente, desligado do profissionalizante);
8. Formação em humanidades (faltou);
9. Laboratórios (defasados, aulas corridas);
10. Formação em administração (faltou);
11. Distanciamento da realidade do mercado;
12. Intercâmbio com empresas (faltou);
13. Avaliação (exigência excessiva, critérios discutíveis);
14. Estágios (não facilitados);
15. Relacionamento humano (não preparou para) e relacionamento professor-aluno (distante);
16. Orientação (faltou, para ser bem sucedido no curso e na carreira);
17. Atualização (curso desatualizado);
18. Falta de integração (entre as matérias, entre os alunos, entre os alunos e professores);
19. Currículo (sem integração);
20. Formação em informática (pouca).

As **qualidades dos cursos da EPUSP**, apontadas pela pesquisa (BRINGHENTI, 1995) são:

1. Professores;
2. Desenvolvimento de raciocínio;
3. Formação teórica;
4. Nível de exigência elevado;
5. Desenvolvimento de capacidade de “se virar sozinho”;
6. Formação básica;
7. Alunos (nível, relacionamento);
8. Abrangência da formação;
9. Desenvolvimento da capacidade de resolver problemas;
10. Nível do curso, da formação;
11. Formação generalista, eclética;
12. Formação técnica;
13. Renome da escola;
14. Visão desenvolvida (de engenharia, racional, sistêmica);
15. Matérias;
16. Currículo;
17. Laboratórios.

Numa pesquisa em que se buscou o aprimoramento de um curso de Engenharia, foi levantado o maior número de causas secundárias, a partir das primárias, que estivessem conduzindo para a insatisfação do aluno. O resultado desse levantamento foi apresentado num diagrama de causa e efeito, que é uma ferramenta utilizada para investigar as causas prováveis de um problema de qualidade de uma indústria e que foi adaptado aos problemas num curso de Engenharia (NAKAO, 2005, p. 332) pode ser visto no Diagrama 3.1.

Diagrama 3.1 – Diagrama de causa e efeito aplicado ao curso de engenharia



Fonte: Reproduzido de Nakao (2005, p. 332).

Relativamente ao diagrama de causa e efeito, segue comentários do pesquisador (NAKAO, 2005, p. 333):

1. Com relação ao pessoal, verificou-se que estão ausentes o interesse, a concentração e a atenção de uma parcela de alunos, dos funcionários e dos professores. Podem também ser corrigidos tanto a falta de experiência e de habilidades como a falta de treinamento e de preparação. Muitos alunos e professores poderiam corrigir seus pontos falhos com disposição para mudanças e atitudes.
2. Quanto aos materiais e equipamentos detectou-se a necessidade da atualização de apostilas e textos disponibilizados, bem como a confecção de outros materiais de consultas virtuais. Os alunos se queixaram do exagero da utilização de projetores multimídia em algumas disciplinas. A composição deve ter qualidade e o depositário (um *site* ou uma prestadora de serviços de cópias) deve ser de

confiança e priorizar a constante manutenção. As provas aplicadas, as listas de exercícios, de frequências e de notas devem ser disponibilizadas por cada professor junto às Bibliotecas.

3. Quanto à estrutura curricular vigente, as inspeções e as revisões devem ocorrer sem comprometer a estabilidade. O balanceamento deve ser feito acima dos interesses dos Departamentos. A missão da Escola deve ser entendida por todos. A sua operacionalização exige comissões e coordenações ágeis e atuantes.
4. Os métodos e as políticas devem ser implementados colocando ordem e ajustando-se às necessidades detectadas. A queixa recorrente é com relação à velocidade e à falta de planejamento de procedimentos.
5. Com relação ao meio ambiente, os planos diretores carecem de um apoio maior da Diretoria, seja na forma de uma equipe permanente de projetos, seja na forma de execução do que já foi projetado.
6. As avaliações dos alunos, professores, dos Departamentos e da Escola devem ser coordenadas e gerar a retroalimentação do processo.

Em 2003, ao completar 110 anos, a Escola Politécnica da USP encontrava-se engajada num projeto batizado de Poli 2015 com o propósito de se organizar para continuar a exercer um papel importante na sociedade. Estabeleceu-se um plano diretor com vistas à construção de um ambiente adequado para receber as novas tecnologias e as novas metodologias do processo de ensino e aprendizagem. (NAKAO, 2005).

O projeto Poli 2015 estabeleceu algumas diretrizes:

A Poli 2015 será referência nacional e internacional em ensino, pesquisa e extensão universitária. Estará comprometida com o desenvolvimento sustentável nas dimensões social, econômica e ambiental. Terá administração flexível e integrada. O engenheiro da Poli 2015 terá formação abrangente, tanto sistêmica quanto analítica, fundamentada em sólidos conhecimentos das ciências básicas para a Engenharia, com a atitude de sempre aprender. Será competente no relacionamento humano e na comunicação. Terá postura ética e comprometimento cultural e social com o Brasil. (EPUSP, 2005, apud NAKAO, 2005, p. 22).

O Ciclo Básico é a parte do curso da POLI que registrava o maior número de queixas num levantamento publicado em 1993. O Ciclo Básico é como são conhecidos os dois primeiros anos do curso de Engenharia da Epusp. (NAKAO, 2005).

No período de 1993 a 2005, doze anos que constituem o foco de um estudo, houve uma evolução na gestão da escola, nas facilidades oferecidas ao aluno e ao professor, nas metodologias de ensino e aprendizagem e nas avaliações. Ocorreram cursos de atualização para docentes, seminários de valorização do ensino de graduação, workshops de apresentação de linhas de pesquisa. (NAKAO, 2005).

De 2000 a 2010, período que constitui esta pesquisa, ainda estava em curso a Estrutura Curricular 2 (EC-2) e o projeto Poli 2015.

De acordo com a EC-2, os cursos de Engenharia da Epusp têm duração ideal de 10 semestres, mínimo de 8 e, no máximo, 18. O aluno deveria cursar as disciplinas obrigatórias e ao menos 6 disciplinas optativas, sendo uma entre as optativas de projeto, pelo menos três entre as outras optativas do Departamento, e completando o conjunto cursando disciplinas livres, oferecidas por qualquer Departamento ou Unidade da USP. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013).

A estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos, da Epusp (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013) pode ser vista no Anexo A. Ela contém as disciplinas obrigatórias do curso. Portanto, nela não aparecem as disciplinas optativas (eletivas e livres), nem as disciplinas oferecidas por outros cursos (em outros Departamentos ou Unidades da USP).

As disciplinas selecionadas para esta pesquisa podem ser vistas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Disciplinas selecionadas para a pesquisa

Disciplina	Semestre
MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	1º
MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I	1º
MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II	2º
MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II	2º
MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III	3º
PSI2211 - Circuitos Elétricos I	3º
MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV	4º
PSI2212 - Circuitos Elétricos II	4º

Fonte: Autor (2017).

Feitas as considerações sobre a Epusp e a Estrutura Curricular EC-2, vigente no período da pesquisa, são apresentados, no Capítulo seguinte, os resultados e discussão deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

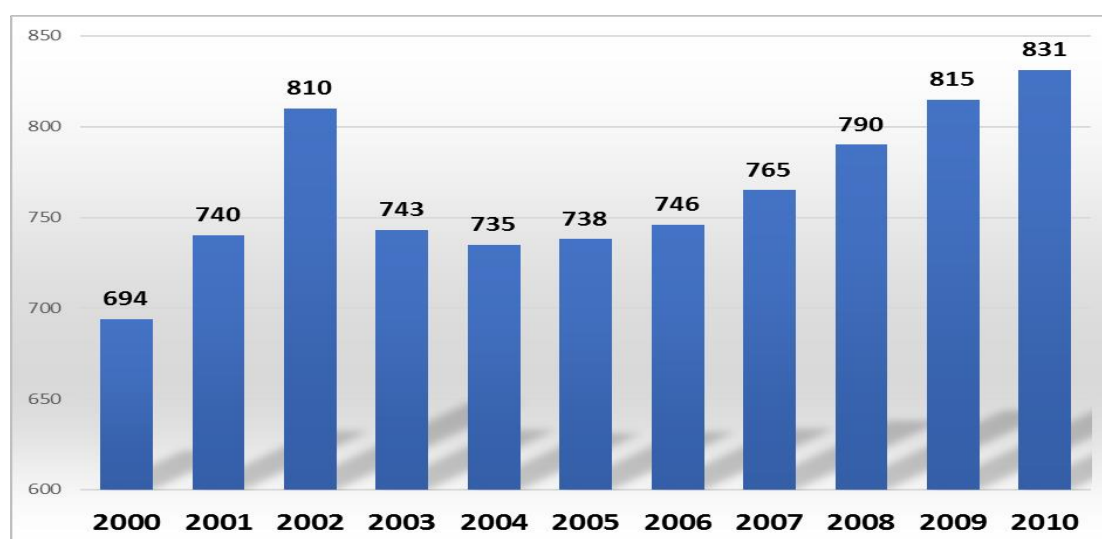
Neste Capítulo são apresentados, inicialmente, os resultados da avaliação do impacto do desempenho dos alunos, no período entre 2000 e 2010 e, em seguida, os resultados do estudo das correlações.

4.1 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO DESEMPENHO DOS ALUNOS

Dois artigos publicados com a participação da autora deste trabalho (OLIVEIRA; SANTOS; GALEAZZO; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2017; SANTOS; OLIVEIRA; GALEAZZO; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2016) relatam resultados de uma pesquisa, realizada na Escola Politécnica da USP, que contribuíram com este trabalho. O objetivo era extrair informações relacionadas ao desempenho acadêmico dos estudantes ao longo da sua jornada acadêmica.

Os estudos foram realizados com base no histórico de notas dos alunos da Epusp, entre os anos de 2000 e 2010. Nesse período, matricularam-se 8.407 estudantes nos diversos cursos oferecidos pela escola, distribuídos, anualmente, como indicado no Gráfico 2.1. Destes alunos, cerca de 94% ingressaram nos cursos por meio do vestibular.

Gráfico 2.1 - Número de alunos matriculados por ano, na Escola Politécnica da USP, no período de 2000 a 2010 (8407 alunos)



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 129).

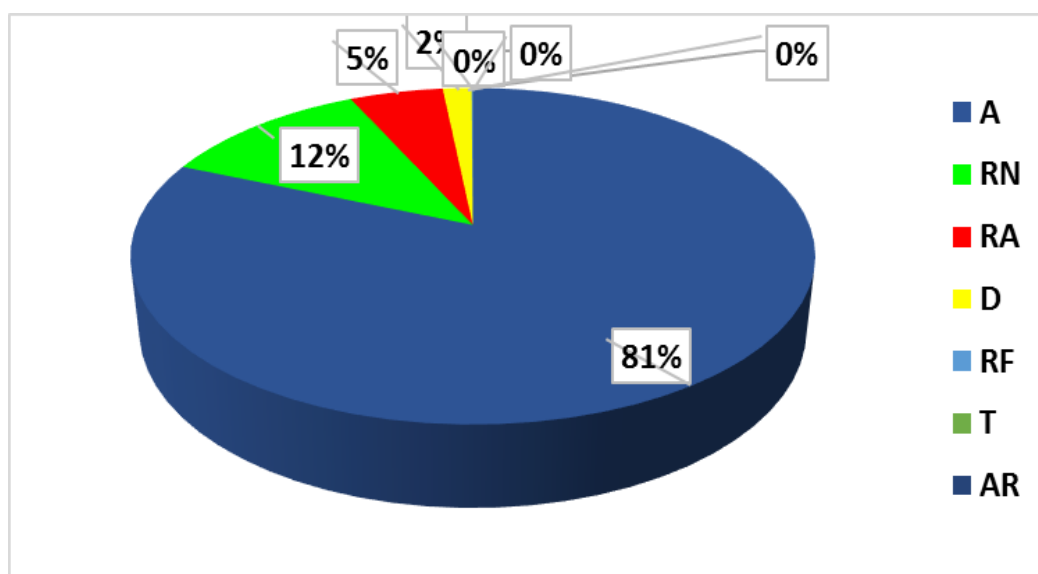
Na referida investigação, foi feito um levantamento do resultado das notas finais dos estudantes nas disciplinas cursadas ao longo do período em análise, que podem ser vistos na Tabela 2.3 e no Gráfico 2.2.

Tabela 2.3 – Distribuição dos resultados das notas finais dos alunos nas disciplinas cursadas, Epusp, no período de 2000 a 2010.

Resultado da nota	Descrição	Quantidade
A	Aprovado	439.275
RN	Reprovado por Nota	63.638
RA	Reprovado por Ambas	28.507
D	Desistente	8.787
RF	Reprovado por Frequência	375
T	Transferência	3
AR	Aprovado com Recuperação	2
Total de Notas		540.587

Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 129).

Gráfico 2.2 - Resultado das notas finais dos alunos nas disciplinas cursadas, Epusp, no período de 2000 a 2010



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 130).

Nos cursos de engenharia da Epusp, as notas variam de 0 a 10. Para aprovação em uma disciplina, o aluno deve ter a média final maior ou igual a 5, e frequência mínima de 70%. São aplicadas 2 provas durante o semestre letivo. Caso o aluno não tenha realizado uma das provas, tem direito de fazer a Prova Substitutiva. Se a nota final estiver no intervalo $[3, 5[$, ou seja, se for maior ou igual a 3 e menor do que 5, o aluno pode realizar a Prova de Recuperação. A nota mínima para aprovação na Prova de Recuperação deve ser 5, caso contrário, o estudante é reprovado na disciplina e terá que cursá-la novamente. (SANTOS, 2016).

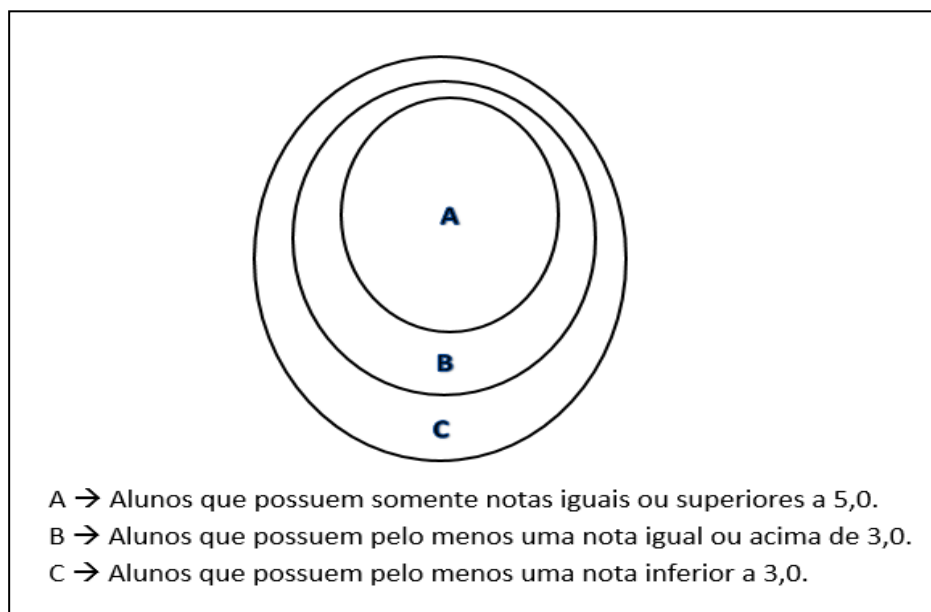
Na referida pesquisa, a média final do aluno, sem a Prova de Recuperação, foi chamada de 1ª Avaliação, e a Prova de Recuperação, de 2ª Avaliação. (Ibidem)

Assim, o estudante busca obter a média final de aprovação na 1ª Avaliação, mas se não conseguir, deverá realizar um “esforço pessoal adicional” para que ocorra sua aprovação na 2ª Avaliação (Prova de Recuperação). Esse “esforço pessoal adicional” foi chamado simplesmente de “esforço”. (Ibidem).

Os 8.407 alunos pesquisados foram classificados em grupos A, B e C, conforme as associações seguintes, que podem ser visualizadas na Figura 2.1:

- ✓ Grupo A – alunos com baixo risco ou nenhum risco de retenção na disciplina do curso;
- ✓ Grupo B – alunos com médio risco de reprovação na disciplina do curso, pois sempre terão a oportunidade de realizar uma nova avaliação (2ª Avaliação ou Prova de Recuperação) e, assim, obter uma nova nota, superior maior ou igual a 5;
- ✓ Grupo C – alunos de maior risco, pois não terão a possibilidade de realizar uma nova avaliação, e sempre que obtiverem nota inferior a 3, terão que cursar a disciplina novamente. (Ibidem)

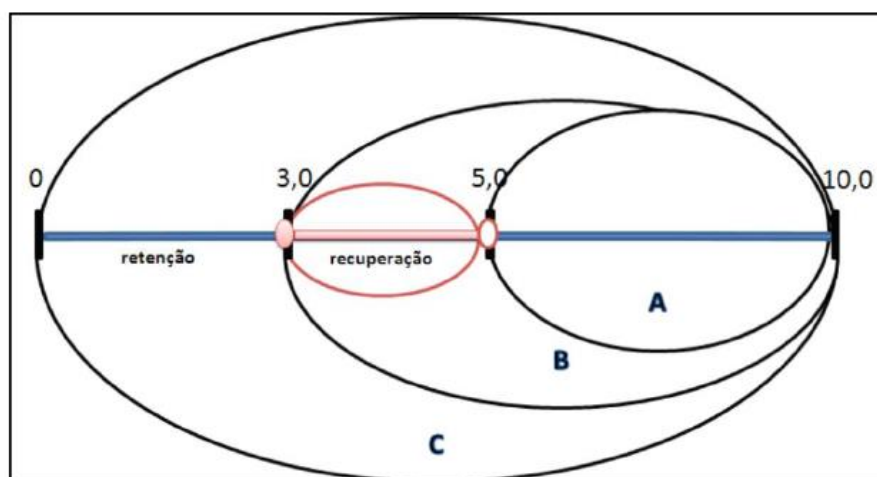
Figura 2.1 – Representação da classificação dos alunos em grupos A (baixo risco), B (médio risco) e C (alto risco)



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 127).

Os alunos do grupo B são os que terão que realizar um esforço a mais para serem aprovados com a nota da 2ª Avaliação, como pode ser visto na Figura 2.2.

Figura 2.2- Reta das notas dividida em três conjuntos de grupos A, B e C.



Fonte: Santos (2016, p. 20).

A Tabela 2.4 mostra a quantidade de notas finais dos alunos por grupo A, B e C, no período de 2000 a 2010.

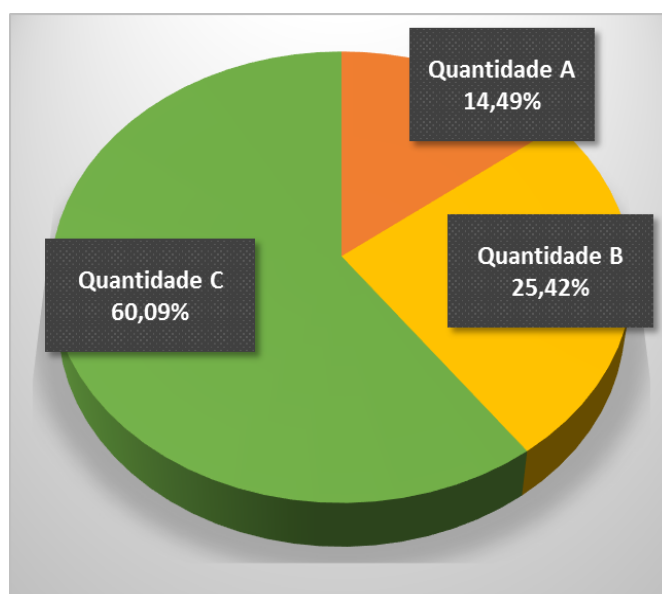
Tabela 2.4- Classificação das notas finais dos alunos, por grupos A (baixo risco), B (médio risco) e C (alto risco), nas disciplinas cursadas, Epusp, 2000 a 2010

Anos	Quantidade de Notas			
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Total
2000	95	226	373	694
2001	100	183	457	740
2002	102	166	542	810
2003	102	178	463	743
2004	98	160	477	735
2005	83	176	479	738
2006	91	188	467	746
2007	115	213	437	765
2008	136	176	478	790
2009	131	254	430	815
2010	165	217	449	831
Total	1 218	2 137	5 052	8 407

Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 130).

Pelo gráfico 2.3, pode-se verificar que cerca de 85% dos alunos observados se concentra nos grupos B e C, de médio risco e alto risco de ter progressão no curso.

Gráfico 2.3 – Classificação dos alunos nos grupos A, B e C, Epusp, 2000 a 2010



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 131).

Com os dados apresentados, não é possível extrair outras informações importantes desta análise, como, por exemplo, quantificar o número de alunos que necessitou realizar prova de recuperação, ou mesmo quantas vezes o aluno cursou uma disciplina para ser aprovado.

Sendo assim, para obter outras informações, foram utilizados um Agente de Avaliação da progressão dos alunos ao longo da sua graduação, baseado no Processo de Decisão de Markov Parcialmente Observável (PDMPO), desenvolvido por Santos (SANTOS, 2016), em sua dissertação de mestrado.

O PDMPO é um algoritmo aplicado para modelar processos através de um tratamento estocástico.

Além da classificação dos alunos em grupos A, B e C, intervalos de notas foram designados em 5 estados discretos, E0, E1, E2, E3 e E4, de acordo com as faixas de valores especificados na Tabela 2.5, que segue.

Tabela 2.5- Designação dos intervalos de notas em estados discretos

Estado	Intervalos de Notas	
E0	0	2
E1	2,1	4
E2	4,1	6
E3	6,1	8
E4	8,1	10

Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 128).

A classificação das notas dos alunos pode ser vista na Tabela 2.6.

