

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

---

## Trabalho de Graduação II

---



*Autor:*

Henrique de Abreu Amitay

*Orientador:*

André Ricardo Fioravanti

11 de Abril de 2018

# Índice

<b>1</b>	<b>Objetivo</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Método</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Cronograma</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Escopo do Engenheiro de Controle e Automação</b>	<b>5</b>
4.1	Definição de Engenharia de Controle e Automação . . . . .	5
4.2	Levantamento das competências de um Engenheiro . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Análise do currículo atual</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Outras Instituições</b>	<b>14</b>
6.1	Universidade Federal de Itajubá . . . . .	15
6.2	Universidade Federal de Santa Catarina . . . . .	22
6.2.1	Atividades Complementares . . . . .	24
6.3	Insper . . . . .	25
6.4	University of Cambridge . . . . .	27
6.4.1	Estudo de um dos projetos sugeridos . . . . .	28
6.5	MIT . . . . .	30
<b>7</b>	<b>Conclusão da análise</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Projetos de Integração</b>	<b>33</b>
8.1	Projetos . . . . .	33
8.1.1	Primeiro Semestre . . . . .	33
8.1.2	Segundo Semestre . . . . .	34
8.1.3	Terceiro Semestre . . . . .	34
8.1.4	Quarto Semestre . . . . .	35
8.1.5	Quinto Semestre . . . . .	37
8.1.6	Sexto Semestre . . . . .	37
8.1.7	Sétimo Semestre . . . . .	38
8.1.8	Oitavo Semestre . . . . .	39
8.1.9	Nono Semestre . . . . .	40

8.1.10	Décimo Semestre . . . . .	40
8.1.11	Décimo Primeiro Semestre . . . . .	40
8.1.12	Décimo Segundo Semestre . . . . .	40
<b>9</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>40</b>

# 1 Objetivo

O trabalho aqui descrito tem como objetivo propor uma reformulação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Estadual de Campinas, de forma a se ter um curso mais alinhado com as competências esperadas de um engenheiro pleno. Este trabalho foi motivado pela observação do autor de que um número considerável de alunos, ao se aproximar do fim de seus cursos, não demonstravam conhecimento prático básico esperados de um engenheiro, além de terem tido pouquíssimas experiências com desenvolvimento e gerenciamento de projetos. Existe também um Grupo de Trabalho (GT) na Faculdade de Engenharia Mecânica responsável por discutir e formular mudanças no currículo atual dos cursos oferecidos pela faculdade. Espera-se que este trabalho seja agregador ao que é desenvolvido nesse GT.

Planeja-se que esta reformulação, inicialmente se dê pela criação de disciplinas de projeto, onde os alunos deverão desenvolver projetos práticos a partir de conhecimento adquirido no curso, periodicamente.

# 2 Método

Inicialmente, antes de qualquer proposta, espera-se fazer estudos preliminares de forma a se definir exatamente o que será proposto, logo em um momento inicial planeja-se:

- Definir exatamente o escopo e as competências esperadas de um engenheiro recém formado.
- Analisar a grade do curso de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp e apontar as competências desenvolvidas em cada uma das disciplinas.
- Estudar outras instituições de ensino, tanto no Brasil quanto no exterior, que desenvolveram projetos parecidos de ensino.

Tendo definido estes pontos, a segunda etapa do trabalho consistirá em propor diferentes projetos, ou modelos de projetos que explorem todas as competências apontadas. Além disso será necessário analisar a viabilidade destes projetos, tendo

como base a infraestrutura da universidade e o impacto que isto pode causar no currículo academico. Em suma, planeja-se:

- Agrupar as competências apontadas nos estudos preliminares em grupos, baseados em qual período o aluno estará.
- Propor projetos ou modelos de projetos que englobem estas competencias.
- Analisar a viabilidade destes projetos e caso não seja viável, propor alguma alternativa.