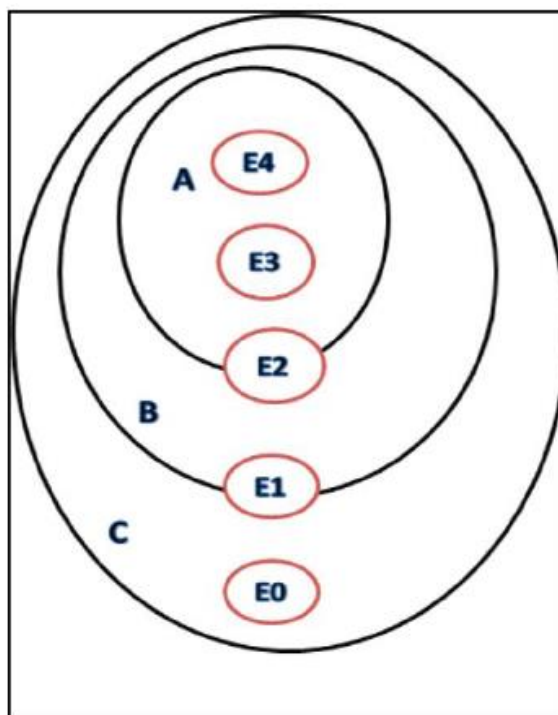
Tabela 2.6- Lista de estados com as situações dos alunos.

Estado	Situação
E0	Reprovado
E1	Reprovado ou recuperação
E2	Recuperação ou aprovado
E3	Aprovado
E4	Aprovado

Fonte: Santos (2016, p. 26)

A representação dos estados E0, E1, E2, E3 e E4 dentro dos conjuntos dos grupos A, B e C, pode ser visualizada na Figura 2.3.

Figura 2.3- Representação dos estados dentro dos conjuntos dos grupos A, B e C.



Fonte: Santos (2016, p. 25).

O estudo foi restrito ao comportamento dos alunos situados nos estados E1 e E2, porém para nota final dentro do intervalo $[3, 5[$, ou seja, alunos reprovados, mas com média mínima para fazerem prova de recuperação.

O esforço considerado foi maior ou igual a 5 (para ser aprovado em uma segunda avaliação, ou seja, na Prova de Recuperação).

O agente de avaliação soma os esforços ocorridos nas mudanças de estados observados em cada um dos grupos analisados, sobre um total de 356.848 notas.

A tabela 2.6 sintetiza o resultado dos esforços obtidos na 2ª Prova para os grupos A, B e C.

Tabela 2.7 - Total de esforços, por grupos A, B e C, Epusp, 2000 a 2010

Grupo A	Grupo B	Grupo C
0	49.251	304.593

Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 131).

O grupo C apresentou maior esforço (maior incidência de provas) para obter a nota de aprovação, muitas vezes, sem sucesso. Isso mostra a necessidade de ações que sejam úteis, principalmente aos alunos do grupo C.

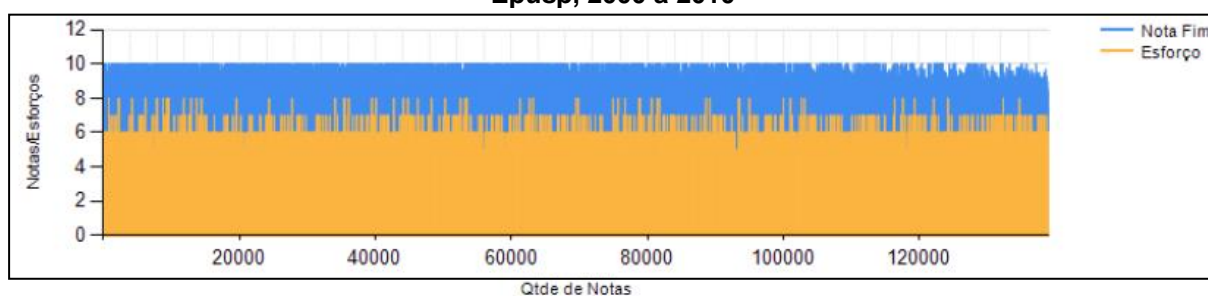
Os Gráficos 2.4, 2.5 e 2.6 mostram os esforços realizados e as notas obtidas pelos alunos nos grupos A, B e C, para serem aprovados.

Gráfico 2.4 - Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo A, Epusp, 2000 a 2010



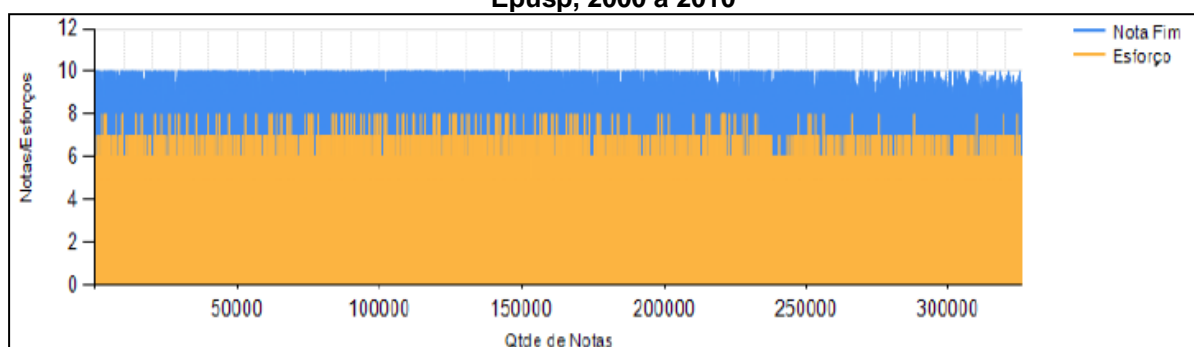
Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 132).

Gráfico 2.5 - Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo B, Epusp, 2000 a 2010



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 132).

Gráfico 2.6 - Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos do Grupo C, Epusp, 2000 a 2010



Fonte: Oliveira; Santos; Galeazzo; Ramirez-Fernandez (2017, p. 133).

Os Gráficos 2.4, 2.5 e 2.6 sintetizam as notas obtidas na primeira avaliação (quantidade de ocorrências e valores obtidos) e os esforços resultantes de uma segunda avaliação realizados pelos grupos A, B e C, ao longo do período em

análise. As notas e os esforços variam de zero a dez, no entanto, o esforço para alcançar aprovação em uma segunda avaliação deve se igual ou superior a “5”. Valores inferiores a “5” correspondem a esforços que não geraram índice mínimo de aprovação, porém, são também contabilizados. Também indicam que, no grupo C, há incidência significativa de avaliações para alcançar aprovação e, muitas vezes, sem sucesso. Destacam, ainda, o elevado número de notas e de esforços associados ao grupo C com relação aos alunos dos grupos A e B, pois cerca de 350.000 notas são atribuídas ao grupo C, enquanto os grupos A e B concentram cerca de 5.000 a 120.000 notas, respectivamente. (OLIVEIRA; SANTOS; GALEAZZO; RAMIREZ-FERNANDEZ, 2017).

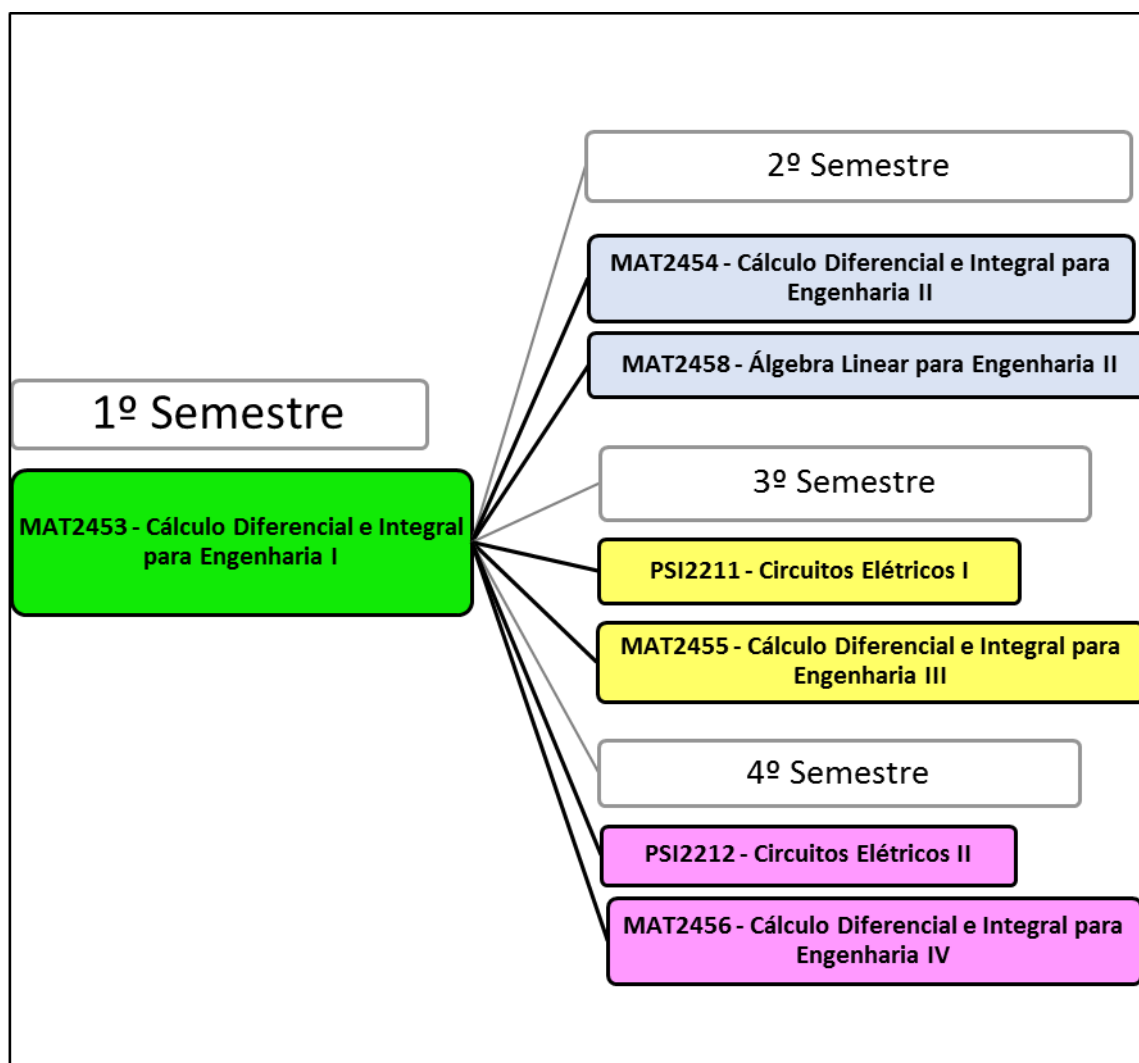
Estes estudos permitiram avaliar o impacto do desempenho de alunos dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da USP, durante o período de 2000 a 2010. E, o mais importante, indicam a necessidade de tomar medidas eficazes com os alunos dos grupos B e C, mas especialmente deste último grupo, no sentido de auxiliá-los a suprir as dificuldades apresentadas ao longo da sua vida acadêmica.

4.2 ESTUDO DAS CORRELAÇÕES

O estudo das correlações entre as disciplinas básicas foi feito através da análise das ementas e/ou programas de ensino da Estrutura Curricular EC-2 e dos conteúdos das provas P1, P2, P3 (Prova Substitutiva) e Prova de Recuperação da Epusp, no período de 2000 a 2010.

Inicialmente, apresenta-se um diagrama mostrando as disciplinas que estão correlacionadas, entre as que foram selecionadas para a pesquisa. Em seguida, pode-se ver o Programa de Ensino e uma questão de uma das provas analisadas, a título de exemplo, e uma tabela com a descrição de conteúdos e/ou habilidades que caracterizam cada correlação. Na sequência, apresenta-se a discussão sobre os conteúdos das tabelas. Esse processo se repete para cada diagrama de disciplinas. Dessa forma, o Diagrama 4.1 mostra as disciplinas que estão correlacionadas com MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I.

Diagrama 4.1 – Disciplinas correlacionadas com MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I.



Fonte: Autor (2017).

Como as correlações indicadas no Diagrama 4.1 foram estabelecidas a partir de MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, apresenta-se, a seguir, o seu Programa de Ensino.

Programa da Disciplina MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I: Funções polinomiais, racionais. Funções trigonométricas. Funções exponenciais. Função composta e função inversa. Limites: noção intuitiva, propriedades algébricas. Teorema do Confronto. Continuidade. Derivadas: definição, interpretações geométrica e física. Regras de derivação, regra de cadeia, derivada da função inversa e derivação implícita. Aplicações. Teorema do valor médio e

consequências. Regras de L'Hospital. Gráficos. Resolução de problemas de Máximos e Mínimos. Integral de Riemann. Técnicas de integração. Aplicações: cálculos de volumes de revolução, comprimento de curvas. Fórmula de Taylor. (JÚPITER, 2013).

A primeira correlação indicada no Diagrama 4.1 é com MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, cujo programa de ensino pode ser visto a seguir.

Programa da Disciplina MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II: Funções de duas ou mais variáveis: limites, continuidade, diferenciabilidade. Gradiente. Regra da cadeia. Teorema do Valor Médio. Derivadas de ordem superior. Teorema de Schwarz (enunciado). Fórmula de Taylor. Máximos e Mínimos. Multiplicadores de Lagrange. (JÚPITER, 2013).

A título de exemplo, segue uma questão da 2ª Prova de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, aplicada em 2009 (Figura 4.1), e uma questão da Prova de Recuperação de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, aplicada em 2007 (Figura 4.2), que estão entre as provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.1.

Figura 4.1 – Questão da 1ª Prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2006.

Questão 1: (4,0) Seja $f(x) = \frac{x-2}{x^2-3}$.

A

- a) Determine o domínio de f e, caso existam, as assíntotas.
 b) Determine os intervalos de crescimento e de decrescimento de f , bem como os pontos de máximo e de mínimo locais.
 c) Mostre que o gráfico de f tem um único ponto de inflexão $\alpha > 3$. Estude a concavidade de f em função de α .
 d) Use (a), (b) e (c) para esboçar o gráfico de f .

(a) $D_f = \mathbb{R} \setminus \{\pm\sqrt{3}\} = \{x \in \mathbb{R} \mid x \neq \pm\sqrt{3}\}$

$$\lim_{x \rightarrow -\sqrt{3}^+} \frac{x-2}{x^2-3} = \lim_{x \rightarrow -\sqrt{3}^+} \frac{x-2}{x-\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{x+\sqrt{3}} = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow -\sqrt{3}^-} \frac{x-2}{x^2-3} = \lim_{x \rightarrow -\sqrt{3}^-} \frac{x-2}{x-\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{x+\sqrt{3}} = -\infty$$

Logo a reta $x = -\sqrt{3}$ é assíntota vertical.

Analogamente,

$$\lim_{x \rightarrow \sqrt{3}^+} \frac{x-2}{x^2-3} = \lim_{x \rightarrow \sqrt{3}^+} \frac{x-2}{x+\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{x-\sqrt{3}} = -\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow \sqrt{3}^-} \frac{x-2}{x^2-3} = \lim_{x \rightarrow \sqrt{3}^-} \frac{x-2}{x+\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{x-\sqrt{3}} = +\infty$$

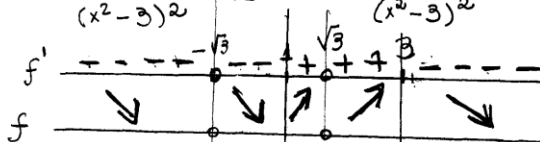
A reta $x = \sqrt{3}$ também é assíntota vertical.

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x-2}{x^2-3} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x(1-2/x)}{x^2(1-3/x^2)} = 0$$

Logo a reta $y = 0$ (eixo x) é assíntota horizontal.

Não existem assíntotas inclinadas.

b) $f'(x) = \frac{x^2-3 - (x-2)2x}{(x^2-3)^2} = \frac{-x^2+4x-3}{(x^2-3)^2}$ (para $x \in D_f$)



$x = 1$ pto de mínimo local

$x = 3$ pto de máximo local

(c) $f''(x) = \frac{(-2x+4)(x^2-3)^2 - (-x^2+4x-3)2(x^2-3)2x}{(x^2-3)^4}$

$$f''(x) = \frac{(-2x+4)(x^2-3) + 4x(x^2-4x+3)}{(x^2-3)^3}$$

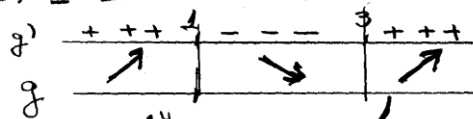
(continua)

$$\text{Logo } f''(x) = \frac{2x^3 - 12x^2 + 18x - 12}{(x^2 - 3)^3} = \frac{2(x^3 - 6x^2 + 9x - 6)}{(x^2 - 3)^3} \quad A$$

O sinal de $f''(x)$ é determinado pelos sinais de $g(x) = x^3 - 6x^2 + 9x - 6$ e $(x^2 - 3)$.

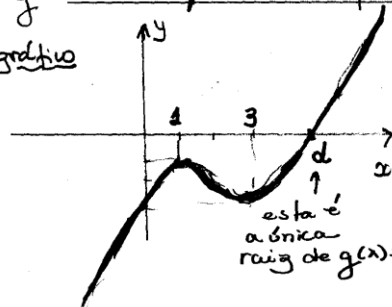
Vamos analisar o sinal de $g(x) = x^3 - 6x^2 + 9x - 6$.

$$g'(x) = 3x^2 - 12x + 9 = 3(x^2 - 4x + 3)$$



x	$g(x)$	$\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = +\infty$
1	-2	
3	-6	

Esboço do gráfico de g



Como $x=1$ é ponto de máximo local de $g(x)$, $g(1) < 0$ e g é estritamente decrescente em $]1, 3[$, temos que $g(x) < 0 \forall x \in]-\infty, 3[$.

Agora, $g(3) < 0$ e $\lim_{x \rightarrow +\infty} g(x) = +\infty$, temos, pelo TVI que existe $d > 3$ tal que $g(d) = 0$.

Como g é estritamente crescente em $]3, +\infty[$, temos que $g(x) > 0 \forall x > d$. Também é claro que $g(x) < 0 \forall x \in]3, d[$.

Logo $g(x) < 0 \forall x < d$.
(Usamos todo o tempo que g é CONTÍNUA)

Sinal de $f''(x)$:

$x^2 - 3$	+	+	-	-	+	+	+
$g(x)$	-	-	-	-	+	+	+
f''	-	+	-	-	+	+	+
	∩	∪	∩	∩	∪	∪	∪

d é o único ponto de inflexão de f e $d > 3$.

(d)

x	$f(x)$
0	$2/3$
1	$1/2$
3	$1/6$
2	0

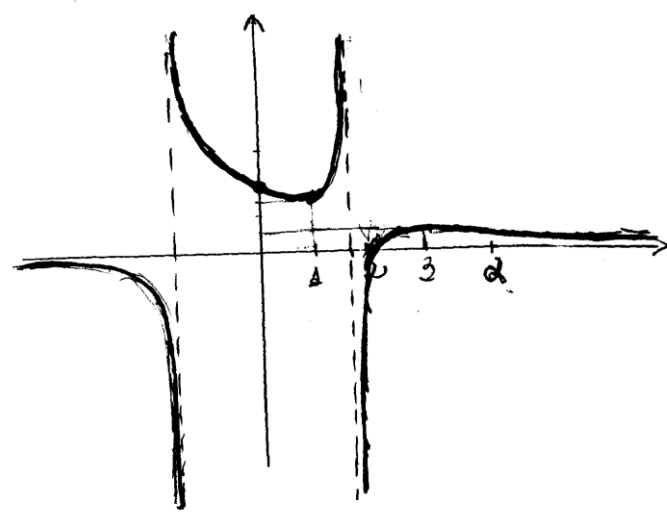


Figura 4.2 – Questão da Prova de Recuperação de MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, de 2007.

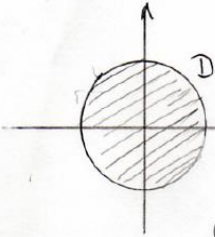
Prova de Recuperação
MAT-2454 - Cálculo Diferencial e Integral II para Engenharia
POLI - USP - 12/02/07

Questão	Nota
1	
2	
3	
4	
5	
TOTAL	

Nome: _____ Turma: _____
 Assinatura: _____
 Professor: _____

JUSTIFIQUE TODAS AS SUAS AFIRMAÇÕES

(2,0) 1) Determine o máximo e o mínimo da função $f(x, y) = 2x^3 + y^4$ no conjunto
 $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \text{ tal que } x^2 + y^2 \leq 1\}$.



Como o conjunto D é compacto (fechado e limitado) e a função f é contínua, pelo Teorema de Weierstrass, f tem máximo e mínimo em D . Os candidatos a pontos de máximo e de mínimo de f são:

- (1) pontos críticos de f no interior de D .
- (2) pontos de máximo e de mínimo de f na fronteira de D .