### 3 Cronograma

Espera-se que este trabalho seja feito durante o período de um ano, entre julho de 2017 até junho de 2018. A primeira etapa do trabalho será feita durante o segundo semestre de 2017 e a segunda etapa será feita no primeiro semestre de 2018. Estipulou-se o seguinte cronograma:

<b>Período</b>	<b>Etapa</b>
Julho/2017	Finalização do planejamento do trabalho
Agosto/2017	Definição do escopo e competências de um engenheiro
Setembro/2017	Analisar a grade do curso de Engenharia de Controle e Automação e apontar competências
Outubro/2017	Estudar outras instituições de ensino
Novembro/2017	Compilação e escrita das informações apontadas nas etapas passadas e revisão bibliográfica
Dezembro/2017	Revisão do trabalho desenvolvido até então
Janeiro/2018	Agrupar as competências apontadas em grupos
Fevereiro/2018	Propor projetos ou modelos de projetos
Março/2018	Compilação e escrita dos projetos propostos
Abril/2018	Analisar a viabilidade destes projetos e caso não seja viável propor alguma alternativa.
Maió/2018	Revisão do trabalho desenvolvido até então
Junho/2018	Finalização da escrita do trabalho.

## 4 Escopo do Engenheiro de Controle e Automação

### 4.1 Definição de Engenharia de Controle e Automação

Engenharia de Controle e Automação, ou Mecatrônica, é um campo relativamente jovem da engenharia. O avanço nas áreas de computação, semicondutores, sistemas embarcados e controle no último século criaram solo fértil para um campo novo e cheio de possibilidades. Porém, como é uma área nova ainda não existe consenso no escopo esperado de um engenheiro de Controle e Automação.

A definição de Mecatrônica vem sendo alterada com os anos. Sua definição original foi feita pela *Yasakawa Electric Company*, que a definiu como:

*"A palavra, mecatrônica, é composta de "meca"de mecanismo e "trônica"de eletrônica. Em outras palavras, tecnologias e produtos desenvolvidos irão incorporar sistemas eletrônicos em mecanismos cada vez mais, de maneira orgânica e íntima, fazendo com que seja impossível dizer onde um começa e outro termina."*

Esta definição vem evoluindo conforme mais estudos são desenvolvidos na área. Uma das definições mais atuais foi definida por W.Bolton:

*"Um sistema mecatrônico não é apenas o casamento de sistemas elétricos e mecânicos e é mais que apenas um sistema de controle; é a integração completa de todos eles."*

As muitas definições existentes mostram o quanto o campo de Controle e Automação é novo e o quanto ele tem evoluído com os avanços tecnológicos, porém o que fica mais evidenciado é que independente da definição o campo exige que o engenheiro tenha um rol vasto e variado de competências.

É necessário então que estas competências sejam levantadas e analisadas de forma a entender melhor como o curso oferecido pela UNICAMP desenvolve tais habilidades.

## 4.2 Levantamento das competências de um Engenheiro

Para este estudo, a Engenharia de Controle e Automação pode ser dividida nos seguintes pontos chave:

- Modelagem de sistemas físicos

Para este estudo, este item será dividido em Sistemas Mecânicos e Sistemas Elétricos.

- Sensores e Atuadores
- Sinais e Sistemas
- Computadores e Sistemas Lógicos
- Software e Aquisição de Dados

Os itens acima descrevem os campos que, teoricamente, definem o campo de Engenharia de Controle e Automação, porém, é preciso também apontar as competências esperadas de um engenheiro, seja ele de Controle e Automação ou não.

O estudo feito por Male em 2012, aponta as seguintes competências esperadas de um engenheiro:

- Comunicação
- Trabalho em Equipe
- Profissionalismo
- Autonomia
- Ingenuidade
- Liderança e Gestão
- Engenharia voltada à negócios
- Empreendedorismo
- Engenharia prática
- Responsabilidades profissionais
- Aplicação de teoria técnica

Por questões de simplicidade estas competências serão agrupadas e referidas como: *Competências não técnicas*, já que se referem à competências voltadas mais à postura do que conhecimentos acadêmicos.

OBS: Alguns desses pontos podem parecer mais alinhados com o mercado e indústria e divergente da realidade acadêmica. É importante frisar que este estudo busca um perfil de engenheiro pleno, que possa atuar tanto em ambientes acadêmicos quanto ambientes da indústria.