1) Interior de $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x^2 + y^2 < 1\}$

$$\frac{\partial f}{\partial x}(x, y) = 6x^2 = 0 \Rightarrow x = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}(x, y) = 4y^3 = 0 \Rightarrow y = 0$$

$(0, 0)$ é o único ponto crítico de f no interior de D

2) fronteira de $D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid x^2 + y^2 = 1\}$

Podemos aplicar o método dos multiplicadores de Lagrange

$(2x, 2y) \neq \vec{0} \quad \forall (x, y) \in \text{fronteira de } D$

Os pontos de máximo e de mínimo de f na fronteira de D (existem, pois a fronteira de D é um compacto) estão entre os pts (x, y) tais que $\nabla f(x, y) = \lambda (2x, 2y)$ e $x^2 + y^2 = 1$, ou seja

$$(6x^2, 4y^3) = \lambda (2x, 2y) \text{ e } x^2 + y^2 = 1$$

Resolvendo o sistema:

$$\begin{cases} 2x^2 = \lambda x \\ 2y^3 = \lambda y \\ x^2 + y^2 = 1 \end{cases}$$

$x = 0 \Rightarrow y = \pm 1$
 $y = 0 \Rightarrow x = \pm 1$
 $x \neq 0 \text{ e } y \neq 0$
 $\lambda = 3x$
 $y^3 = 3x y$
 $y^2 = 3x$
 $\frac{\lambda^2}{9} + \frac{\lambda}{3} = 1$
 $\Rightarrow \lambda = \frac{3}{2} \text{ ou } \lambda = -6$

Candidato (x, y) | $f(x, y)$

$(0, 0)$	0
$(0, \pm 1)$	$\frac{1}{4}$ → MÁXIMO
$(\pm 1, 0)$	± 2 → MÍNIMO
$(\frac{1}{2}, \pm \frac{\sqrt{3}}{2})$	$\frac{13}{16}$

$x = \frac{1}{2}$ ou $x = -\frac{1}{2}$ (NÃO SERVE)

Observa-se que, para resolver a questão 1 da prova de Recuperação de MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, é necessário a utilização de conceitos de máximos e mínimos de funções de uma variável, bem como regras de derivação, presentes na questão 1 da prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I. Esses conteúdos indicam pontos em comum em ambas as disciplinas, como podem ser visualizados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral II.

MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II
Função: ✓ Conceito; ✓ Expressão algébrica; ✓ Gráfico; ✓ Domínio e imagem.	Funções de duas ou mais variáveis: ✓ Determinação e esboço do domínio e/ou imagem de uma função de duas variáveis. ✓ Esboço do gráfico de uma função de duas variáveis. ✓ Pontos em que a curva cruza os eixos coordenados. ✓ Esboço de intersecção do gráfico de uma função de duas variáveis com um plano. ✓ Esboço de curvas de nível e superfícies de nível. ✓ Parametrização de uma curva. ✓ Comportamento do vetor tangente em cada ponto de uma curva.
Limites e continuidade: ✓ Noção intuitiva; ✓ Propriedades algébricas; ✓ Cálculo de limites; ✓ Continuidade de função	Limites e continuidade de funções de duas variáveis: ✓ Verificar a existência de limite de uma função de duas variáveis. ✓ Calcular o limite de funções de duas variáveis. ✓ Verificar se uma função de duas variáveis é contínua. ✓ Encontrar os pontos de continuidade de uma função de duas variáveis.
Derivadas: ✓ Definição; ✓ Equação da reta tangente ao gráfico de uma função; ✓ Interpretações geométrica e física; ✓ Regras de derivação; ✓ Regra da cadeia; ✓ Mostrar se uma função é derivável num ponto; ✓ Aplicações; ✓ Análise do sinal das derivadas 1ª e 2ª de uma função.	Derivadas parciais: ✓ Equação da reta tangente a um ponto da curva de uma função de duas variáveis. ✓ Verificar se uma função de duas variáveis é diferenciável em um ponto. ✓ Calcular as derivadas parciais de 1ª e 2ª ordem de funções de duas variáveis. ✓ Estudo do sinal das derivadas parciais de uma função de duas variáveis. ✓ Cálculo de taxa de variação. ✓ Usar a regra da cadeia para calcular a derivada parcial de uma função composta de duas ou mais de uma variável.

(continua)

MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II
Derivadas: ✓ Definição; ✓ Equação da reta tangente ao gráfico de uma função; ✓ Interpretações geométrica e física; ✓ Regras de derivação; ✓ Regra da cadeia; ✓ Mostrar se uma função é derivável num ponto; ✓ Aplicações; ✓ Análise do sinal das derivadas 1ª e 2ª de uma função.	Derivada direcional e gradiente: ✓ Encontrar a derivada direcional de uma função de duas variáveis. ✓ Encontrar o gradiente de uma função de duas variáveis. ✓ Encontrar a equação do plano tangente a uma superfície de nível.
	Equação de Laplace: ✓ Equação diferencial parcial.
	✓ Teorema do Valor Médio.
	✓ Derivadas de ordem superior.
✓ Função polinomial; ✓ Derivada de função; ✓ Derivada num ponto.	Polinômio ou Fórmula de Taylor: ✓ Encontrar o polinômio de Taylor. ✓ Calcular o erro da fórmula de Taylor. ✓ Calcular o valor de uma função por aproximação.
Função e derivada: ✓ Gráfico de função; ✓ Pontos críticos; ✓ Pontos de inflexão; ✓ Pontos de máximo e mínimo; ✓ Concavidade.	Máximos e mínimos: ✓ Pontos críticos de uma função de duas variáveis. ✓ Encontrar o ponto de máximo e mínimo de uma função de duas variáveis. ✓ Calcular o ponto de máximo e mínimo de uma função de derivada direcional. ✓ Problemas de aplicação de máximos e mínimos.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II utiliza, praticamente, todos conceitos de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I. Esta correlação aparece na Estrutura Curricular EC-2, pois a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I é pré-requisito para a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, já que nesta última disciplina, os conceitos de função, limite, continuidade e derivada de função de uma variável são ampliados para funções de duas ou mais variáveis.

Outra correlação indicada no Diagrama 4.1 é com MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III, cujo programa de ensino pode ser visto a seguir.

Programa da Disciplina MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III: Transformações entre espaços reais; Jacobiano. Integrais duplas e triplas. Mudança de variável em integrais: coordenadas polares, cilíndricas e esféricas. Integrais curvilíneas e de superfície. Teoremas de Green, Gauss e Stokes. Interpretações físicas do gradiente, divergente e rotacional. Campos conservativos. Aplicações: Lei de Indução de Faraday, Equação da Continuidade em fluidos. (JÚPITER, 2013).

A título de exemplo, segue uma questão da Prova Substitutiva (P3) de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, aplicada em 2007 (Figura 4.3), e uma questão da 1ª Prova de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III, aplicada em 2008 (Figura 4.4), que estão entre as provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.2.

Figura 4.3 – Questão da Prova Substitutiva (P3) de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2007.

Questão A3) Seja $g(x) = \int_1^{\sin x} e^{t^2} dt$

(a) (0,5) Calcule $g'(x)$

(b) (1,0) Mostre que $\int_a^b \cos x g(x) dx = \sin b g(b) - \sin a g(a) - \int_a^b \sin x \cos x e^{\sin^2 x} dx$

(c) (1,5) Calcule $\int_0^{\pi/2} \cos x \left(\int_1^{\sin x} e^{t^2} dt \right) dx$

a) Seja $F(x)$ uma primitiva de $f(x) = e^{x^2}$. Pelo TFC,

$$\int_1^{\sin x} e^{t^2} dt = F(t) \Big|_1^{\sin x} = F(\sin x) - F(1)$$

$$\text{Logo, } g'(x) = F'(\sin x) \cdot \cos x = \boxed{\cos x e^{\sin^2 x}}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \int_a^b \cos x g(x) dx &= \int_a^b \cos x g(x) dx \quad \left(\begin{array}{l} \text{partes} \\ u = g(x) \quad du = \cos x e^{\sin^2 x} dx \\ dv = \cos x dx \quad v = \sin x \end{array} \right) \\ &= \sin b g(b) - \sin a g(a) - \int_a^b \sin x \cos x e^{\sin^2 x} dx \end{aligned}$$

$$\text{c) } g\left(\frac{\pi}{2}\right) = \int_1^1 e^{t^2} dt = 0 \quad \text{e } \sin 0 = 0.$$

Portanto,

$$\int_0^{\pi/2} \cos x \left(\int_1^{\sin x} e^{t^2} dt \right) dx = \sin \frac{\pi}{2} g\left(\frac{\pi}{2}\right) - \sin 0 g(0) - \int_0^{\pi/2} \sin x \cos x e^{\sin^2 x} dx$$

$$= - \int_0^{\pi/2} \sin x \cos x e^{\sin^2 x} dx = \quad \uparrow \quad - \frac{1}{2} \int_0^1 e^t dt = \boxed{-\frac{1}{2}(e-1)}$$

$$\left(\begin{array}{l} u = \sin^2 x \Rightarrow du = 2 \sin x \cos x dx \\ x = 0 \Rightarrow u = 0 \\ x = \pi/2 \Rightarrow u = 1 \end{array} \right)$$

Figura 4.4 – Questão da 1ª Prova de MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III, de 2008.

Instituto de Matemática e Estatística da USP
MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral III para Engenharia
1a. Prova - 1o. Semestre 2008

Turma A

Questão 1

(a) (2,0 pontos) Calcule o volume do sólido

$$S = \{(x, y, z) : x \geq 0, x \leq y \leq \sqrt[3]{x} \text{ e } 0 \leq z \leq e^{y^2}\}$$

b) (2,0 pontos) Calcule $\int_0^{\sqrt{2}} \int_y^{\sqrt{4-y^2}} \frac{1}{1+\sqrt{x^2+y^2}} dx dy$.

Solução:

(a) A região S é dada na Fig. 1.

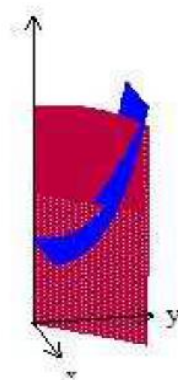


Figura 1: Gráfico da região S

O volume do sólido S é dado por $v(S) = \iiint_S 1 \, dx \, dy \, dz$.

Podemos reescrever S por

$$S = \{(x, y, z) : (x, y) \in D \text{ e } 0 \leq z \leq e^{y^2}\},$$

onde D é a região dada por $D = \{(x, y) : x \geq 0 \text{ e } x \leq y \leq \sqrt[3]{x}\}$

Como a função “1” é contínua, pelo Teorema de Fubini

$$v(S) = \iiint_S 1 \, dx \, dy \, dz = \iint_D \left(\int_0^{e^{y^2}} dz \right) dx \, dy = \iint_D e^{y^2} \, dx \, dy$$

(continua)

Agora reescrevendo D , temos

$$D = \{(x, y) : 0 \leq y \leq 1 \text{ e } y^3 \leq x \leq y\},$$

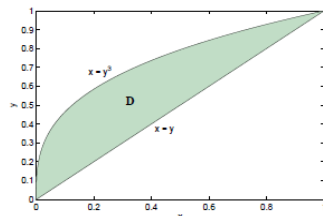


Figura 2: Gráfico da região D

e novamente por Fubini (“ e^{y^2} ” é contínua):

$$\begin{aligned} v(S) &= \iint_D e^{y^2} dx dy = \int_0^1 \int_{y^3}^y e^{y^2} dx dy = \int_0^1 e^{y^2} x \Big|_{x=y^3}^y dy \\ &= \int_0^1 (y - y^3) e^{y^2} dy = \int_0^1 (1 - y^2) e^{y^2} y dy \end{aligned}$$

Fazendo a seguinte mudança de variáveis: $u = y^2 (\Rightarrow du = 2y dy)$ e resolvendo a integral “por partes”:

$$\begin{aligned} v(S) &= \int_0^1 (1 - y^2) e^{y^2} y dy = \frac{1}{2} \int_0^1 (1 - u) e^u du \\ &= \frac{1}{2} \left((1 - u) e^u \Big|_{u=0}^1 + \int_0^1 e^u du \right) = \frac{1}{2} \left((1 - u) e^u + e^u \right) \Big|_{u=0}^1 = \frac{e - 2}{2} \end{aligned}$$

(b) Seja $D = \{(x, y) / y \leq x \leq \sqrt{4 - y^2}, \quad 0 \leq y \leq \sqrt{2}\}$. Vamos usar coordenadas polares:

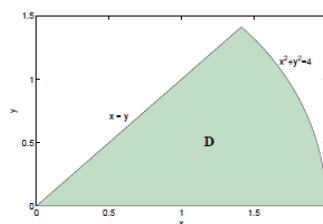


Figura 3: Gráfico da região D

$x = \rho \cos \theta$ e $y = \rho \sin \theta$ com jacobiano $|J| = \rho$

D nas coordenadas polares: com a equação $x^2 + y^2 = 4$ obtemos $r = 2$ e com $x = y$ temos que o ângulo $\theta = \frac{\pi}{4}$, assim D fica:

$$D = \{(\rho, \theta) / 0 \leq \rho \leq 2, \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}\}$$

$$\begin{aligned} \int_0^{\sqrt{2}} \int_y^{\sqrt{4-y^2}} \frac{1}{1 + \sqrt{x^2 + y^2}} dx dy &= \int_0^{\frac{\pi}{4}} \int_0^2 \frac{1}{1 + \rho} \rho d\rho d\theta \\ &= \frac{\pi}{4} [\rho - \ln |1 + \rho|]_0^2 = \frac{\pi}{4} [2 - \ln 3] \end{aligned}$$

Observa-se que, para resolver as integrais duplas e triplas, da questão 1 da 1ª Prova de MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III (Figura 4.4), é necessário a utilização do conceito de integral definida e o conhecimento de técnicas de integração, como a resolução de integral por mudança de variável (no caso do item (b), mudança para coordenadas polares) e a integral por partes. A base desses conteúdos está presente na questão 3 da prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I (Figura 4.3). Esses conteúdos indicam pontos em comum em ambas as disciplinas, como podem ser visualizados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.

MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	MAT2455 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Funções polinomiais, racionais e trigonométricas; ✓ Cálculo de integrais; ✓ Métodos de integração; ✓ Cálculo de volume por integral. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de integral dupla. ✓ Descrever uma região de R^3 cujo volume é dado por uma integral dupla. ✓ Calcular o volume de uma região de R^3 por integral dupla.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de integral tripla. ✓ Cálculo do volume de uma região contida no interior de um cilindro e limitada por uma esfera, por uma integral tripla. ✓ Determinar a massa de um sólido dado por sua função de densidade e que tem a forma da região limitada superiormente por uma esfera e inferiormente por um plano, usando integral tripla.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de integral dupla por coordenadas polares.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo da massa de um sólido, dada a função massa e a função densidade, fazendo mudança para coordenadas esféricas e usando integral tripla.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo da massa de um sólido, dada a função massa e a função densidade, fazendo mudança para coordenadas cilíndricas e usando integral tripla.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo de integrais de linhas de Campos Vetoriais dado o campo de força.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar se um campo de força é conservativo.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculo do rotacional.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicações do Teorema de Green.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III utiliza conteúdos e conceitos fundamentais de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, como funções e integrais. Esta correlação não está prevista de forma direta na Estrutura Curricular EC-2, pois a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I não é pré-requisito para a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III. Esta relação de pré-requisito está prevista de forma indireta, já que o Cálculo Diferencial e Integral III (MAT2455) tem como pré-requisito o Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II (MAT2454), que por sua vez tem como pré-requisito o Cálculo Diferencial e Integral I (MAT2453).

Outra correlação indicada no Diagrama 4.1 é com MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV, cujo programa de ensino pode ser visto a seguir.

Programa da Disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV: Integrais impróprias. Sequências e séries numéricas. Critérios de convergência. Convergência absoluta e condicional. Séries de Potências. Raio de convergência. Derivação e integração termo-a-termo. Série de Taylor. Séries de Fourier. Convergência pontual. Desigualdade de Bessel e Identidade de Parseval. Equações diferenciais ordinárias de 1ª e 2ª ordem. Equações diferenciais ordinárias lineares de ordem com coeficientes constantes. Método de variação de parâmetros e coeficientes a determinar. Resolução de equações diferenciais por séries de potências. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013).

A título de exemplo, segue uma questão da 1ª Prova de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, aplicada em 2006 (Figura 4.5), e uma questão da 1ª Prova de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV, aplicada em 2009 (Figura 4.6), que estão entre as provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.3.

Figura 4.5 – Questão da 1ª Prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, de 2006.

1ª Prova de MAT 2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I
04/04/2006

(B)

Q	N
1	
2	
3	
4	
Total	

Nome : GABARITO
 N^oUSP : _____ RG : _____
 Turma : _____ Professor : _____
 Assinatura : _____

JUSTIFIQUE TODAS AS SUAS RESPOSTAS

Não é permitido usar as regras de L'Hospital

1ª Questão:

a) (1,0 ponto) Calcule $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{2x^3 + x \cos(\sqrt{x})}{x^4 \sin(\frac{1}{x}) + 1}$ Resposta: 2

b) (1,0 ponto) Calcule $\lim_{x \rightarrow \frac{1}{3}^+} \frac{\sqrt{3x-1}}{\sqrt{3x-1}}$ Resposta: 0

c) (1,0 ponto) Mostre, através de um exemplo, que a afirmação abaixo é FALSA:
 "Se $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{g(x)} = +\infty$ então $\lim_{x \rightarrow +\infty} (f(x) - g(x)) = +\infty$ "

a) $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{2x^3 + x \cos(\sqrt{x})}{x^4 \sin(\frac{1}{x}) + 1} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x^3 \left(2 + \frac{\cos(\sqrt{x})}{x^2} \right)}{x^3 \left(x \sin(\frac{1}{x}) + \frac{1}{x^3} \right)} = 2$

Justificativas:

1) $\lim_{x \rightarrow +\infty} \cos(\sqrt{x}) \frac{1}{x^2} = 0$ pois $|\cos(\sqrt{x})| \leq 1$ e $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x^2} = 0$

2) $\lim_{x \rightarrow +\infty} x \sin(\frac{1}{x}) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sin(\frac{1}{x})}{\frac{1}{x}} = 1$ pois $\lim_{t \rightarrow 0} \frac{\sin t}{t} = 1$

(limite fundamental) e $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} = 0$

(Veja Obs depois de b))

(continua)

b) Se $x > \frac{1}{3}$

$$\frac{\sqrt[4]{3x-1}}{\sqrt{3x-1}} = \frac{\sqrt[4]{3x-1}}{\sqrt{3x-1}} \cdot \frac{\sqrt[4]{3x+1}}{\sqrt[4]{3x+1}} \cdot \frac{\sqrt{3x+1}}{\sqrt{3x+1}} =$$

$$\stackrel{(*)}{=} \frac{3x-1}{\sqrt{3x-1}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{3x+1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3x+1}} = \frac{\sqrt{3x-1}}{(\sqrt[4]{3x+1})(\sqrt{3x+1})}$$

$$\text{Logo } \lim_{x \rightarrow \frac{1}{3}^+} \frac{\sqrt[4]{3x-1}}{\sqrt{3x-1}} = \frac{0}{4} = 0$$

$$(*) \text{ Usei } (\sqrt[4]{a} - \sqrt[4]{b})(\sqrt[4]{a} + \sqrt[4]{b}) = \sqrt{a} - \sqrt{b} \text{ e}$$

$$(\sqrt{a} - \sqrt{b})(\sqrt{a} + \sqrt{b}) = a - b$$

Obs: Em a) e b) usamos as propriedades de limite de soma, produto e quociente de funções e também que $g(x) = \sqrt{x}$ é contínua

c) Exemplo 1: Se $f(x) = 1$ e $g(x) = \frac{1}{x}$ então $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow +\infty} x = +\infty$

e $\lim_{x \rightarrow +\infty} (f(x) - g(x)) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (1 - \frac{1}{x}) = 1$

Exemplo 2: Se $f(x) = -x$ e $g(x) = -1$, então $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow +\infty} x = +\infty$

e $\lim_{x \rightarrow +\infty} (f(x) - g(x)) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (-x + 1) = -\infty$

Exemplo 3: Se $f(x) = \frac{1}{x}$ e $g(x) = \frac{1}{x^2}$, então $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow +\infty} x = +\infty$

e $\lim_{x \rightarrow +\infty} (f(x) - g(x)) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (\frac{1}{x} - \frac{1}{x^2}) = 0$

Figura 4.6 – Questão da 1ª Prova de MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV, de 2009.

Instituto de Matemática e Estatística da USP
 MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral IV para Engenharia
 1a. Prova - 2o. Semestre 2009 - 21/09/2009

Turma A

1ª Questão: (3,0) Determine se cada série abaixo converge absolutamente, condicionalmente ou diverge.

- (a) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \sqrt[3]{n^4}}{\sqrt[4]{n^3+1}}$
 (b) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cos(n^2)}{(n + \sqrt{n})^5}$
 (c) $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^{n+1} \tan\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)$

Solução:

(a) Como:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt[3]{n^4}}{\sqrt[4]{n^3+1}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^{\frac{4}{3}}}{n^{\frac{3}{4}} \sqrt[4]{1 + \frac{1}{n^3}}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^{\frac{7}{12}}}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{n^3}}} = +\infty$$

Temos que o limite $\frac{(-1)^n \sqrt[3]{n^4}}{\sqrt[4]{n^3+1}}$ não existe e, pelo Critério do Termo Geral, a série DIVERGE.

(b)

$$\left| \frac{(-1)^{n+1} \cos(n^2)}{(n + \sqrt{n})^5} \right| \leq \frac{1}{n^5}$$

Como a série $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^5}$ converge (série harmônica de grau p , com $p > 1$), pelo Critério da Comparação a série dada CONVERGE ABSOLUTAMENTE.

(c) Temos que:

$$\left| (-1)^{n+1} \tan\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right) \right| \leq \tan\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)$$

Temos também:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\tan\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)}{\frac{1}{\sqrt[3]{n}}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sin\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)}{\frac{1}{\sqrt[3]{n}}} \cdot \frac{1}{\cos\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right)} = 1$$

Como a série $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[3]{n}}$ diverge, pelo Critério da Comparação no Limite, a série dada diverge em módulo.

Por outro lado, em $\left] -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right[$, a função $\tan x$ é crescente, e portanto, conforme n cresce, $\frac{1}{\sqrt[3]{n}}$ decresce e $\tan\left(\frac{1}{\sqrt[3]{n}}\right) > 0$. Logo, pelo Critério das Séries Alternadas, a série dada converge.

Como diverge em módulo, a série CONVERGE CONDICIONALMENTE.

Fonte: Ebah (2013).