Por fim, as competências que serão usadas como base neste estudo são:

- Modelagem de Sistemas Mecânicos
- Modelagem de Sistemas Elétricos
- Sensores e Atuadores
- Sinais e Sistemas
- Computação e Sistemas Lógicos
- Software e Aquisição de Dados
- Competências não técnicas

## 5 Análise do currículo atual

O catálogo atual do curso de Engenharia de Controle e Automação apresenta, na sua versão mais recente, 246 hora-aula/semana (créditos), divididos em uma grade de 12 semestres. As disciplinas oferecidas podem ser cursadas em qualquer ordem, dado que respeitem uma sequência de pré-requisitos estabelecidos, porém para esta análise irá ser considerada a integralização sugerida pela faculdade. Dentro destes 246 créditos, 12 são de disciplinas eletivas.

O currículo pleno, com seus respectivos semestres indicados:



Semestre	Disciplina	Créditos
1o	Cálculo I	6
	Química	4
	Introdução à Engenharia de Controle e Automação	2
	Geometria Analítica e Vetores	4
	Física Geral I	4
2o	Cálculo II	6
	Física Geral III	4
	Desenho Técnico Assistido por Computador	4
	Oficinas - Mecatrônica	4
	Algoritmos e Programação de Computadores	6
3o	Cálculo III	6
	Estruturas de Dados	6
	Física Experimental I	2
	Circuitos Elétricos	4
	Materiais de Engenharia	2
4o	Cálculo Numérico	4
	Álgebra Linear	4
	Programação Orientada a Objetos	4
	Termodinâmica I	4
	Estática	4
5o	Mecânica dos Fluidos I	4
	Organização Básica de Computadores e Linguagem de Montagem	4
	Dinâmica	4
	Eletrônica Aplicada	4
	Estatística para Experimentalistas	4
6o	Laboratório de Eletrônica Aplicada	2
	Circuitos II	4
	Análise Linear de Sistemas	4
	Engenharia de Fabricação	2
	Transferência de Calor I	4
	Circuitos Lógicos	4
7o	Fabricação Mecânica e Metalúrgica	2
	Laboratório de Circuitos Lógicos	2
	Sistemas Fluidotérmicos I	4
	Resistência dos Materiais I <sup>8</sup>	4
	Projeto de Sistemas Computacionais	4
	Vibrações de Sistemas Mecânicos	4

Tabela 1: Catálogo atual do curso - Parte 1

Semestre	Disciplina	Créditos
8o	Controle de Sistemas Mecânicos	4
	Resistência dos Materiais II	4
	Princípios de Conversão de Energia	4
	Instrumentação Básica	2
	Laboratório de Ensaio dos Materiais	2
	Sistemas de Aquisição de Dados	4
9o	Projeto de Sistemas Embarcados	4
	Eletrônica para Automação Industrial	4
	Laboratório de Dispositivos Eletromecânicos	2
	Planejamento e Controle da Produção I	4
	Modelagem de Dispositivos Eletromecânicos	2
	Robótica Industrial	4
10o	Sistemas Mecânicos	4
	Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial	2
	Automação Industrial	4
	Controle Avançado de Sistemas	4
	Laboratório de Sistemas Embarcados	2
11o	Ciências do Ambiente	2
	Laboratório de Controle de Sistemas	2
	Laboratório de Automação Industrial	2
	Trabalho de Graduação I	2
12o	Direito	2
	Economia para Engenharia	4
	Estágio Supervisionado	12
	Trabalho de Graduação II	4
	Projeto de Sistemas Mecatrônicos	4

Tabela 2: Catálogo atual do curso - Parte 2

Para este estudo é necessário destacar as disciplinas que tem como ementa o desenvolvimento de conhecimentos práticos e de projeto. As experiências do autor com o curso puderam mostrar que muitas disciplinas que não possuem este escopo na ementa também trouxeram experiências práticas pela iniciativa do próprio docente, porém estes casos não serão analisados pois não há maneira de quantificá-los dado que dependem de um fator subjetivo. São elas:

- **Laboratórios e Oficinas:**

- Laboratório de Eletrônica Aplicada
- Laboratório de Circuitos Lógicos
- Laboratório de Dispositivos Eletromecânicos
- Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial
- Laboratório de Sistemas Embarcados
- Laboratório de Controle de Sistemas
- Laboratório de Automação Industrial
- Laboratório de Ensaio dos Materiais
- Oficinas - Mecatrônica
- Física Experimental I
- Química (2 créditos apenas)

- **Computação:**

- Algoritmos e Programação de Computadores
- Estruturas de Dados
- Programação Orientada a Objetos
- Organização Básica de Computadores e Linguagem de Montagem

- **Projetos e Sistemas:**

- Projeto de Sistemas Embarcados
- Projeto de Sistemas Mecatrônicos
- Sistemas de Aquisição de Dados

- **Trabalhos de Graduação:**

Trabalho de Graduação I

Trabalho de Graduação II

As disciplinas desta lista correspondem à 62 créditos, ou seja, uma parcela de 25.2% da totalidade do curso. Porém, é necessário avaliar com quais competências estes 62 créditos se relacionam e em qual momento do curso serão cursados pelos alunos.

Para esta análise, todas as disciplinas foram mapeadas em grupos. Estes grupos visam condensar as disciplinas em competências desenvolvidas e serão a base das análises subsequentes. São eles:

- **Matemática e Ciências Básicas:** noções básicas de matemática, física e química que servirão como base de outras disciplinas.
- **Mecânica:** consiste no estudo de mecânica dos sólidos e fluidos, estudo de calor e energia e materiais.
- **Elétrica:** consiste no estudo de circuitos elétricos e magnéticos e sistemas de conversão de energia.
- **Fabricação:** consiste no projeto de sistemas mecânicos e sua produção.
- **Automação:** consiste no estudo de sensores e atuadores usados na automação de processos, assim como o projeto de sistemas automatizados e modelagem de dispositivos.
- **Sinais e Sistemas:** consiste no estudo de sinais de tempo contínuo e discreto, aquisição de dados e controle.
- **Sistemas Embarcados:** estudo de arquitetura e projetos de sistemas embarcados bem como suas aplicações.
- **Computação:** noções básicas de algoritmos, estrutura de dados, paradigmas de programação, linguagem de montagem e arquitetura de computadores.
- **Projetos de Engenharia:** desenvolvimento de projetos que consistem na integração de uma ou mais áreas estudadas em engenharia.

- **Estudos complementares:** se refere a campos que não competem necessariamente ao escopo de um Engenheiro de Controle e Automação porém se adequam à realidade de um profissional no ambiente brasileiro.

O mapeamento das disciplinas, além de facilitar as análises subsequentes também servirão para relacionar os grupos às competências levantadas na sessão anterior. A tabela a seguir visa então:

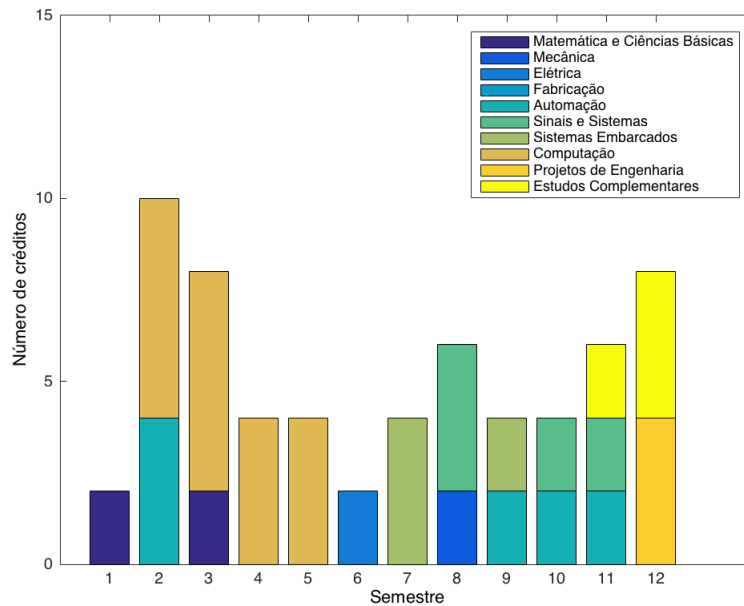
- Relacionar disciplinas à grandes grupos.
- Relacionar o número de créditos investidos em cada grupo.
- Relacionar o número de créditos práticos investidos em cada grupo.