Para verificar se cada série converge ou diverge, da questão 1 da 1ª Prova de MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV (Figura 4.6), é necessário aplicar conhecimentos de limite, que também estão presentes na questão 1 da prova de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I (Figura 4.5). Esses conteúdos indicam pontos em comum em ambas as disciplinas, como podem ser visualizados no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV
Limites: ✓ Noção intuitiva; ✓ Propriedades algébricas; ✓ Cálculo de limites. ✓ Cálculo de limites tendendo a infinito. Derivadas: ✓ Regras de derivação.	✓ Verificar se uma sequência é convergente ou divergente. ✓ Calcular limites de sequências de números reais. ✓ Regra de l'Hospital. Séries convergentes e divergentes: ✓ Verificar se uma série é convergente ou divergente; ✓ Obter os valores de convergência de uma série; ✓ Critérios de convergência ou divergência: Critério da Razão; Critério da Raiz; Critério de Leibniz; Critério da comparação no Limite. ✓ Verificar o tipo de convergência de uma série: converge absolutamente; converge condicionalmente. ✓ Encontrar o raio e o intervalo de convergência de séries. ✓ Princípio da Indução Finita.
Limites: ✓ Noção intuitiva; ✓ Propriedades algébricas; ✓ Cálculo de limites. ✓ Cálculo de limites tendendo a infinito. Função: ✓ Função seno e cosseno. Integral definida:	✓ Cálculo de integral. ✓ Uso do Teorema de Convergência Pontual. ✓ Encontrar a série de potências que representa uma função. ✓ Fazer a expansão em Série de Taylor de uma função seno hiperbólica. ✓ Desenvolver uma integral em série de potências. ✓ Série de Fourier. ✓ Série de Taylor. ✓ Série de senos e cossenos de uma função. ✓ Calcular a soma de uma série de Fourier. ✓ Identidade de Parseval.
Derivadas: ✓ Regras de derivação; Integrais definidas: ✓ Cálculo de integrais; ✓ Métodos de integração. Equações diferenciais:	✓ Condições iniciais; ✓ Solução geral; ✓ Solução particular; ✓ Equações diferenciais homogêneas; ✓ Equações diferenciais ordinárias.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV utiliza conteúdos e conceitos de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, como limites, derivadas e integrais. Esta relação de pré-requisito está prevista de forma indireta na Estrutura Curricular EC-2, já que o Cálculo Diferencial e Integral IV (MAT2456) tem como pré-requisito o Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II (MAT2454), que por sua vez tem como pré-requisito o Cálculo Diferencial e Integral I (MAT2453).

Outra correlação indicada no Diagrama 4.1 é com PSI2211 – Circuitos Elétricos I, cujo programa de ensino pode ser visto a seguir.

Programa da Disciplina PSI2211 – Circuitos Elétricos I: 1. Conceitos básicos: carga e corrente elétrica. 2. Bipolos elétricos, tensão, potência e energia. Bipolos elementares passivos. 3. Geradores independentes e vinculados. Funções de excitação. 4. Números complexos. Conceito de fasor e representações polar e retangular; relações fasoriais nos bipolos elementares. 5. Redes de bipolos e gráficos. 6. Primeira Lei de Kirchhoff – Conceitos de nós e cortes. Segunda Lei de Kirchhoff – Conceitos de laços e malhas. 7. Leis de Kirchhoff. 8. Equações gerais de análise nodal de redes lineares, a partir da 1ª Lei de Kirchhoff. 9. Análise Nodal de circuitos resistivos. 10. Extensões da análise nodal: geradores ideais de tensão, geradores vinculados e amplificadores operacionais. 11. Análise nodal em RPS. 12. Técnicas de redução e simplificação de redes: associações de fontes, transformações estrela-triângulo. 13. Superposição e Proporcionalidade. 14. Teoremas de Thévenin e de Norton. Teorema da máxima transferência de potência. 15. Estudo de redes de primeira ordem: equações diferenciais ordinárias lineares a coeficientes constantes; o problema do valor inicial e sua solução no domínio do tempo. 16. Comportamento livre e forçado dos circuitos RL e RC de 1ª ordem. 17. O circuito integrador. 18. Cálculos de transitórios em circuitos de 1ª ordem. 19. Estudo de redes de segunda ordem: comportamento livre dos circuitos RLC série e paralelo. 20. Comportamento forçado dos circuitos RLC série e paralelo. 21. Batimento, ressonância, índice de mérito e relação com a banda passante. Outros circuitos de 2ª ordem. 22. Potência e energia em regime permanente senoidal. Potência nos bipolos; fator de potência. 23. Representação complexa de potência. Potências ativa

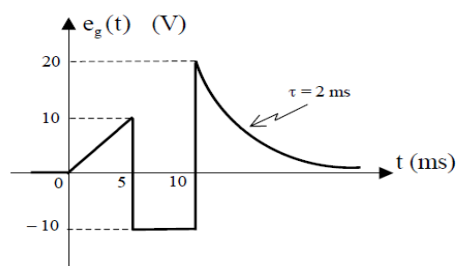
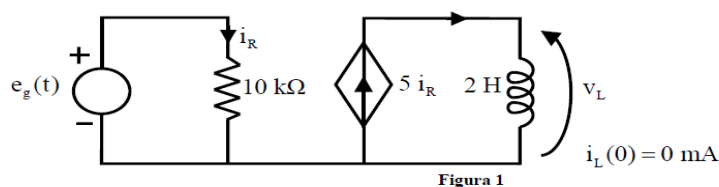
e reativa em impedâncias e admitâncias. 24. Transferência de potência em regime senoidal; adaptação de impedâncias. Conservação de potências em RPS; potência em sistemas monofásicos. 25. Redes polifásicas: Introdução sobre sistemas polifásicos. Sistemas trifásicos simétricos e equilibrados. Diagrama de fasores. 26. Geradores e cargas em estrela e triângulo. Potência e fator de potência nos trifásicos simétricos e equilibrados. Noções de circuitos de distribuição: monofásicos, difásicos, trifásicos. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013).

A título de exemplo, segue uma questão da 1ª Prova de Circuitos Elétricos I, aplicada em 2008 (Figura 4.7), que está entre as provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.4.

Figura 4.7 – Questão da 1ª Prova de PSI2211 – Circuitos Elétricos I, de 2008.

PSI- 2211 – Circuitos Elétricos I – 1ª Prova – 09/04/2008 - Gabarito
1ª Questão (3,0 pontos)

Considere o circuito da Figura 1, onde o gerador de tensão produz um sinal cuja forma de onda está representada na Figura 2.



Pede-se (Utilize o sistema A.F. de unidades e indique todas as unidades):

(1,0) a) Escreva a expressão analítica da corrente $i_R(t)$ que passa pelo resistor, utilizando a função de Heaviside.

Resolução:

Pela Lei de Ohm

$$i_R(t) = \frac{e_g(t)}{R} = \frac{e_g(t)}{10}$$

Assim

$$i_R(t) = \frac{t}{5} [H(t) - H(t-5)] - [H(t-5) - H(t-10)] + 2e^{-(t-10)/2} H(t-10) \quad (\text{mA, ms})$$

ou juntando os termos comuns

$$i_R(t) = \frac{t}{5} H(t) - \left[\frac{t}{5} + 1 \right] H(t-5) + [1 + 2e^{-(t-10)/2}] H(t-10) \quad (\text{mA, ms})$$

(continua)

(1,0) **b)** Esboce o gráfico da potência instantânea $p_R(t)$ dissipada no resistor, indicando todos os valores significativos e escreva sua expressão analítica.

Resolução:

A potência instantânea é dada por $p_R(t) = v_R i_R = e_g i_R = R i_R^2 = \frac{e_g^2}{R}$.

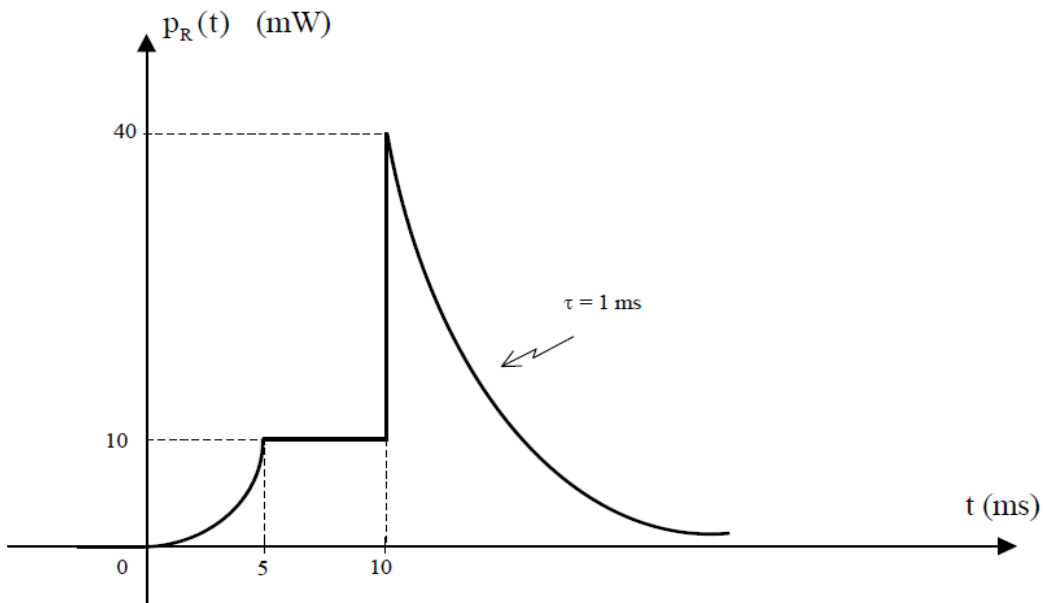
Assim:

$$p_R(t) = \frac{2t^2}{5} [H(t) - H(t-5)] + 10 [H(t-5) - H(t-10)] + 40e^{-(t-10)} H(t-10) \quad (\text{mW, ms})$$

ou juntando os termos comuns

$$p_R(t) = \frac{2t^2}{5} H(t) + \left[10 - \frac{2t^2}{5}\right] H(t-5) + [40e^{-(t-10)} - 10] H(t-10) \quad (\text{mW, ms})$$

O gráfico de $p_R(t)$ é mostrado na figura seguinte.



(1,0) **c)** Esboce o gráfico da tensão $v_L(t)$ no indutor, indicando todos os valores significativos e escreva sua expressão analítica.

Resolução:

A tensão $v_L(t)$ no indutor na convenção do receptor é dada por

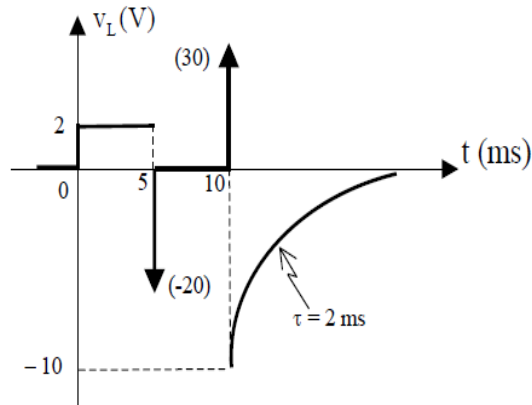
$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = 2 \times 5 \frac{di_R(t)}{dt} = 2 \times 5 \frac{1}{R} \frac{de_g(t)}{dt} = \frac{de_g(t)}{dt} \quad (\text{V, ms})$$

Assim

$$v_L(t) = 2[H(t) - H(t-5)] - 20\delta(t-5) + 30\delta(t-10) - 10e^{-(t-10)/2} H(t-10) \quad (\text{V, ms})$$

(continua)

O gráfico da tensão $v_L(t)$ é mostrado na figura seguinte.



Fonte: Ebah (2013)

Para escrever a expressão analítica da corrente que passa pelo resistor, da questão 1a) da 1ª Prova de PSI2211 – Circuitos Elétricos I (Figura 4.7), considerando o circuito apresentado, é necessário aplicar conhecimentos de funções. Para solucionar a questão 1b) e 1c), ou seja, para fazer o esboço do gráfico da potência instantânea dissipada no resistor e do gráfico da tensão no indutor, indicando todos os valores significativos e escrevendo a expressão analítica de cada um deles, é necessário fazer a interpretação do circuito elétrico e do gráfico em forma de onda apresentado na prova. Todos esses conteúdos são básicos na disciplina MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I, e indicam pontos em comum em ambas as disciplinas, como podem ser visualizados no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e PSI2211 – Circuitos Elétricos I.

MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	PSI2211 Circuitos Elétricos I
Função: ✓ Conceito; ✓ Expressão algébrica; ✓ Gráfico.	✓ Escrever a expressão analítica da excitação dado um circuito e o gráfico da tensão de um gerador, utilizando a função de Heaviside (função degrau). ✓ Interpretar o gráfico do módulo da resposta em frequência para um dado resistor e determinados valores de outro resistor e para a corrente. ✓ Identificar e interpretar o gráfico da fase da resposta em frequência de um circuito. ✓ Interpretar o gráfico da resposta em frequência para encontrar o valor da frequência de um corte em um circuito.
Funções trigonométricas: ✓ Noção de radiano; ✓ Funções senoidais.	✓ Compreender a unidade de uma frequência de corte do circuito, em rad/s. ✓ Identificar a tensão de um gerador dada por uma função de excitação. ✓ Compreender um circuito em regime senoidal.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2211 – Circuitos Elétricos I utiliza alguns conceitos de MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I relacionados às funções, como a representação e interpretação de um gráfico, funções trigonométricas, envolvendo a noção de radiano. É interessante verificar que esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2, pois não há pré-requisitos para a disciplina de Circuitos Elétricos I.

A seguir, pode-se ver o Programa de Ensino e uma questão da Prova Substitutiva de Circuitos Elétricos II (Figura 4.6), aplicada em 2010, que foi uma das provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.5.

Programa da Disciplina PSI2212 – Circuitos Elétricos II: 1. Equações diferenciais lineares e transformada de Laplace. Transformada de Laplace: definição e linearidade. 2. Cálculo de transformadas básicas. Propriedades e teoremas da transformada de Laplace. 3. Inversão da transformada de Laplace; Método da

expansão em frações parciais. 4. Transformação de Laplace e redes elétricas. Aplicação da transformada de Laplace na resolução de circuitos. 5. Funções de rede e funções de transferência; polos e zeros. 6. Frequências complexas próprias e modos naturais. Teoremas de valor inicial e do valor final. 7. Resposta impulsiva e convolução. 8. Funções de rede e regime permanente senoidal; resposta em frequência. 9. Equações gerais de análise nodal de circuitos resistivos. 10. Extensões da análise nodal: geradores ideais de tensão, geradores vinculados e amplificadores operacionais. 11. Análise nodal de redes RLC; resolução por Laplace. Introdução de condições iniciais em análise nodal: fontes equivalentes. 12. Equações gerais da análise de malhas de circuitos lineares planares, a partir da 2ª Lei de Kirchhoff. Análise de malhas de circuitos resistivos. 13. Extensões da análise de malhas: geradores ideais de corrente e geradores vinculados. 14. Análise de malhas de redes RLC; resolução por Laplace. Introdução de condições iniciais. Observações sobre dualidade e análise de redes. 15. Análise nodal modificada: variáveis de ANM. ANM de redes resistivas. 16. ANM de redes RCL; resolução por Laplace; ANM em RPS. 17. Aplicações computacionais da ANM. Integração numérica das equações de ANM. Estrutura e tipos de análise do programa PSPICE. 18. Propriedades de redes lineares: frequências complexas próprias. Estabilidade: definições e critérios. Componentes constantes de respostas livres. 19. Funções de rede e relações com frequências complexas próprias. Método das impedâncias. 20. Normalização de frequência e impedância. Decibéis e nepers. 21. Teoremas de redes lineares: Teoremas da superposição, Thévenin e Norton. 22. Indutância Mútua: definição de indutância mútua. Generalização para n bobinas acopladas. 23. Inclusão da indutância mútua nos métodos de análise. 24. Coeficiente de acoplamento: transformador ideal e transformador perfeito. Noções sobre modelos de transformadores e transformadores de medidas. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013).

A título de exemplo, segue uma questão da Prova Substitutiva de Circuitos Elétricos II, aplicada em 2010 (Figura 4.8), que está entre as provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.5.

Figura 4.8 – Questão da Prova Substitutiva de PSI2212 – Circuitos Elétricos II, de 2010.

PSI.2212 – CIRCUITOS ELÉTRICOS II

Prova Substitutiva – 10/12/10

1ª Questão: (4,0 pontos)

GABARITO

Um gerador trifásico com tensão fase-neutro igual a 127 V alimenta uma carga ligada em triângulo cuja impedância por fase é $Z_f = 88,5 + j 57 \Omega$, através de uma linha de transmissão cuja impedância por fase é $Z = 0,5 + j 1 \Omega$.

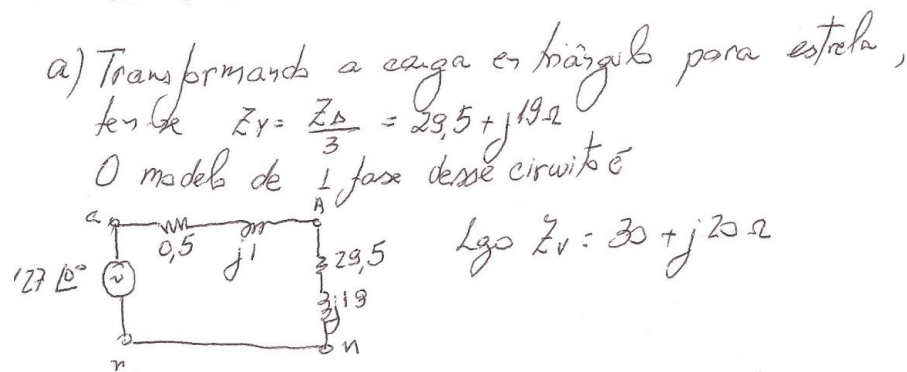
As tensões no gerador \hat{V}_{an} , \hat{V}_{bn} e \hat{V}_{cn} formam um sistema trifásico simétrico de sequência positiva. Pede-se calcular:

a) A impedância (Z_v), “vista” pelo gerador entre cada fase e o neutro da instalação (isto é, o valor da tensão do gerador dividida por sua corrente). **Justifique a sua resposta.**

b) Supondo que a resposta do item a) seja $Z_v = 30 + j 20 \Omega$, obtenha o valor da corrente de linha \hat{I}_b em módulo e fase. **Justifique a sua resposta.**

c) Supondo que a resposta do item b) seja $\hat{I}_b = 3,52 \angle -153,69^\circ$ A, calcule a tensão da linha \hat{V}_{EA} sobre a fase da carga. **Justifique a sua resposta.**

d) Supondo que a resposta do item c) seja $\hat{V}_{\text{EA}} = 214,07 \angle 149,09^\circ$ V, obtenha os valores da potência ativa recebida pela carga, da potência ativa fornecida pelo gerador e da potência ativa dissipada na linha de transmissão. Verifique que esses resultados satisfazem o teorema da conservação da potência ativa.



$$b) \hat{I}_{aA} = \frac{127 \angle 0^\circ}{30 + j 20} = 3,52 \angle -33,19^\circ$$

Como o sistema é passivo $\hat{I}_{bB} = \hat{I}_{aA} \angle -120^\circ$

$$\hat{I}_{bB} = 3,52 \angle -153,69^\circ$$

$$c) \hat{V}_{aA} = (29,5 + j 19)(3,52 \angle -33,19^\circ) = 123,51 \angle -9,41^\circ$$

$$\hat{V}_{cN} = 123,51 \angle 119,59^\circ$$

$$\hat{V}_{\text{EA}} = \hat{V}_{cN} - \hat{V}_{aA} = |\hat{V}_{aA}| \cdot \sqrt{3} \angle (\angle \hat{V}_{cN} + 30^\circ) \approx 214,07 \angle 149,09^\circ$$

(continua)

$$d) P_{\text{ativa carga}} = 3.R_g \cdot |I_f|^2 = 1098,01 \text{ W}$$

$$P_{\text{ativa gerador}} = \sqrt{3} \cdot V_\ell I_\ell \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 127 \cdot \sqrt{3} \cdot 3,52 \cdot 0,832 = 1116,62 \text{ W}$$

$$P_{\text{ativa linha}} = 3 R_\ell |I_\ell|^2 = 3 \cdot 0,5 (3,52)^2 = 18,61 \text{ W}$$

$$P_{\text{ativa carga}} + P_{\text{ativa linha}} = P_{\text{ativa gerador}}$$

(dentro das aproximações numéricas utilizadas)

Fonte: Ebah (2013).

Quadro 4.5 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2453 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I e PSI2212 – Circuitos Elétricos II.

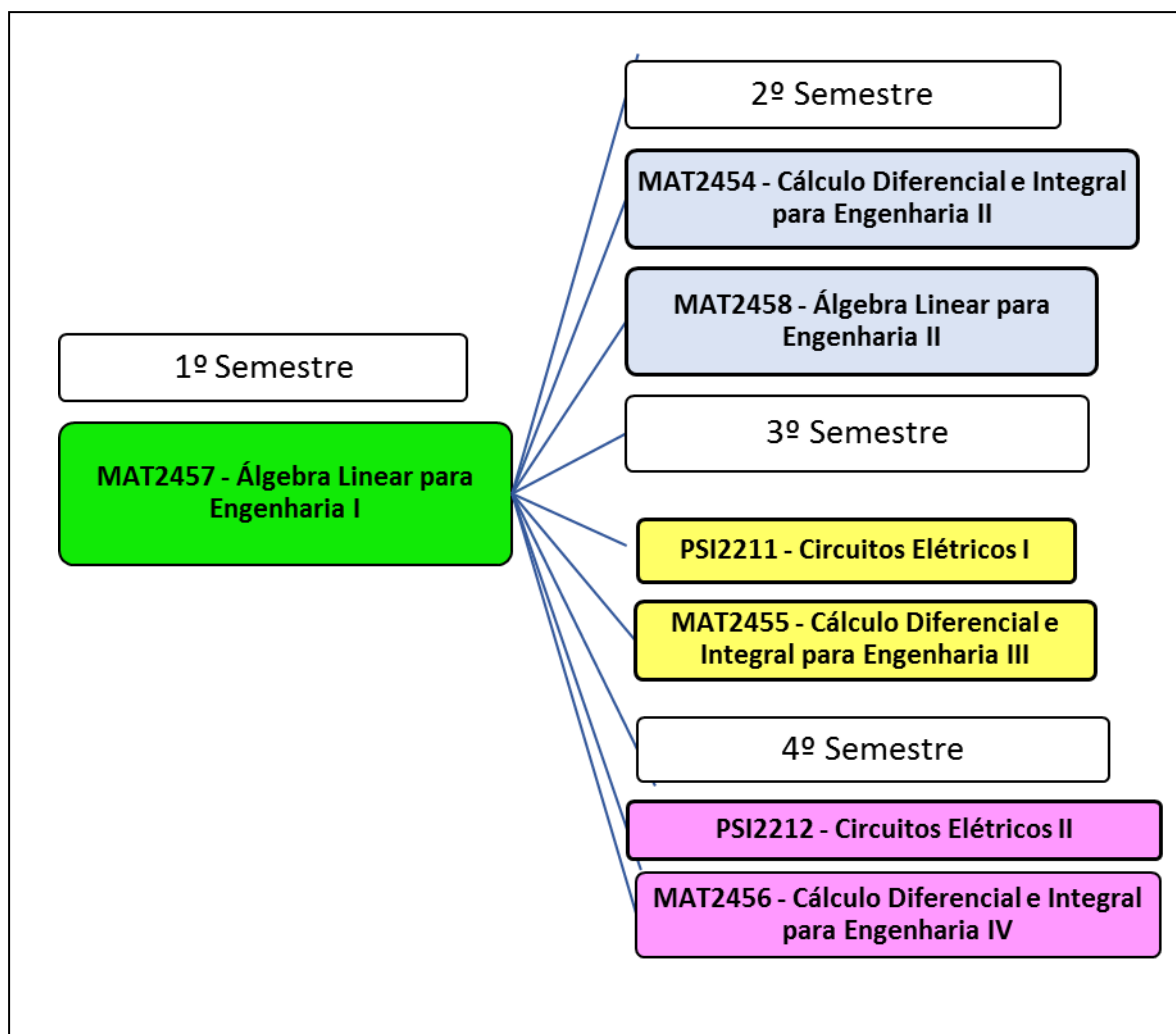
MAT2453 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	PSI2212 Circuitos Elétricos II
Função: ✓ Conceito; ✓ Gráfico; ✓ Funções senóides.	✓ Função de excitação.
	✓ Traçar curvas de resposta em frequência.
	✓ Determinar as funções de transferência (fase mínima).
Função: ✓ Conceito; ✓ Gráfico; ✓ Funções senóides. Limite: ✓ Cálculo de limite. Integral: ✓ Técnicas de integração; Integral definida.	Transformada de Laplace: ✓ Associar gráfico à Transformada de Laplace. ✓ Encontrar a Transformada de Laplace de uma função. Aplicar a Transformada de Laplace na resolução de circuitos.
Função: ✓ Conceito; ✓ Gráfico; ✓ Funções senóides. Limite: ✓ Cálculo de limite. Integral: ✓ Técnicas de integração; Integral definida.	Série de Fourier: ✓ Calcular a série de Fourier para o sinal dado pelo gráfico de uma função; ✓ Calcular a série de Fourier que representa o sinal periódico de tensão x tempo dado pelo gráfico; ✓ Determinar os coeficientes de Fourier para uma função dada pelo gráfico; ✓ Determinar a série de Fourier (expressão analítica) da função dada pelo gráfico; ✓ Determinar a Transformada de Fourier de uma função dada por um gráfico.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2212 - Circuitos Elétricos II utiliza conceitos e conteúdos de função, limite e integral de MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I para os conteúdos de Transformada de Laplace e Transformada de Fourier, na aplicação de resolução de circuitos e na análise de redes lineares. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2, pois somente a disciplina PSI2211- Circuitos Elétricos I é pré-requisito para a disciplina PSI2212- Circuitos Elétricos II.

O Diagrama 4.2 mostra as disciplinas que estão correlacionadas com MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I.

Diagrama 4.2 – Disciplinas correlacionadas com MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I.



Fonte: Autor (2017).

Como as correlações indicadas no Diagrama 4.2 foram estabelecidas a partir da Álgebra Linear para Engenharia I, apresenta-se, a seguir, o seu programa de ensino e uma questão da 2ª Prova, na Figura 4.7, aplicada em 2005.

Programa da Disciplina MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I: 1. O espaço dos vetores da geometria, V^3 - soma de vetores e multiplicação de vetores por números reais; dependência linear; base; coordenadas; mudança de base, produto escalar; produto vetorial. 2. Geometria analítica no espaço - sistemas de coordenadas; equações vetorial e paramétrica de retas e de planos; equações geral do plano; vetor normal a um plano, posição relativa entre retas, retas e planos e entre planos, distância. 3. Sistemas lineares homogêneos e não homogêneos com coeficientes reais - resolução pelo método do escalonamento. 4. Matrizes -

operações com matrizes; representação matricial de um sistema linear; matrizes invertíveis; cálculo da matriz inversa através do escalonamento, determinante de uma matriz. 5. Espaços vetoriais sobre \mathbb{R} - propriedades; subespaços vetoriais; dependência linear; base; dimensão; coordenadas. 6. Soma e soma direta de subespaços vetoriais. (JÚPITER, 2013).

Figura 4.9 – Questão da 2ª Prova de MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I, de 2008.

2ª Prova de Álgebra Linear para Engenharia I - MAT 2457
18/05/2005

A

Q	N
1	
2	
3	
4	
Total	

Nome : _____
 N°USP : _____
 Professor(a) : _____
 Turma : _____

JUSTIFIQUE TODAS AS SUAS RESPOSTAS

1ª Questão: (2,0) Seja $\Sigma = (O, E)$ um sistema de coordenadas ortogonal e sejam:
 $A = (-2, 1, 0)$ e $B = (1, 3, 1)$.

(a) Encontre uma equação vetorial da reta r determinada por A e B .

(b) Encontre uma equação geral para o plano π que passa pela origem e é perpendicular à reta r .

(a) Se $A = (-2, 1, 0)$ e $B = (1, 3, 1)$, então
 um vetor diretor para r pode ser:
 $\vec{AB} = (3, 2, 1)$ e portanto:
 $r: X = A + \lambda \vec{AB}$,
 $X = (-2, 1, 0) + \lambda (3, 2, 1)$.

(b) Se π é perpendicular a r , então
 $\vec{n} \parallel \vec{AB}$, logo:
 $\pi: 3x + 2y + z = 0$.

Fonte: Ebah (2013).

O programa de ensino e uma questão da Prova de Recuperação de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, aplicada em 2007, já foram apresentados anteriormente, para a elaboração do Quadro 4.1. Essas matérias também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.

MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II
Equações cartesianas e parametrização: ✓Equação geral de uma reta. ✓Equação geral de um plano. ✓Equação vetorial de uma reta. ✓Posições relativas entre duas retas. ✓Posições relativas entre reta e plano. ✓Distância entre ponto e reta. ✓Distância entre ponto e plano. ✓Distância entre reta e plano. ✓Sistema de coordenadas ortogonal.	✓Parametrização de uma curva. ✓Pontos de auto intersecção de uma curva. ✓Equação da reta tangente a um ponto da curva de uma função de duas variáveis. ✓Equação do plano tangente ao gráfico de uma função de duas variáveis. ✓Equação do plano tangente a uma superfície de nível.
Vetores do \mathbb{R}^3 e operações: ✓Coordenadas de um vetor numa base de V^3 . ✓Vetores ortogonais. ✓Vetor normal a um plano.	✓Comportamento do vetor tangente em cada ponto de uma curva.
	✓Vetor de torção de uma curva.
	✓Gradiente.
✓Derivada direcional.	

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II utiliza vários conceitos e conteúdos de MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I, relacionados a equações cartesianas e parametrização, e as operações com vetores. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2.

O programa de ensino e uma questão da 2ª Prova de Álgebra Linear para Engenharia I, aplicada em 2008, já foram apresentados anteriormente, para a elaboração do Quadro 4.6. Essas matérias também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.7.

A seguir, pode-se ver o programa de ensino e uma questão da 1ª Prova de Álgebra Linear para Engenharia II, na Figura 4.8, aplicada em 2005, que foi uma das provas utilizadas para a análise de conteúdos de correlação e a elaboração do Quadro 4.7.

Programa da Disciplina MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II: 1. Espaços vetoriais com produto interno – ortogonalidade; bases ortogonormais; processode Gram Schmidt; projeção ortogonal; melhor aproximação. 2. Transformações lineares – núcleo e imagem; matriz de uma transformação linear; matriz da transformação composta; mudança de base. 3. Autovalores e autovetores; diagonalização de operadores lineares. 4. Operações lineares simétricos – diagonalização; classificação de cônicas e de quádrlica. 5. Espaços vetoriais sobre C. 6. Equações e sistemas de equações diferenciais lineares de primeira ordem com coeficientes constantes. (JÚPITER, 2013).

Figura 4.10 – Questão da 1ª Prova de MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II, de 2005.

1ª Prova de Álgebra Linear para Engenharia II - MAT 2458
Escola Politécnica - 14/09/2005

Turma A

Q	N
1	
2	
3	
4	
Total	

Nome : _____
NºUSP : _____
Professor(a) : _____
Turma : _____

JUSTIFIQUE TODAS AS SUAS RESPOSTAS

1ª Questão: Considere \mathbb{R}^3 com o produto interno usual e seja $W \subset \mathbb{R}^3$ o subespaço

$$W = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x + y - z = 0\}.$$

Seja $T : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ definida por $T(x, y, z) = \text{proj}_W(x, y, z)$, a projeção ortogonal de (x, y, z) em W ,

a) (1,5 pontos) Ache a expressão de $T(x, y, z)$.

b) (1,0 ponto) Ache uma base B de \mathbb{R}^3 tal que

$$[T]_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

(continua)

(a)

• Determinar uma base de W .

$$u = (x, y, z) \in W \Leftrightarrow u = (x, y, x+y) = x(1, 0, 1) + y(0, 1, 1)$$

Logo, $W = \left[\underbrace{(1, 0, 1)}_{u_1}, \underbrace{(0, 1, 1)}_{u_2} \right]$. Como $\{u_1, u_2\} \in$ l. i., temos que $\{u_1, u_2\}$ é uma base de W .• Determinar uma base ortogonal de W .

$$\text{Seja } v_1 = u_1 = (1, 0, 1) \quad \|v_1\|^2 = 2$$

$$v_2' = u_2 - \frac{\langle u_2, v_1 \rangle}{\|v_1\|^2} v_1 = (0, 1, 1) - \frac{1}{2}(1, 0, 1)$$

$$v_2' = \left(-\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2}\right)$$

Seja $v_2 = (-1, 2, 1)$. Então $\{v_1, v_2\}$ é base ortogonal de W . (Processo de Ortogn. de G-S.)• Determinar $T(x, y, z)$.

A

Sabemos que se $\{v_1, v_2\}$ é base ortogonal de W e $u \in \mathbb{R}^3$ então

$$T(u) = \text{proj}_W u = \frac{\langle u, v_1 \rangle}{\|v_1\|^2} v_1 + \frac{\langle u, v_2 \rangle}{\|v_2\|^2} v_2.$$

Assim, se $u = (x, y, z) \in \mathbb{R}^3$, temos

$$\begin{aligned} T(u) = T(x, y, z) &= \frac{(x+z)}{2} (1, 0, 1) + \frac{(-x+2y+z)}{6} (-1, 2, 1) \\ &= \left(\frac{4x+2y+2z}{6}, \frac{-2x+4y+2z}{6}, \frac{2x+2y+4z}{6} \right) \end{aligned}$$

Logo,

$$T(x, y, z) = \left(\frac{2x+y+z}{3}, \frac{-x+2y+z}{3}, \frac{x+y+2z}{3} \right)$$

(b) $T(u) = \text{proj}_W u$. Logo, $T(u) = u$ se $u \in W$
 $T(u) = 0$ se $u \in W^\perp$ Como $W = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \mid x+y-z=0\}$, sabemos que $v_3 = (1, 1, -1) \in W^\perp$. Por outro lado, $\{v_1, v_2\}$ é base ortogonal de W . Logo, $\mathcal{B} = \{v_1, v_2, v_3\}$ é base de \mathbb{R}^3 e

$$T(v_1) = v_1$$

$$T(v_2) = v_2$$

$$T(v_3) = 0.$$

Logo,

$$[T]_{\mathcal{B}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Quadro 4.7 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II.

MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II
<p>Geometria analítica na dimensão 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Vetores e operações; ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Base e dimensão; ✓ Combinação linear; ✓ Dependência e independência linear; ✓ Sistema de coordenadas ortogonal; ✓ Coordenadas de um vetor numa base; ✓ Vetores ortogonais; ✓ Vetor normal a um plano; ✓ Projeção ortogonal de um vetor; <p>Fundamentos da teoria de matrizes e suas aplicações para a resolução de sistemas de equações lineares.</p> <p>Resolução de sistemas de equações lineares por escalonamento.</p>	<p>Espaço vetorial:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Combinação linear e espaço gerado; ✓ Dependência e independência linear; ✓ Base e dimensão; ✓ Polinômios e funções como vetores.
	<p>Transformação linear:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Operações com transformações lineares; ✓ Núcleo e imagem de uma transformação linear; ✓ Transformação linear injetora e sobrejetora; ✓ Isomorfismo (transformação linear bijetora); ✓ Representação matricial e transformações lineares; ✓ Matriz inversa; ✓ Álgebra das matrizes e transformações lineares; ✓ Matriz representando vetor: coordenadas.
	<p>Espaços com produto interno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Produto interno; ✓ Bases ortogonais; ✓ Norma e projeção ortogonal.
	<p>Autovetores e diagonalização:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Polinômios; ✓ Autovalores, autovetores e autoespaços; ✓ Operadores diagonalizáveis; ✓ Subespaços invariantes e operadores triangularizáveis.
	<p>Sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas.</p>

Fonte: Autor (2017).

A disciplina Álgebra Linear para Engenharia II utiliza vários conceitos e conteúdos de Álgebra Linear para Engenharia I. Esta correlação aparece na Estrutura Curricular EC-2, pois MAT2457 é pré-requisito para MAT2458. Alguns conteúdos poderiam ser reduzidos e trabalhados em apenas uma dessas disciplinas, dando-se um enfoque maior nas suas aplicações, pois parte dos conteúdos dessas disciplinas não tem sentido para os estudantes.

Os programas de ensino e uma questão das Provas de Álgebra Linear para Engenharia I e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadro 4.2 e 4.6. Esses materias também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.

MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	MAT2455 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III
Equações cartesianas e parametrização: ✓Equação geral de uma reta. ✓Equação geral de um plano. ✓Equação vetorial de uma reta. ✓Posições relativas entre duas retas. ✓Posições relativas entre reta e plano. ✓Distância entre ponto e reta. ✓Distância entre ponto e plano. ✓Distância entre reta e plano. ✓Sistema de coordenadas ortogonal.	✓Superfícies parametrizadas. ✓Cálculo de área de superfícies parametrizadas.
Vetores: ✓Coordenadas de um vetor numa base de V^3 . ✓Vetores ortogonais. ✓Vetor normal a um plano.	✓Campos vetoriais. ✓Campos gradientes. ✓Campos conservativos. ✓Rotacional. ✓Teorema de Green. ✓Superfícies orientáveis.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2458 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III utiliza vários conceitos e conteúdos de MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I. O conceito de vetor é fundamental para o desenvolvimento dos campos vetoriais, campos gradientes e campos conservativos, bem como para o estudo de rotacional e superfícies orientáveis. O estudo das equações cartesianas também é essencial

para a compreensão das equações de superfície. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2.

Os programas de ensino e uma questão das provas de Álgebra Linear para Engenharia I e Circuitos Elétricos I já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.6 e 4.4. Essas matérias também foram utilizadas para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e PSI2211 – Circuitos Elétricos I.

MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	PSI2211 Circuitos Elétricos I
Espaço dos vetores da geometria, V^3 : ✓ Soma de vetores; ✓ Multiplicação de vetores por números reais; ✓ Produto escalar; ✓ Produto vetorial.	✓ Identificar relações entre tensões em um circuito elétrico.
Sistemas lineares homogêneos e não homogêneos com coeficientes reais: ✓ Resolução pelo método do escalonamento.	✓ Apresentar equações da análise nodal de um circuito e apresentá-lo na forma matricial (lei de Kirchhoff).
Matrizes: ✓ Operações com matrizes; ✓ Representação matricial de um sistema linear; ✓ Matrizes invertíveis; ✓ Cálculo da matriz inversa através do escalonamento; ✓ Determinante de uma matriz.	✓ Resolver sistema de análise nodal de redes resistivas lineares. ✓ Resolver sistema de equações para encontrar o valor da corrente em um circuito.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2211 - Circuitos Elétricos I utiliza conceitos e conteúdos sobre vetores, matrizes, determinantes e resolução de sistemas lineares de MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2, pois não há pré-requisito para a disciplina de Circuitos Elétricos I.

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Álgebra Linear para Engenharia I e Cálculo Diferencial e Integral IV já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.6 e 4.3. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.10.

Quadro 4.10 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV
Geometria analítica na dimensão 3: ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Base e dimensão; ✓ Combinação linear; ✓ Dependência e independência linear; Matrizes: ✓ Fundamentos da teoria de matrizes e suas aplicações para a resolução de sistemas de equações lineares; Sistemas lineares homogêneos e não homogêneos com coeficientes reais: ✓ Resolução pelo método do escalonamento.	Equações diferenciais ordinárias lineares: ✓ Polinômio característico associado a equações diferenciais ordinárias. ✓ Dada uma solução de uma equação diferencial, obter outra solução tal que as duas soluções sejam linearmente independentes. ✓ Utilização da resolução de sistema linear para resolver uma equação diferencial.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV utiliza vários conceitos e conteúdos de MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I, como geometria analítica, matrizes e sistemas lineares. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2.

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Álgebra Linear para Engenharia I e Circuitos Elétricos II já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.6 e 4.5. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2457 – Álgebra Linear para Engenharia I e PSI2212 – Circuitos Elétricos II.

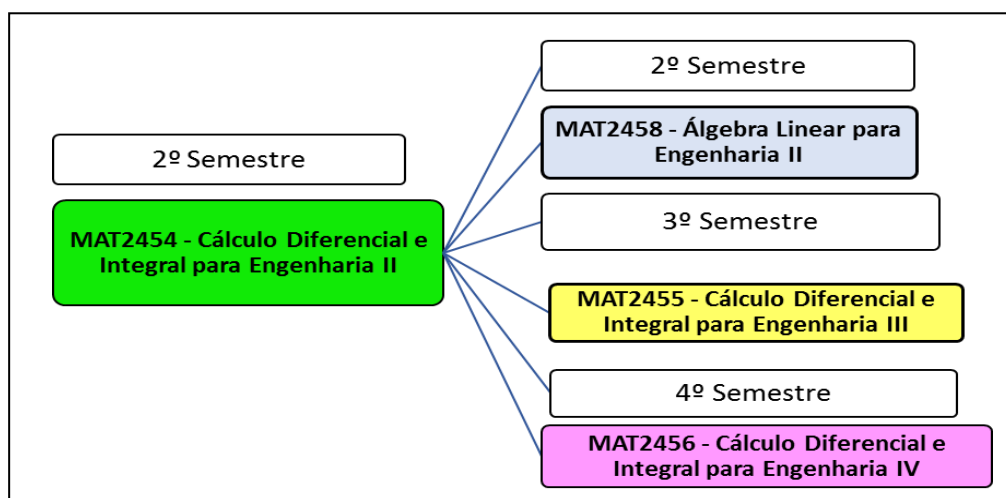
MAT2457 Álgebra Linear para Engenharia I	PSI2212 Circuitos Elétricos II
<p>Sistemas lineares homogêneos e não homogêneos com coeficientes reais: ✓ Resolução pelo método do escalonamento.</p> <p>Matrizes: ✓ Operações com matrizes; ✓ Representação matricial de um sistema linear; ✓ Matrizes invertíveis; ✓ Cálculo da matriz inversa através do escalonamento; ✓ Determinante de uma matriz.</p>	<p>Equações diferenciais lineares e transformada de Laplace: ✓ Cálculo de transformadas básicas; ✓ Propriedades e teoremas da transformada de Laplace; ✓ Inversão da transformada de Laplace; ✓ Método da expansão em frações parciais;</p> <p>Transformação de Laplace e redes elétricas: ✓ Aplicação da transformada de Laplace na resolução de circuitos; ✓ Funções de rede e funções de transferência, polos e zeros.</p>

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2212 - Circuitos Elétricos II utiliza sistemas lineares e operações com matrizes e determinantes de MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I. Esta correlação não aparece na Estrutura Curricular EC-2.

O Diagrama 4.3 mostra as disciplinas que estão correlacionadas com MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.

Diagrama 4.3 – Disciplinas correlacionadas com MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.



Fonte: Autor (2017).

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e Álgebra Linear para Engenharia II já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.1 e 4.7. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.

MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II	MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derivada direcional. ✓ Gradiente. ✓ Matriz Hessiana. 	Espaço vetorial: ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Polinômios e funções como vetores.
	Transformação linear: ✓ Operações; ✓ Representação matricial; ✓ Álgebra das matrizes; ✓ Matriz representando vetor: coordenadas.
	Sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II utiliza os conceitos de derivada direcional, gradiente e matriz hessiana, que fazem parte dos conteúdos de MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II.

Os programas de ensino e uma questão das provas de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.1 e 4.2. Esses materiais também foram utilizados para a elaboração do Quadro 4.13.

Quadro 4.13 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.

MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II	MAT2455 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III
✓ Funções de duas ou mais variáveis.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Integrais de superfícies. ✓ Descrever uma região de \mathbb{R}^3 cujo volume é dado por uma integral dupla. ✓ Cálculo de volume de uma região de \mathbb{R}^3 por integral dupla. ✓ Cálculo da área de uma região por integral tripla. ✓ Determinar a massa de um sólido dado sua função de densidade e que tem a forma da região limitada superiormente por uma esfera e inferiormente por um plano, usando integral tripla. ✓ Cálculo da massa de um sólido, dado a função massa e a função densidade.

Fonte: Autor (2017).

As funções de duas ou mais variáveis, da disciplina MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II, são muito importantes para o desenvolvimento de MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.1 e 4.3. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.14.

Quadro 4.14 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2454 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

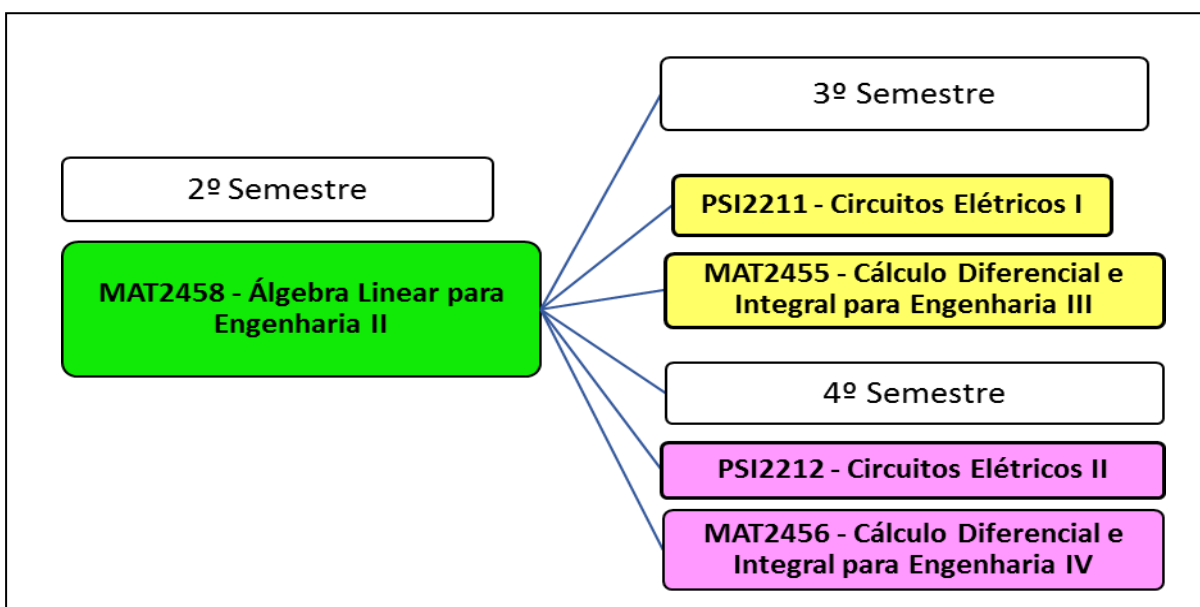
MAT2454 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II	MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV
✓ Limites e derivadas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sequências; ✓ Séries; ✓ Limites de sequências de números reais; ✓ Regra de l'Hospital; ✓ Séries convergentes e séries divergentes; ✓ Raio e intervalo de convergência de séries. ✓ Série de Taylor.

Fonte: Autor (2017).

Limites e derivadas, da disciplina MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II são importantes para o desenvolvimento de MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

O Diagrama 4.4 mostra as disciplinas que estão correlacionadas com MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II.

Diagrama 4.4 – Disciplinas correlacionadas com MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.



Fonte: Autor (2017).

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas Álgebra Linear para Engenharia II e de Circuitos Elétricos I já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadro 4.7 e 4.4. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.15.

Quadro 4.15 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II e PSI2211 – Circuitos Elétricos I.

MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II	PSI2211 Circuitos Elétricos I
Espaço vetorial: ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Combinação linear e espaço gerado; ✓ Dependência e independência linear; ✓ Base e dimensão; ✓ Polinômios e funções como vetores. Sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas.	✓ Identificar relações entre tensões em um circuito elétrico.
	✓ Apresentar equações da análise nodal de um circuito e apresentá-lo na forma matricial (lei de Kirchhoff).
	✓ Resolver sistema de análise nodal de redes resistivas lineares. ✓ Resolver sistema de equações para encontrar o valor da corrente em um circuito.

Fonte: Autor (2017).

Para o desenvolvimento dos conteúdos de PSI2211 - Circuitos Elétricos I utiliza-se Espaço Vetorial, Polinômios e funções como vetores, bem como sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas, que fazem parte de MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.

Os programas de ensino e uma questão das provas de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.1 e 4.2. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.16.

Quadro 4.16 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II e MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III.

MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II	MAT2455 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III
✓ Sistema de coordenadas ortogonal.	Integrais de linha – Teorema de Green: ✓ Campos vetoriais; ✓ Campos gradientes; ✓ Rotacional; ✓ Integral dupla de linha de campos vetoriais; ✓ Teorema de Green; ✓ Campos conservativos.
	Integrais de superfícies – Teorema de Gauss e Stokes: ✓ Superfícies orientáveis; ✓ Integrais de superfície de campos vetoriais; ✓ Teorema de Gauss; ✓ Teorema de Stokes.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III utiliza, basicamente, sistema de coordenadas ortogonal, que faz parte de MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Álgebra Linear para Engenharia II e Circuitos Elétricos II já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.7 e 4.5. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.17.

Quadro 4.17 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II e PSI2212 – Circuitos Elétricos II.

MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II	PSI2212 Circuitos Elétricos II
✓ Sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas.	✓ Equações diferenciais lineares.
	✓ Dado um circuito elétrico descrito por um sistema de equações diferenciais, dadas as condições iniciais, obter a função de rede do circuito para a entrada e a saída.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2212 - Circuitos Elétricos II utiliza resolução de sistemas de equações diferenciais lineares homogêneas, que fazem parte da disciplina MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Álgebra Linear para Engenharia II e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.7 e 4.3. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.18.

Quadro 4.18 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2458 – Álgebra Linear para Engenharia II e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

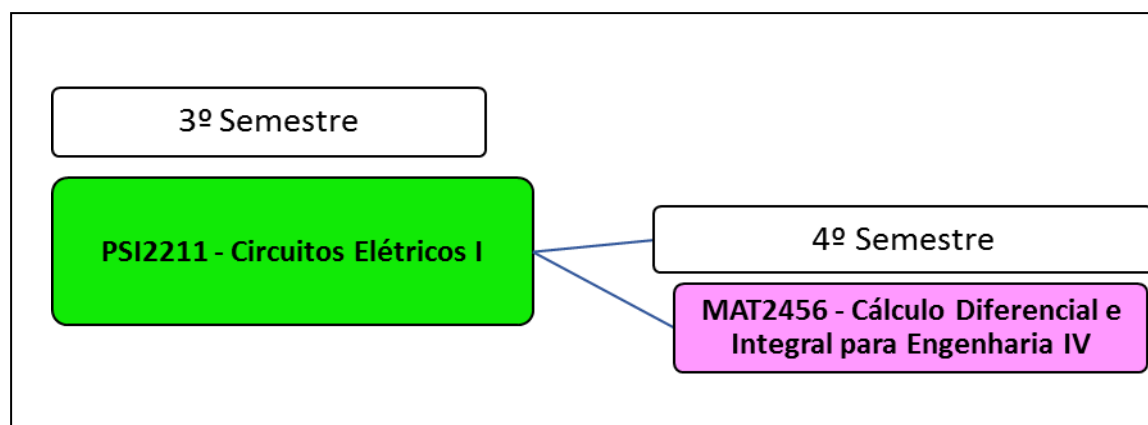
MAT2458 Álgebra Linear para Engenharia II	MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV
<p>Espaço vetorial:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espaço e subespaço vetorial; ✓ Combinação linear e espaço gerado; ✓ Dependência e independência linear; ✓ Polinômios e funções como vetores. <p>Transformação linear:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Representação matricial e transformações lineares; ✓ Álgebra das matrizes e transformações lineares. <p>Sistemas de equações lineares homogêneas.</p>	<p>Equações diferenciais ordinárias lineares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Polinômio característico associado a equações diferenciais ordinárias. ✓ Dada uma solução de uma equação diferencial, obter outra solução tal que as duas soluções sejam linearmente independentes. ✓ Utilização da resolução de sistema linear para resolver uma equação diferencial.

Fonte: Autor (2017).

Para o desenvolvimento de conteúdos como equações diferenciais ordinárias lineares, que fazem parte da disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV, são necessários conceitos de espaços vetoriais e transformações lineares, da disciplina MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II.

O Diagrama 4.5 mostra a disciplina que está correlacionada com PSI2211 – Circuitos Elétricos I.

Diagrama 4.5 – Disciplinas correlacionadas com PSI2211 - Circuitos Elétricos I.



Fonte: Autor (2017).

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Circuitos Elétricos I e Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.3 e 4.4. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.19.

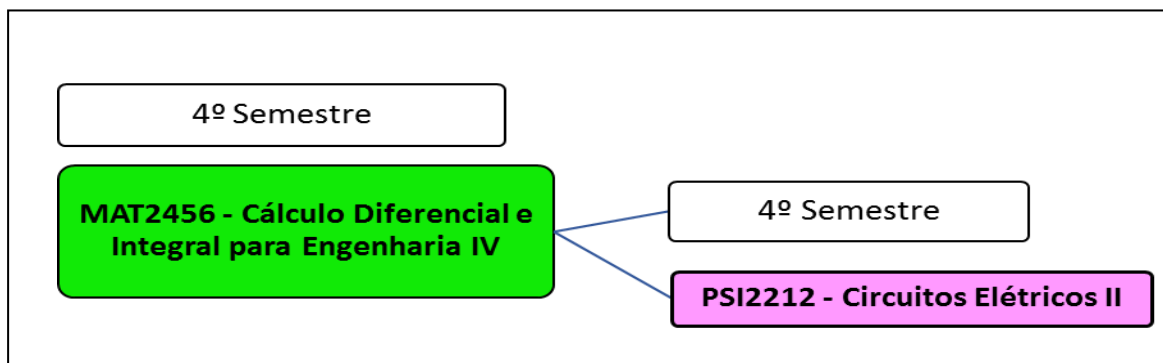
Quadro 4.19 – Conteúdos e/ou habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas PSI2211 – Circuitos Elétricos I e MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

PSI2211 Circuitos Elétricos I	MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV
✓Equações diferenciais ordinárias lineares.	✓Equações diferenciais homogêneas: condição inicial, solução particular, solução geral.
	✓Resolução de equações diferenciais por série de potências.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV desenvolve conteúdos de equações diferenciais, que também são utilizadas pela disciplina PSI2211 - Circuitos Elétricos I, o que mostra uma correlação entre essas disciplinas. O Diagrama 4.6 mostra a disciplina que está correlacionada com MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

Diagrama 4.6 – Disciplinas correlacionadas com MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.



Fonte: Autor (2017).

Os programas de ensino e uma questão de uma das provas de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV e Circuitos Elétricos II já foram apresentados anteriormente, para a elaboração dos Quadros 4.3 e 4.5. Esses materiais também foram utilizados para a análise de conteúdos e a elaboração do Quadro 4.20.

Quadro 4.20 – Conteúdos e habilidades que caracterizam a correlação entre as disciplinas MAT2456 – Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV e PSI2212 – Circuitos Elétricos II.

MAT2456 Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV	PSI2212 Circuitos Elétricos II
✓ Séries de Fourier.	✓ Gráfico de tensão. ✓ Série de Fourier.
✓ Equações diferenciais.	✓ Circuito elétrico descrito por um sistema de equações diferenciais, dadas as condições iniciais. ✓ Transformada de Laplace para obter a função de rede de um circuito.

Fonte: Autor (2017).

A disciplina PSI2212 - Circuitos Elétricos II utiliza séries de Fourier e equações diferenciais da disciplina MAT2456 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV.

A análise de provas, ementas e planos de ensino indicam que as disciplinas estudadas neste trabalho são tratadas de forma desconexa a outras disciplinas do

Ciclo Básico, com pouca contextualização, e por isso, muitas vezes, sem propósito para os alunos.

Alguns conteúdos estão presentes em mais de uma disciplina, e provavelmente serão tratados em disciplinas específicas do curso de engenharia. Isso parece ser um indicativo de que elas são importantes para os futuros engenheiros. Porém, qual seria a melhor forma de trabalhar com esses conteúdos comuns?

Concluindo, a análise das tabelas de conteúdos e/ou habilidades mostra que existem muitas correlações entre disciplinas do Ciclo Básico do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos, da Epusp. Isso pode sugerir a existência de correlações entre disciplinas básicas e profissionalizantes e, por isso, é possível promover a interdisciplinaridade e uma integração curricular.

Dessa forma, apresenta-se, no Capítulo que segue, a proposta de um Projeto Integrador, não apenas para o curso de Engenharia Elétrica, mas de forma geral, para os cursos de engenharia da Escola Politécnica da USP, com o intuito de promover, entre outras coisas, a integração entre as disciplinas e, quem sabe, possibilitar a melhoria do desempenho dos alunos.

5 PROPOSTA DE PROJETO INTEGRADOR PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Com base nesta pesquisa, propõe-se um Projeto Integrador para a melhoria do desempenho dos alunos, em especial, dos alunos de alto risco.

O Projeto Integrador pode ser definido como uma estratégia pedagógica, de caráter interdisciplinar, constituída de etapas e fases para promover a integração curricular, através da aplicação de conhecimentos que contribuam com a formação dos alunos egressos, neste caso, futuros engenheiros. (SANTOS, M. C. C.; BARRA, S. R., 2012).

A abordagem interdisciplinar parece indicar novos e adequados caminhos para fazer avançar o conhecimento científico de forma inovadora, possibilitando às disciplinas fortalecer seus fundamentos e, ao mesmo tempo, caminhar no compasso do paradigma científico que se delineia neste século XXI. (BICALHO; OLIVEIRA, 2011).

A interdisciplinaridade permite intercâmbios e enriquecimentos mútuos entre as disciplinas. Cada uma aceita esforçar-se fora do seu domínio próprio e da sua própria linguagem técnica, para aventurar-se em um domínio de que não é o proprietário exclusivo. Ela supõe abertura de pensamento. (Ibidem).

O Projeto Integrador propicia a aquisição de competências pelo aluno, a partir da realização de trabalho em equipe, da pesquisa sistematizada, do envolvimento do corpo docente, da adoção de escrita normatizada e de estratégias de apresentação oral dos trabalhos. (Ibidem).

Além da interdisciplinaridade, o Projeto Integrador induz o princípio da transversalidade entre os conteúdos de ensino, através de um eixo integrador do currículo, o qual visa estabelecer a interface (ponto de ancoramento comum) entre as disciplinas e promover a articulação de conhecimentos no semestre letivo trabalhado. (Ibidem).

Através do Projeto Integrador espera-se uma melhor compreensão dos conteúdos vivenciados pelos estudantes e a construção de competências requeridas pelo mundo do trabalho. Ao desenvolver o Projeto Integrador, os estudantes podem ter uma aproximação com a comunidade e se deparar com a realidade do trabalho em Engenharia.

Entre os objetivos do Projeto Integrador (BICALHO; OLIVEIRA, 2011), destaca-se, desenvolver ou estimular:

- ✓ A capacidade de pesquisa (individual e em grupo);
- ✓ A tomada de decisão;
- ✓ A capacidade de planejamento;
- ✓ A capacidade de trabalhar em grupo ;
- ✓ A oralidade;
- ✓ A administração de tempo;
- ✓ A capacidade de administrar conflitos;
- ✓ A habilidade de resolução de problemas;
- ✓ O senso crítico do aluno;
- ✓ A capacidade de analisar o entorno.

O Projeto Integrador também propicia aliar teoria à prática, problematizar temas de fundamental importância na área do curso e contextualizar o ambiente real de trabalho.

Nota-se, por experiência como docente, que em geral, os cursos de graduação nas áreas de engenharia não contemplam em seu Projeto Pedagógico uma proposta de atuação pedagógica através da utilização de estratégias interdisciplinares.

Por outro lado, a disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia, que fazia parte da Estrutura Curricular EC-2 da Escola Politécnica da USP, foi um projeto que visava formar um engenheiro mais adequado às novas realidades e exigências da sociedade brasileira e mundial.

A referida disciplina pretendia colaborar para a formação desse engenheiro, criando condições para que estudantes, desde o primeiro contato com a Escola, vivenciassem o trabalho de um engenheiro nas grandes áreas Civil, Elétrica, Mecânica e Química. Os estudantes deveriam sentir-se como membros de uma equipe, composta por professores e alunos que buscam informações e produzem conhecimento, se envolver no processo de aprendizagem de um modo participativo, e levantar soluções conceituais para alguns aspectos de um tema relevante para a sociedade. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000).

Os objetivos da disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia eram:

1. Propiciar que o aluno chegue a um entendimento do que seja a Engenharia, principalmente no que se refere a:
 - ✓ Identificar necessidades/vontades que impliquem em ações da Engenharia;
 - ✓ Enunciar problemas;

- ✓ Formar alternativas de solução;
 - ✓ Escolher uma solução.
2. Permitir que o aluno desenvolva certas habilidades e atitudes, como:
- ✓ Habilidade de trabalhar em equipe;
 - ✓ Capacidade de planejar, programar e controlar;
 - ✓ Capacidade de se comunicar escrita e oralmente;
 - ✓ Habilidade de criar alternativas e critérios para decisão;
 - ✓ Postura de se preocupar com aspectos econômicos, sociais e ambientais.

(ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000, p. 2).

Nesse processo de aprendizagem, a postura do professor deveria sofrer mudanças nos seguintes sentidos:

1. Desenvolver uma relação de parceria e corresponsabilidade com os alunos pelo processo de aprendizagem;
2. Realizar uma ação em equipe voltada para atingir os objetivos combinados;
3. Desenvolver respeito e diálogo entre os participantes do processo;
4. Deixar de lado uma relação vertical de *quem sabe para quem não sabe* para assumir a construção do conhecimento junto com os alunos, dar significado ao conhecimento junto com os alunos;
5. Sair de trás da mesa e vir sentar-se junto com os alunos pesquisando e trabalhando juntos;
6. Promover e incentivar a participação dos alunos no processo;
7. Valorizar a experiência e contribuição dos participantes;
8. Criar um sistema de *feedback* contínuo;
9. Estabelecer um contrato psicológico em negociação contínua visando atingir os objetivos em parceria e corresponsavelmente.

(ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000, p. 9-10).

Com a proposta da disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia, a relação professor-aluno deveria ser revertida, do paradigma do ensino para o paradigma da aprendizagem. Estabelece-se um “Contrato Psicológico” ou “Negociação Contínua” pelo qual, através do diálogo, se busca adequar as expectativas de uns e de outros, equilibrar o atendimento das necessidades de aprendizagem do aluno com as

propostas do professor. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000, p. 11).

No decorrer da disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia, os estudantes desenvolviam um “projeto temático” na área de engenharia. Esse projeto consistia na execução de um conjunto de ações de forma coordenada, a fabricação, o fornecimento de um produto ou processo.⁴

As modalidades de projetos de engenharia propostas eram: Projeto de Produtos; Projeto de Processo; Projeto de Produção; Projeto de Sistemas⁵.

O professor apresentava as atividades que faziam parte do desenvolvimento da disciplina, conceituando projeto de engenharia, as áreas de um projeto, suas fases e etapas. As etapas de um projeto são⁶:

1. Identificação da necessidade: problema a equacionar e resolver;
2. Definição do problema: delimitação da necessidade;
3. Coleta de informações: dados do problema, das possíveis soluções, das condições;
4. Análise das informações: seleção de dados mais relevantes;
5. Concepção de soluções: caminhos que podem resolver o problema ou parte dele.
6. Teste do projeto: se alguma solução atende o problema;
7. Comunicação do resultado: dar conhecimento da solução e forma de uso;
8. Implementação: produção da solução.

O processo de avaliação deveria ser modificado, planejado e realizado de forma integrada à aprendizagem, acompanhando este processo de modo contínuo, tanto nos momentos de sucesso, como naqueles onde não se conseguiu aprender, assumindo o erro como oportunidade de crescer e aprender, assumindo a característica de *feedback* que provem do professor, dos colegas, do próprio aprendiz e de outros elementos que possam estar participando do processo. (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000, p. 12).

⁴ CAMAROTOO, J. A. Introdução à Engenharia de Produção. Projeto de Engenharia. UFSCar, 2007. Slide 2. Material de aula. (Material não publicado).

⁵ Ibidem. Slide 3.

⁶ Ibidem. Slide 12.

A disciplina Introdução à Engenharia foi excluída da grade curricular dos cursos de engenharia na Estrutura Curricular EC-3, que está vigente atualmente na POLI-USP. Como já foi visto na revisão da literatura, as disciplinas de matemática, em geral, mostram-se distantes de realidade do estudante, que não consegue ver uma relação entre elas e as disciplinas profissionalizantes do curso.

A proposta desta tese é de se introduzir a disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia na EC-3 dos cursos de engenharia da Epusp, retomando a sua proposta inicial e acrescentando a ideia do Projeto Integrador. Nesta proposta, o “projeto temático” a ser desenvolvido por grupos deve prever a interdisciplinaridade, no sentido de estabelecer a integração e relações entre disciplinas do Ciclo Básico e disciplinas do ciclo profissionalizante, ou seja, entre as disciplinas de Cálculo Numérico, Cálculo Diferencial e Integral I, II, III e IV, Álgebra Linear para Engenharia I e II, Física para Engenharia I, II, III e IV, e as outras disciplinas dos cursos.

O Projeto Integrador é elaborado e desenvolvido com base em um eixo articulador do currículo, ou seja, através da escolha de um tema que possa ser desenvolvido com a integração de várias disciplinas do curso. Neste caso, propõe-se que o tema seja escolhido depois de discussões e/ou seminários realizados pelos docentes do curso antes ou no início do semestre letivo.

Um manual com as normas do Projeto Integrador deverá ser elaborado pelos docentes para a elaboração e desenvolvimento dos trabalhos, a exemplo do Manual do Aluno (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2008) e do Manual do Professor (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2000), elaborado para a disciplina PNV2100 - Introdução à Engenharia.

O resultado do Projeto Integrador deverá ser o Trabalho de Conclusão de Curso, seguindo as normas da ABNT.

Além da proposta de avaliação estabelecida pela disciplina PNV2100 – Introdução Engenharia, a avaliação do Projeto Integrador poderá ser feita através de apresentação oral para uma banca de docentes do próprio curso. Assim, todos os Projetos desenvolvidos pelos alunos serão socializados por todos.

A nota do Projeto Integrador poderá ser integrada às outras formas de avaliação das disciplinas envolvidas no projeto.

Para o desenvolvimento do Projeto Integrador, sugere-se os seguintes temas:

1. Desmatamento e poluição em São Paulo.

2. O lixo e suas problemáticas. Reciclagem e reaproveitamento de materiais. Reutilização de materiais de construção civil. Gestão de resíduos em comunidades carentes. Energia nuclear e radioatividade.
3. Desastres provocados pela ação humana ou originados em fenômenos da natureza. Alterações climáticas. Aquecimento global.
4. Uso eficiente de energia. As novas tecnologias de energia.
5. Rede elétrica inteligente (*smart grids*).
6. Desenvolvimento de robôs. Nanociência e nanotecnologia.
7. Uso de materiais alternativos na construção civil.
8. Impacto ambiental dos meios de produção de energia.
9. Eficiência energética no país e qualidade de vida.
10. Edificação inteligente.
11. Mobilidade urbana.
12. Soluções para a seca no nordeste do Brasil.

Para cada tema, é possível propor várias atividades aos futuros engenheiros, a serem desenvolvidas do 1º ao 10º semestre dos cursos de engenharia da Epusp, pois são temas da atualidade, que envolvem toda a sociedade.

Inicialmente, os estudantes deverão fazer pesquisas para a exploração e compreensão do tema, levantar dados estatísticos, problemas e soluções já existentes, principalmente na área específica do seu curso de engenharia. Realizar visitas técnicas a empresas, órgãos públicos, ONGs, bairros e comunidades que apresentam determinado problema e/ou que já apresentam alguma solução para o problema, promovendo parcerias com a Escola Politécnica da USP.

A seguir, sugere-se algumas atividades, por tema, a serem desenvolvidas pelos estudantes, sob orientação dos professores do curso e da série em que o aluno se encontra:

1. Desmatamento e poluição em São Paulo (PIERRO, 2015).

Com relação a este tema, sugere-se levantar dados que possam ajudar a responder ou esclarecer dúvidas como:

- ✓Quais os níveis de desmatamento e poluição na cidade de São Paulo?
- ✓Quais são os tipos de poluição geradas pelas indústrias em São Paulo? E pelos setores energéticos?

- ✓Qual o impacto das emissões de gases no aumento da temperatura em São Paulo?
- ✓Qual legislação ambiental existe para conter o desmatamento?
- ✓Há desmatamento ilegal em São Paulo?
- ✓Como fazer cumprir o Código Florestal?
- ✓As emissões por desmatamento em São Paulo geram quantas toneladas de dióxido de carbono (CO₂)?
- ✓Como reduzir o desmatamento em São Paulo?
- ✓Como promover o reflorestamento em São Paulo?
- ✓Atualmente, há o combate à poluição gerada por setores energéticos e industrial?

Com relação a este primeiro tema, sugere-se ainda:

- ✓Propor ações para a redução de emissões de gases de efeito estufa.
- ✓Propor ações para a redução do desmatamento em São Paulo.
- ✓Propor a modernização de linhas de produção.
- ✓Propor investimentos em energias renováveis e menos poluidoras.
- ✓Reavaliar a questão energética e o impacto da indústria nas emissões de gases de efeito estufa.

2. O lixo e suas problemáticas (FREITAS, 2017). Reciclagem e reaproveitamento de materiais. Reutilização de materiais de construção civil (MELLO, 2017; PENSAMENTO VERDE, 2017). Gestão de resíduos em comunidades carentes. Energia nuclear e radioatividade (MELQUIADES, 2017).

Com relação a este tema, sugere-se levantar dados que possam ajudar a responder ou esclarecer dúvidas como:

- ✓Em média, cada pessoa na cidade de São Paulo produz quanto de lixo periodicamente (diariamente, por semana, por mês e por ano)?
- ✓Por dia são geradas quantas toneladas de lixo em São Paulo? Isso corresponde a quantos caminhões carregados diariamente?
- ✓Qual o custo, em média, que Prefeitura tem no trabalho de coleta de lixo em São Paulo?
- ✓Qual a logística atual de transporte de lixo em São Paulo? Qual seria a logística ideal?

- ✓ Como coletar lixo em comunidades carentes, já que as empresas de coleta de lixo não têm acesso a muitas comunidades?
- ✓ Que quantidade de lixo será gerado daqui a 10 anos ou 20 anos, por exemplo?
- ✓ É possível estimar a quantidade de lixo que será gerada no futuro, por uma equação matemática?
- ✓ Qual a melhor solução para o lixo de São Paulo?
- ✓ Como evitar ou coletar o lixo depositado em locais impróprios como encostas, rios e córregos?
- ✓ Que efeitos podem causar para a biodiversidade e ao homem, o depósito de lixo em locais impróprios?
- ✓ Qual a melhor forma de promover a reciclagem do lixo em São Paulo?
- ✓ Qual a melhor forma de fazer a coleta seletiva em São Paulo?
- ✓ Que materiais alternativos poderiam ser utilizados na construção civil para que se reduzissem os seus resíduos?
- ✓ Como aproveitar resíduos de demolição em novas edificações?
- ✓ Como reutilizar resíduos de obras (entulhos)?
- ✓ Como criar oportunidades de reuso e reciclagem que se traduzam em sustentabilidade social e ambiental?
- ✓ Em São Paulo, qual a média mensal de material desperdiçado pela construção civil?
- ✓ Qual a taxa de entulho, em toneladas por ano, é depositado sem critério em lixões ou aterros sanitários?
- ✓ Existem usinas de reciclagem em São Paulo?
- ✓ Quais as vantagens de se criar usinas de reciclagem?
- ✓ Quais as vantagens ambientais do reaproveitamento de resíduos da construção civil?
- ✓ É possível utilizar resíduos da construção em pavimentos e na conservação de estradas?
- ✓ Como promover a demolição seletiva?
- ✓ Qual o melhor tipo de máquina para triturar os resíduos e transformá-los em pó?
- ✓ Como funciona a geração de eletricidade em usinas nucleares?
- ✓ Quais as aplicações da energia nuclear na indústria, no ambiente, em questões militares, na medicina, e na agricultura?

3. Desastres provocados pela ação humana ou originados em fenômenos da natureza. Alterações climáticas. Aquecimento global. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Com relação a este tema, sugere-se levantar dados que possam ajudar a responder ou esclarecer dúvidas como:

- ✓Quais tipos de prejuízos acarretam desastres associados a escorregamentos e inundações no Estado de São Paulo?
- ✓Como prevenir e enfrentar desastres, como raios, chuvas fortes, vendavais, desabamentos de casas, enchentes, transbordamentos de rios, alagamentos, no Estado de São Paulo e no país?
- ✓Quais ações vêm sendo desenvolvidas em relação à erosão, continental e costeira, subsidências, e inundações nas regiões de Ribeirão Preto e Araraquara?
- ✓Quais trabalhos foram feitos com escorregamentos na região da Serra do Mar, na região do ABC, na região de Sorocaba, Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, no estado de São Paulo?
- ✓Como é feita a classificação dos desastres em relação à intensidade?
- ✓Qual a relação do nível de intensidade dos desastres naturais com o PIB municipal?
- ✓A utilização de métodos determinísticos, com modelos matemáticos, pode ser feita em casos de desastres naturais?
- ✓Como é feito o cálculo do fator de segurança em desastres naturais?

4. Uso eficiente de energia. As novas tecnologias de energia. (GOLDEMBERG, 2000)

Com relação a este tema, sugere-se levantar dados que possam ajudar a responder ou esclarecer dúvidas como:

- ✓Quais são as formas de energia utilizadas nas indústrias de São Paulo?
- ✓Como tornar o uso de energia elétrica eficiente na cidade de São Paulo?
- ✓Há outras formas de energia mais eficientes que as utilizadas atualmente?
- ✓Quais são as novas tecnologias utilizadas na geração de energia?
- ✓Como promover e incentivar um menor consumo de energia aos paulistanos?

- ✓ Como diminuir os gastos com energia dentro de casa?

5. Rede elétrica inteligente (*smart grids*). (RIVERA; ESPOSITO; TEIXEIRA, 2013).

Para o estudo deste tema, os estudantes deverão, basicamente, tentar descobrir como otimizar a produção, distribuição e consumo de energia, viabilizando a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede, com melhorias significativas em monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia ofertada, por meio de uma rede elétrica caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação (TIC).

Os estudantes poderão investigar/planejar:

- ✓ Como seria a automação da operação: medição remota, liga e religa, etc.;
- ✓ Como promover a eficiência operacional: redução de perdas, melhor dimensionamento de equipes, etc.;
- ✓ Como introduzir fontes distribuídas, como solar e eólica;
- ✓ Como melhorar a qualidade: redução de tempo de falhas, manutenção preventiva;
- ✓ Como promover iluminação eficiente, com uso de luminárias de LED, OED;
- ✓ Como introduzir acumuladores distribuídos para o armazenamento;
- ✓ O uso de veículos elétricos: carga, veículos elétricos híbridos;
- ✓ Como viabilizar novos serviços domésticos: gestão de energia pelo consumidor, energia pré-paga, eletrodomésticos inteligentes, etc.;
- ✓ Como substituir medidores eletromecânicos por eletrônicos inteligentes.

6. Desenvolvimento de robôs. Nanociência e nanotecnologia (ALVES, 2017; NANOCIÊNCIA, 2017).

A nanotecnologia lida com montagem, manipulação e controle da forma e tamanho dos materiais em escala atômica e molecular. O profissional desta área deve possuir uma base sólida de Materiais, Física, Química, Eletrônica e Computação, que também são importantes para o engenheiro.

Os estudantes poderão iniciar seus estudos sobre este tema pesquisando quais são os maiores usos da nanotecnologia. Poderão ainda pesquisar e propor a utilização de nanotecnologia na elaboração de concreto, na construção civil, na aplicação em materiais poliméricos e cerâmicos, em compósitos e nanocompósitos poliméricos.

Os alunos poderão:

- ✓Propor o uso de nanotecnologia no ganho de resistência de cimento de baixo custo energético;
- ✓Propor o uso de nanotecnologia em cimentos especiais, para uso em aplicações industriais e na produção de gás e petróleo;
- ✓Desenvolver materiais de elevada resistência e durabilidade;
- ✓Investigar o uso de nanotecnologia na indústria de cosméticos, para estudos sobre a absorção dos compostos pela pele;
- ✓Investigar o uso de nanotecnologia na área petroquímica e robótica em conjunto com a área da saúde, com o desenvolvimento de robôs que possam explorar o corpo humano;
- ✓Desenvolver robôs, incluindo sistema de movimentação, baterias, circuitos eletrônicos, inteligência artificial (introduzida através da programação de microcontroladores).

7. Uso de materiais alternativos na construção civil.

Os estudantes poderão pesquisar quais são os materiais alternativos utilizados na construção civil, de forma a baixar os custos. Poderão também propor novos materiais, pesquisando a composição, a resistência e a viabilidade na construção civil. A questão da reciclagem de materiais de demolição e entulho, por exemplo, etc. Este item pode ser trabalhado em conjunto com o tema 2 proposto anteriormente nesta tese.

8. Impacto ambiental dos meios de produção de energia (GERAÇÃO, 2014; FONTES, 2017).

A energia é produzida por meio da construção de hidroelétricas e centrais nucleares ou da utilização de combustíveis fósseis em usinas térmicas, que são soluções caras e prejudiciais ao meio ambiente.

No desenvolvimento deste tema, os estudantes poderão levantar quais são os prejuízos causados ao meio ambiente com a produção de energia no Brasil e pesquisar outras soluções, através da proposta de economia de energia, do desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes. Poderão ainda pesquisar sobre o uso de turbina, caldeira, motor, petróleo, gás natural, carvão mineral, lenha (biomassa em geral), urânio, água, sol, vento, eletricidade, gasolina, carvão vegetal, álcool, etc.

9. Eficiência energética no país e qualidade de vida.

Este tema pode ser explorado na mesma linha do tema 8, anterior a este, com a preocupação de promover uma melhor qualidade de vida às pessoas.

10. Edificação inteligente (EDIFICAÇÕES, 2017).

O objetivo da pesquisa sobre este tema é obter ganho em conforto, praticidade, economia, segurança, entre outros. Assim, os estudantes poderão pesquisar o que já existe no mercado, as técnicas de automação para gerar inteligência às edificações e a viabilidade em nosso país, bem como o gerenciamento, projeto, instalação e manutenção de sistemas para edifícios inteligentes.

11. Mobilidade urbana (MOBILIDADE, 2017).

A falta de mobilidade urbana é um fator cada vez mais presente nas grandes metrópoles. Os alunos poderão procurar soluções para o problema do trânsito em São Paulo, como promover a mobilidade urbana sustentável, propor a requalificação dos transportes públicos, como melhorar as calçadas e nivelá-las, como prevenir e corrigir buracos e obstáculos nas calçadas e vias públicas. É possível ainda fazer pesquisas no sentido de implantar sistemas de trilhos, como metrô, trens e bondes modernos, como Veículo Leve sobre Trilhos (VLTs), ônibus, com integração a ciclovias, esteiras rolantes, elevadores de grande capacidade, enfim, há uma gama de demandas a ser pesquisadas para uma maior e melhor mobilidade urbana.

12. Soluções para a seca no nordeste do Brasil (SECA, 2017).

Os alunos poderão pesquisar ações para diminuir o impacto da seca no nordeste do Brasil, como construção de cisternas, açudes e barragens, infraestrutura na região.

A transposição do rio São Francisco também é uma boa opção para a abordagem deste tema pelos estudantes, ou seja, como levar a água deste rio para regiões semiáridas do Nordeste. Pode-se explorar o estudo de tubulações e filtros de tratamento de água nessa transposição, calcular a força das estações de bombeamento no percurso da água, pesquisar e calcular o melhor declive do canal da obra para que a água do rio vá descendo suavemente pelos canais, por gravidade.

É possível ainda pesquisar em que casos a água será usada para gerar energia elétrica, qual o custo da obra, qual área de caatinga foi e será devastada para a construção de canais, etc.

Além dos 12 temas sugeridos, outros poderão surgir no início do desenvolvimento do Projeto Integrador, dependendo do interesse dos estudantes no momento e a percepção dos docentes de cada curso, que poderão propor o desenvolvimento de competências e habilidades aos futuros engenheiros.

No Capítulo seguinte, são apresentadas as conclusões, as considerações finais e as perspectivas futuras deste trabalho.

6 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Dada a situação problemática do ensino de matemática nos cursos de engenharia da atualidade, com vistas em contribuir para a discussão e a reflexão sobre o ensino e a aprendizagem nesta área do conhecimento, e com a possibilidade de servir de base para uma reestruturação do currículo dos cursos de engenharia, foram propostos, nesta tese, objetivos geral e específicos.

Com relação aos objetivos específicos, pode-se concluir que foram alcançados. De fato:

- 1) Realizou-se um levantamento e revisão da bibliografia relacionada ao tema deste trabalho;
- 2) Foi feito um levantamento e estudo da ementa, do programa de ensino, de provas e gabaritos das disciplinas escolhidas para essa pesquisa.
- 3) Os conteúdos e/ou habilidades que caracterizam as correlações entre as disciplinas estudadas foram identificados.

Os resultados deste trabalho permitem afirmar que o objetivo geral foi atingido, ou seja, foram estabelecidas e caracterizadas correlações entre disciplinas básicas do curso de Engenharia Elétrica, Ênfase Sistemas Eletrônicos, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, de acordo com a EC-2.

Sem dúvida, o levantamento histórico mostra que os engenheiros foram e ainda são profissionais essenciais para o progresso da tecnologia. Por conseguinte, os cursos e a Educação em Engenharia são relevantes. A história também mostra que as engenharias surgiram dos cursos militares, justificando, assim, a característica rígida dos profissionais dessa área.

As raízes históricas também comprovam que o Cálculo Diferencial e Integral e a Álgebra Linear são tão importantes para esses cursos, que estão presentes desde os primórdios.

A análise das tabelas de conteúdos e/ou habilidades que caracterizam as correlações demonstram que as disciplinas de matemática básica são utilizadas com maior ou menor frequência por outras disciplinas do curso de Engenharia Elétrica da Epusp. Essa constatação pode ser estendida para outras engenharias, já que as disciplinas do Ciclo Básico, em sua maioria, são as mesmas.

Constata-se que os conteúdos de matemática mais utilizados pelas disciplinas investigadas são:

- ✓ Funções, derivada e integral, que fazem parte da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia Elétrica I e II;
- ✓ Matrizes, determinantes, sistemas lineares, álgebra e espaços vetoriais, que fazem parte da disciplina Álgebra Linear para Engenharia I e II.

Dessa forma, com relação ao Cálculo Diferencial e Integral, função é um dos conceitos mais importantes, pois é um conteúdo muito utilizado pelas outras disciplinas do curso, seguido do conceito de derivada e das técnicas de derivação, que tem muitas aplicações na engenharia. Limite e continuidade, por sua vez, são conteúdos pouco utilizados e quando isso ocorre, seus conceitos são mais importantes. Relativamente à integral, o conceito parece ser o mais importante, não necessitando muitas técnicas nas aplicações em engenharia. Além desses conteúdos, destacam-se as equações diferenciais, as variáveis complexas e as séries de Fourier, por serem relevantes para a Engenharia Elétrica.

Com relação à Álgebra Linear, verificou-se que espaços vetoriais, sistemas lineares, matrizes e determinantes são muito importantes para as disciplinas de Circuitos Elétricos I e II. Contudo, transformação linear, autovetor e autovalor são pouco utilizados.

Em síntese, tem-se por resultado, com base nas análises de correlações e na revisão bibliográfica realizadas, que os conteúdos das disciplinas de matemática são importantes para o desenvolvimento de outras disciplinas do curso de Engenharia Elétrica da POLI-USP, e, portanto, para a eficiência dos estudantes no curso.

A análise das provas, ementas e planos de ensino indicam que as disciplinas de matemática são tratadas de forma desconexa às outras disciplinas do curso, sem contextualização, portanto, sem propósito para os estudantes.

Dessa forma, há a necessidade de os docentes enfatizarem a aplicabilidade da matemática nos cursos dessa área. É importante que os conteúdos das disciplinas que se correlacionam sejam destacados pelos professores, e que os estudantes compreendam a necessidade do seu estudo para o aprendizado eficiente.

Conclui-se também a importância de os docentes do Ciclo Básico e do Ciclo Profissionalizante dos cursos de engenharia, abrirem um amplo debate, para que se estabeleça conexões importantes entre as disciplinas, de forma a amenizar os problemas dos cursos.

Percebe-se que há muitos conteúdos a serem trabalhados num semestre, nas disciplinas de matemática. Além disso, alguns conteúdos estão presentes em mais de uma disciplina, o que indica a possibilidade de se “enxugar” ementas e/ou programas de ensino, para que a carga horária de cada disciplina seja melhor aproveitada.

Portanto, sugere-se que não só os cursos de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica de USP sejam reavaliados, mas todos os outros cursos de engenharia.

Para que as correlações entre as disciplinas sejam levadas em consideração pelo corpo docente, os professores necessitam ampliar os horizontes, ampliar seus conhecimentos através de debates, cursos de atualização e pesquisas, e se tornarem flexíveis e abertos a mudanças. Essas mudanças incluem não somente a mudança nas ementas e/ou programas de ensino, mas também, a postura e a abordagem dos conteúdos dos cursos.

Dessa forma, propõe-se um Projeto Integrador, como uma possível alternativa para a melhoria do desempenho dos estudantes, para que os conteúdos sejam tratados de forma contextualizada, e se tornem, portanto, mais interessantes, promovendo a articulação de conhecimentos em cada semestre letivo trabalhado. A ideia é resgatar a disciplina PNV2100 – Introdução à Engenharia, introduzindo-a na matriz da atual estrutura curricular da Epusp, ou seja, na EC-3, porém, com a proposta de desenvolvimento ao longo da graduação, sendo seu produto final, o Trabalho de Conclusão de Curso. Nesse projeto, deve-se prever a interdisciplinaridade, no sentido de estabelecer a integração e relações entre disciplinas do Ciclo Básico e do Ciclo Profissionalizante.

Para enriquecer este trabalho, em estudos posteriores, sugere-se a inclusão de disciplinas profissionalizantes nas análises de correlação, bem como uma pesquisa de campo, realizando entrevistas com professores e estudantes, com o intuito de verificar qual é a visão desses protagonistas dos cursos de engenharia sobre as correlações entre as disciplinas e o que esperam das disciplinas básicas. Além disso, análises com base na Estrutura Curricular EC-3 da Escola Politécnica da USP, podem corroborar para com os resultados deste trabalho.

Enfim, espera-se que esta tese forneça subsídios aos docentes para a discussão a respeito das disciplinas básicas e profissionalizantes, e que ela possa ser um estímulo às mudanças significativas no currículo das engenharias, de forma que esses cursos fiquem mais próximos das necessidades dos engenheiros da

atualidade, que os estudantes egressos consigam resolver problemas diversos da sua área de formação, com criatividade e competência, contribuindo assim, para o avanço tecnológico e o desenvolvimento da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENGE. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

_____. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. **Estatuto da ABENGE**. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/>>. Acesso em: 11 out. 2016.

ALMEIDA, L.; FATORI, L.; SOUZA, L. Ensino de Cálculo: uma abordagem usando Modelagem Matemática. **Revista Ciência e Tecnologia (RCT)**. Centro Universitário Salesiano de São Paulo – Unisal., São Paulo, v. 10, n.16, 2017.

ALVES, O. L. **Nanotecnologia e desenvolvimento**. LQES – Laboratório de Química do Estado Sólido. Campinas: Instituto de Química. UNICAMP. Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

AZEVEDO, F. M. **Academius**: uma ferramenta web para a construção de padrões pedagógicos colaborativos aplicados ao ensino de engenharia. 2014. 107 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BARUFI, M. C. B. **A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral**. 1999. 184 p. Tese (Doutorado). – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BAKER, G. R. **An effort to coordinate conceptual development in Math and Physics Education for engineering students**. PROC. 17th INTERN. CONF. ENG. EDUC. BELFAST, N. Ireland, 2011.

BICALHO, L.; OLIVEIRA, M. A teoria e a prática da interdisciplinaridade em Ciência da Informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 13, p. 47-74, jul./set. 2011.

BIEMBENGUT, M.S. **Qualidade no ensino de matemática na engenharia: uma proposta metodológica e curricular.** 1997. 326 p. Tese (Doutorado). - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BINGOLBALI, E; MONAGHAN, J.; ROPER, T. Engineering students' conceptions of the derivative and some implications for their mathematical education. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, Vol. 38, No. 6, 15 September 2007, 763-777.

BRINGHENTI, I. **Avaliação do curso de engenharia civil da Escola Politécnica da USP pelos alunos.** 1992. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

_____. **O ensino na Escola Politécnica da USP: fundamentos para o ensino de engenharia.** São Paulo: EDUSP, 1993.

_____. **Perfil do ex-aluno da Escola Politécnica da USP: pesquisa visando o aprimoramento curricular.** São Paulo: EDUSP, 1995.

BRÜCKER, F. M.; JUKIC, L. How science students understand, remember and use mathematics. **Pedagogical University of Krakow.** Krakon, 2010.

CARR, M.; MURPHY, E.; FHLOINN, E. N. Assessment, development and consolidation of advanced skills in engineering mathematics. **1st World Engineering Education Flash Week – WEE2011.** September 27-30. Lisbon, Portugal, 2011.

CENTRO ACADÊMICO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. EC-3: A nova estrutura curricular da POLI. **O patrão.** 2º trimestre de 2013. São Paulo: CAEP, 2013.

COSTA, L.A.C.; NITZKE, J. A. (Org.). **A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2012. 250 p.

CURY, H. N. **Estilos de aprendizagem de alunos de engenharia**. XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, COBENGE 2000. Ouro Preto. Anais. 1 CD-Rom.

EBAH. **Rede social para o compartilhamento acadêmico**. Disponível em: <www.ebah.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2013.

EBAH. **Rede social para o compartilhamento acadêmico**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfHKAAF/coletanea-mat2453-p1-p2-p3-2006-a-2010-algumas-ainda-anteriores-desde-2002>>. Acesso em: 10 jun. 2017-a.

EBAH. **Rede social para o compartilhamento acadêmico**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf1UIAK/p3-2007-mat2453-calculo-1-3q3a#>>. Acesso em: 10 jun. 2017-b.

EDIFICAÇÕES inteligentes. Disponível em: <<http://www.pucminas.br/Pos-Graduacao/IEC/Cursos/Paginas/Edifica%C3%A7%C3%B5es-Inteligentes-Pra%C3%A7a.aspx?moda=5&polo=7&area=72&curso=360&situ=1>>. Acesso em: 08 jan. 2017.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **PNV2100 - Introdução à engenharia**: manual do professor. São Paulo: Epusp, 2000.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **PNV2100 - Introdução à engenharia**: manual do aluno. São Paulo: Epusp, 2008.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Projeto Político Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica; Ênfase: Sistemas Eletrônicos**. São Paulo: Epusp, 2013.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Projeto Político Pedagógico**: Engenharia Elétrica, Eletrônica e Sistemas, Estrutura Curricular 3 – EC-3. São Paulo: Epusp, 2014.

ESTADOS UNIDOS DO BRAZIL. Lei Nº 191. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. 3º ano. 5º da República, N. 670. São Paulo, Quinta-feira, 7 de setembro de 1893.

FHLOINN, E. N.; CARR, M. **What do they really need to know? Mathematics requirements for incoming engineering undergraduates**. PROC. 15th SEFI-MWG EUROPEAN SEMINAR ON MATHEMATICS IN ENGINEERING EDUCATION. Wismar, Germany. 2010.

FIORANI, L. A. **Sobre a evasão estudantil na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**: identificação e possíveis causas. 2015. 209 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FIORANI, L.A.; NAKAO, O.S.; LOPES, M.P.G. **Evasão na Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP**: o que pensam alunos e professores. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, COBENGE 2011. Blumenau, 2011.

FONTES de energia. Disponível em:

<<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/fontes-de-energia-2-carvao-petroleo-gas-e-uranio.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

FREITAS, E. Os problemas provocados pelo lixo. Disponível em:

<mundoeducacao.bol.uol.br/geografia/os-problemas-provocados-pelo-lixo.htm>.

Acesso em: 09 jan. 2017.

GARZELLA, F. A. C. **A disciplina de Cálculo I**: análise das relações entre as práticas pedagógicas do professor e seus impactos nos alunos. 2013. 275 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

GERAÇÃO de energia elétrica e o meio ambiente. Disponível em:

<<http://www.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/marcos/>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo. v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr. 1995-a.

_____. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo. v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun. 1995-b.

GODOY, L. F.S.; FARIA, W.C. **O Cálculo Diferencial e Integral e suas aplicações no ensino de engenharia**: uma análise de currículo. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. COBENGE 2011. Blumenau, 2011.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em perspectiva**. São Paulo. v. 14, n. 3, p. 91-97, jul./set. 2000.

JESUS, C. S.; LUCAS, J. D. L.; MAPA, T. F. M. Reflexões sobre o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I: UFOP e IFMG-OP numa parceria pela busca da diminuição do índice de reprovação na disciplina. **Revista da Educação Matemática da UFOP**, Vol. I, 2011 - X Semana da Matemática e II Semana da Estatística, 2010.

JÚPITER. Superintendência de Tecnologia da Informação - USP. **Sistema Júpiter Web**. Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação, 1999-2017. Disponível em: < <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/> >. Acesso em: 18 jun. 2013.

JUKIC, L. Differences in remembering calculus concepts in university Science study programmes. **Journal of Applied Mathematics**. Vol. III, number III, 2010. p. 137-146.

MACHADO, L. E. M. **O hipertexto na aprendizagem do cálculo diferencial e integral**. 2002. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MÁRQUEZ-VERA, C.; MORALES, C. R.; SOTO, S. V. Predicting school failure and dropout by using data mining techniques. **IEEE Journal of latin-american learning technologies**, vol. 8, nº 1, February 2013.

MELLO, J.C.C.B.S.; MELLO, M.H.C.S.; FERNANDES, A.J.S. **Mudanças no ensino de Cálculo I: histórico e perspectivas**. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. COBENGE 2001, Porto Alegre-RS.

MELLO, M. Reutilização de materiais de construção. Disponível em: <www.cimentoitambe.com.br>. Acesso em: 09 jan. 2017.

MELQUIADES, F. L. Energia nuclear e contaminação radioativa. Disponível em: <<http://sites.unicentro.br/wp/petfisica/files/2011/08/Energia-Nuclear-e-Radioatividade.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2017.

MOBILIDADE urbana. Disponível em: <www.mobilize.org.br/sobre-o-portal/mobilidade-urbana-sustentavel>. Acesso em: 09 jan. 2017.

MURTA, J. L. B.; MÁXIMO, G. C. **Cálculo Diferencial e Integral nos cursos de Engenharia da UFOP: estratégias e desafios no ensino aprendizagem**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. COBENGE 2004. Brasília: 14 a 17 de setembro de 2004.

NAKAO, O. S. **Aprimoramento de um curso de engenharia**. 2005. 486 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NAKAO, O.S.; GRIMONI, J.A.B.; TURBINO, D. **Análise de indicadores de evasão e de tempo de conclusão da Escola Politécnica da USP**. COBENGE 2009.

NANOCIÊNCIA e nanotecnologia na construção civil. Disponível em: <<http://www.trabalhosgratuitos.com/Outras/...>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

OLIVEIRA, N. **Conceito de função**: uma abordagem do processo ensino-aprendizagem. 1997. 174 p. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, N.; OLIVEIRA, L. E.; RAMIREZ-FERNANDEZ; F. J. **Causas do fracasso escolar no Ciclo Básico de cursos de engenharia**. COBENGE 2014, Juiz de Fora, 2014.

OLIVEIRA, N.; SANTOS, V.; GALEAZZO, E.; RAMIREZ-FERNANDEZ. **Avaliação do comportamento de aprendizagem em cursos de engenharia**. Revista Eletrônica Engenharia Viva. Educação em Engenharia, v. 1, n. 2, p. 125-136. 2016. Publicada online em 31 de março de 2017.

OLIVEIRA, V.F.; PINTO, D.P. **Educação em engenharia como área do conhecimento**. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. COBENGE 2006. Ensino de Engenharia: empreender e preservar. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006. p. 12.56–12.67.

PENSAMENTO VERDE. A importância da reutilização de materiais na construção civil. Disponível em: <www.pensamentoverde.com.br>. Acesso em: 09 jan. 2017.

PEREIRA, F. S. C. **História da engenharia**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Norte (CREA-RN), 25 out.2013. Disponível em: <www.crea-rn.org.br>. Acesso em: 04 jan. 2017.

PIERRO, B. **Pesquisa Fapesp 2015**. Disponível em: <revistapesquisa.fapesp.br/2015/11/17/do-desmatamento-a-poluicao-urbana/> Acesso em: 15 jan 2017.

POLI-EDU – Grupo de estudos e pesquisas em Educação em Engenharia. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8894912924300012>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

PRITCHARD, D. Where learning starts? A framework for thinking about lectures in university mathematics. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, 41:5, 609-623. London, UK, 2010.

RAFAEL, R. C.; ARAUJO, M. F.; BARBOSA, N. M. **Dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral**. In: X ENCONTRO CAPIXABA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Vitória – ES. Sociedade Brasileira de Educação Matemática – Regional Espírito Santo. X Encontro Capixaba de Educação Matemática Metodologias para o ensino de Matemática na Educação Básica: debates para compreender e intervir. 2015.

RIOS, J. R. T.; SANTOS, A. P.; NASCIMENTO, C. **Estudo da evasão e da retenção nos cursos de engenharia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28, 2000, Ouro Preto, MG. Anais Eletrônicos do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia. Ouro Preto: Associação Brasileira de Engenharia, ABENGE, 2000.

_____. **Evasão e retenção no Ciclo Básico dos cursos de engenharia da Escola de Minas da UFOP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre, RS. Anais Eletrônicos do XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia. PURS - Porto Alegre/RS: Associação Brasileira de Engenharia, ABENGE, 2001. p. 83-90.

RIVERA, R.; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA, I. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. **Revista do BNDES 40**, dez 2013, p. 43-84. Disponível em: <www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/rivera1.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2017.

SALINAS, P.; ALANIS, J. A. Hacia um nuevo paradigma en la enseñanza del cálculo dentro de una institución educativa. **Revista Latino-americana de Investigación em Matemática Educativa** (2009) 12(3): 355-382.

SALUM, A. **Evasão nos cursos de engenharia química.** In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE O ENSINO DA ENGENHARIA QUÍMICA - ENBEQ, 9, 2001, Poços de Caldas. 2001. Trabalhos apresentados... Poços de Caldas, MG, ENBEQ, 2001.

SANTOS, M. C. C.; BARRA, S. R. **O projeto integrador como ferramenta de construção de habilidades e competências no ensino de engenharia e tecnologia.** XL COBENGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. 03 a 06 de setembro de 2012: Belém-PA, 2012.

SANTOS, V. **Tutor de ensino:** módulo de agente de avaliação do comportamento de alunos no aprendizado em cursos de engenharia. 2016. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SANTOS, V.; OLIVEIRA, N.; GALEAZZO, E.; RAMIREZ-FERNANDEZ. **Avaliação do comportamento no aprendizado de alunos em cursos de engenharia.** In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, COBENGE 2016. Natal, 2016.

SECA nordeste. Disponível em:

<www.suapesquisa.com/geografia/seca_nordeste.htm>. Acesso em: 09 jan. 2017.

SIGSSARDI, V. Desafios da Educação Superior no Brasil: quais são as perspectivas. **Avaliação Revista da rede de avaliação das universidades brasileiras.** Campinas, vol.5, nº 2, junho 2000.

SILVEIRA, M.A.; CARMO, L.C.S.; PARISE, J.A.R.; CAMPOS, R.C. **Pesquisa em Educação em Engenharia.** XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. COBENGE 2007. p. 2H07-1-2H07-12.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente, Governo

do Estado de São Paulo. 1 Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <www.igeologico.sp.gov.br/>. Acesso em: 09 jan. 2017.

VANDAMME, J.-P.; MESKENS, N.; SUPERBY, J.-F. Predicting academic performance by data mining methods. **Education Economics**, 15:4, 405-419. London, UK, 2007.

YONAMINE, R. K. **Formação complementar do aluno de engenharia: estudo exploratório para identificar fatores que impactam a eficácia da aprendizagem de competências para gestão de carreira.** 2012. 222 p. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo: 2012.

YONAMINE, R.L.; NAKAO, O.S.; MARTINI, J.S.C. **Um programa de apoio ao desenvolvimento profissional dos alunos de engenharia: gênese e evolução.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. COBENGE 2008. São Paulo. EPUSP e IMT, 2008.

YONAMINE, R. K.; NAKAO, O. S.; MARTINI, J. S. C.; GRIMONI, J. A. B. . **A program for the professional development of Brazilian engineering students: origin and development.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION & RESEARCH, 2009, Seoul. Proceedings of the ICEE & ICEER 2009 Korea. Seoul: ICEE & ICEER 2009 Korea Organizing Committee. Seoul, 2009. v. 1. p. 1-6.

ANEXO A – Estrutura Curricular do Curso de Engenharia Elétrica Ênfase: Sistemas Eletrônicos

1º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
4320195	Física Geral e Experimental para Engenharia I	Semestral	4	0	60
MAC2166	Introdução à Computação para Engenharia	Semestral	4	0	60
MAT2453	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I	Semestral	6	0	90
MAT2457	Álgebra Linear para Engenharia I	Semestral	4	0	60
PCC2121	Geometria Gráfica para Engenharia	Semestral	2	1	60
PNV2100	Introdução à Engenharia	Semestral	3	1	75
PQI2110	Química Tecnológica Geral	Semestral	4	0	60
		Subtotal:	27	2	465

2º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
4320196	Física para Engenharia II	Semestral	4	0	60
	4320195 - Física Geral e Experimental para Engenharia I				
4320198	Laboratório de Física para Engenharia II	Semestral	2	0	30
	4320195 - Física Geral e Experimental para Engenharia I				
MAP2121	Cálculo Numérico	Semestral	4	0	60
	MAC2166 - Introdução à Computação para Engenharia MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I				
MAT2454	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II	Semestral	4	0	60
	MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I				
MAT2458	Álgebra Linear para Engenharia II	Semestral	4	0	60
	MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I				
PCC2122	Representação Gráfica para Engenharia	Semestral	2	1	60
PME2100	Mecânica A	Semestral	4	0	60
	MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I MAT2457 - Álgebra Linear para Engenharia I				
PMT2100	Introdução à Ciência dos Materiais para Engenharia	Semestral	4	0	60
		Subtotal:	28	1	450

(continua)

(continuação)

3º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
4320292	Física para Engenharia Elétrica III	Semestral	6	0	90
	4320195 - Física Geral e Experimental para Engenharia I MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia I				
DFD0451	Instituições de Direito	Semestral	2	0	30
MAT2455	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III	Semestral	4	0	60
	MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II				
PCS2214	Fundamentos de Engenharia de Computação I	Semestral	4	0	60
PEA2200	Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade	Semestral	4	0	60
PSI2211	Circuitos Elétricos I	Semestral	4	0	60
PSI2221	Práticas de Eletricidade e Eletrônica I	Semestral	4	0	60
		Subtotal:	28	0	420

4º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
4320293	Física para Engenharia Elétrica IV	Semestral	6	0	90
	4320196 - Física para Engenharia II MAT2455 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia III				
MAT2456	Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia IV	Semestral	4	0	60
	MAT2454 - Cálculo Diferencial e Integral para Engenharia II MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II				
PCS2215	Sistemas Digitais I	Semestral	4	0	60
PEA2211	Introdução à Eletromecânica e à Automação	Semestral	4	0	60
PSI2212	Circuitos Elétricos II	Semestral	4	0	60
	PSI2211 - Circuitos Elétricos I				
PSI2222	Práticas de Eletricidade e Eletrônica II	Semestral	2	2	90
PSI2223	Introdução à Eletrônica	Semestral	4	0	60
		Subtotal:	28	2	480

(continua)

5º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
PCS2304	Sistemas Digitais II	Semestral	4	0	60
	PCS2215 – Sistemas Digitais I				
PCS2355	Laboratório Digital	Semestral	4	0	60
	PCS2215 – Sistemas Digitais I				
PSI2315	Laboratório de Eletricidade I	Semestral	4	0	60
	PSI2212 - Circuitos Elétricos II				
PSI2324	Eletrônica I	Semestral	4	0	60
	PSI2223 - Introdução à Eletrônica				
PSI2325	Eletrônica Experimental I	Semestral	4	0	60
	PSI2223 - Introdução à Eletrônica PSI2324 - Eletrônica I				
PTC2307	Sistemas e Sinais I	Semestral	4	0	60
	MAT2458 - Álgebra Linear para Engenharia II				
PTC2313	Eletromagnetismo	Semestral	4	0	60
	4320292 - Física para Engenharia Elétrica III MAT2455 – Cálculo Diferencial e Integral III				
	Subtotal:		28	0	420

6º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
PSI2316	Laboratório de Eletricidade II	Semestral	4	0	60
	PSI2315 - Laboratório de Eletricidade I				
PSI2326	Eletrônica II	Semestral	4	0	60
	PSI2324 - Eletrônica I				
PSI2327	Eletrônica Experimental II	Semestral	4	0	60
	PSI2325 - Eletrônica Experimental I PSI2326 - Eletrônica II				
PTC2305	Introdução a Processos Estocásticos	Semestral	4	0	60
PTC2308	Sistemas e Sinais II	Semestral	4	0	60
	PTC2307 - Sistemas e Sinais I				
PTC2314	Ondas e Linhas	Semestral	4	0	60
	PSI2212 – Circuitos Elétricos II PTC2313 - Eletromagnetismo				
PTC2359	Engenharia de Comunicações	Semestral	4	0	60
Subtotal:			28	0	420

7º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
MAC0122	Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos	Semestral	4	0	60
PCS2477	Organização de Computadores	Semestral	4	0	60
	PCS2304 – Sistemas Digitais II				
PEA2306	Conversão Eletromecânica de Energia	Semestral	4	0	60
PSI2431	Propagação, Antenas e Micro-ondas	Semestral	4	0	60
PSI2432	Projeto e Implementação de Filtros Digitais	Semestral	4	0	60
	PTC2308 - Sistemas e Sinais II				
PSI2451	Introdução ao Projeto de CIs Dedicados	Semestral	4	0	60
	PCS2304 – Sistemas Digitais II PSI2324 - Eletrônica I				
PTC2413	Controle I	Semestral	4	0	60
	PSI2212 - Circuitos Elétricos II PTC2307 - Sistemas e Sinais I				
		Subtotal:	28	0	420

8º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
PCS2476	Fundamentos de Redes de Computadores	Semestral	4	0	60
PCS2478	Tópicos de Programação	Semestral	4	0	60
	MAC0122 - Princípios de Desenvolvimento de Algoritmos PCS2215 – Sistemas Digitais I				
PEF2308	Fundamentos de Mecânica das Estruturas	Semestral	2	0	30
PME2333	Noções de Mecânica dos Fluidos	Semestral	2	0	30
PSI2452	Projeto de Circuitos Integrados Semi-dedicados	Semestral	4	0	60
	PSI2451 - Introdução ao Projeto de CIs Dedicados				
PSI2533	Modelagem em Processamento de Sinais	Semestral	4	0	60
	PSI2432 - Projeto e Implementação de Filtros Digitais PTC2305 - Introdução a Processos Estocásticos				
PTC2512	Laboratório de Controle	Semestral	4	0	60
	PTC2413 - Controle I				
		Subtotal:	24	0	360

9º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
PRO2208	Introdução à Economia	Semestral	4	0	60
PSI2461	Eletrônica de Controle Industrial	Semestral	4	0	60
PSI2553	Projeto de Sistemas Integrados	Semestral	4	0	60
	PCS2477 - Organização de Computadores PSI2452 - Projeto de Circuitos Integrados Semi-dedicados				
PSI2591	Projeto de Formatura I	Semestral	2	2	90
PTC2459	Sistemas de Comunicação	Semestral	4	0	60
	PTC2359 - Engenharia de Comunicações				
		Subtotal:	18	2	330

10º Período Ideal

Código	Nome da Disciplina	Tipo	Créditos Aula	Créditos Trabalho	Carga Horária
PRO2303	Princípios de Administração de Empresas	Semestral	4	0	60
PSI2593	Estágio Supervisionado	Semestral	1	6	195
PSI2594	Projeto de Formatura II	Semestral	2	4	150
	PSI2591 - Projeto de Formatura I				
		Subtotal:	7	10	405