Grupo	Disciplinas	Créditos	Créditos Práticos	Porcentagem do Curso	Porcentagem dentro da parte prática
Matemática e Ciências Básicas	Física Geral I, Física Experimental I, Física Geral III, Química, Cálculo I, Geometria Analítica e Vetores, Cálculo II, Cálculo III, Álgebra Linear, Estatística para Experimentalistas, Cálculo Numérico	52	4	21.1%	6.5%
Mecânica	Estática, Termodinâmica I, Dinâmica, Resistência dos Materiais I, Mecânica dos Fluidos I, Resistência dos Materiais II, Transferência de Calor I, Vibrações de Sistemas Mecânicos, Materiais de Engenharia, Laboratório de Ensaio dos Materiais, Sistemas Fluidotérmicos I	40	2	16.3%	3.3%
Elétrica	Circuitos Elétricos, Circuitos II, Eletrônica Aplicada, Laboratório de Eletrônica Aplicada, Princípios de Conversão de Energia	16	2	6.5%	3.4%
Fabricação	Desenho Técnico Assistido por Computador, Engenharia de Fabricação, Fabricação Mecânica e Metalúrgica, Sistemas Mecânicos, Planejamento e Controle da Produção I	15	0	6.1%	0%

Tabela 3: Divisão das disciplinas em grandes grupos - Parte 1

Grupo	Disciplinas	Créditos	Créditos Práticos	Porcentagem do Curso	Porcentagem dentro da parte prática
Automação	Oficinas - Mecatrônica, Eletrônica para Automação Industrial, Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial, Robótica Industrial, Instrumentação Básica, Laboratório de Automação Industrial, Automação Industrial, Modelagem de Dispositivos Eletromecânicos, Laboratório de Dispositivos Eletromecânicos	20	10	8.13%	16.1%
Sinais e Sistemas	Análise Linear de Sistemas, Sistemas de Aquisição de Dados, Controle de Sistemas Mecânicos, Controle Avançado de Sistemas, Laboratório de Controle de Sistemas	18	6	7.3%	9.7%
Sistemas Embarcados	Circuitos Lógicos, Laboratório de Circuitos Lógicos, Projeto de Sistemas Embarcados, Laboratório de Sistemas Embarcados	12	8	4.9%	12.9%
Computação	Algoritmos e Programação de Computadores, Estruturas de Dados, Programação Orientada a Objetos, Organização Básica de Computadores e Linguagem de Montagem, Projeto de Sistemas Computacionais	24	20	9.76%	32.3%
Projetos de Engenharia	Introdução à Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Sistemas Mecatrônicos, Trabalho de Graduação I, Trabalho de Graduação II	16	14	6.5%	22.6%
Estudos Complementares	Ciências do Ambiente, Direito, Economia para Engenharia, Estágio Supervisionado	20	0	8.13%	0%

Tabela 4: Divisão das disciplinas em grandes grupos - Parte 2



O gráfico acima mostra a distribuição de matérias práticas ao longo do período de 12 semestres do curso. Pode-se observar uma concentração de matérias de computação no início do curso e uma de outras matérias no fim, porém o meio do curso (do quarto ao sétimo mestre) apresenta poucas matérias práticas.

## 6 Outras Instituições

Tendo compilado as informações do curso de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp, o próximo passo do estudo é analisar os cursos de outras instituições de ensino superior sob métricas semelhantes ou equivalentes.

Foram escolhidas cinco instituições de renome nacional e internacional, são elas:

- Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
- Insper

- Massachusetts Institute of Technology (MIT)
- University of Cambridge

## 6.1 Universidade Federal de Itajubá

O curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Itajubá foi fundado em 1998, mesmo ano que o curso da Unicamp, porém apresenta diferenças significativas em seu catálogo. De acordo com o seu projeto pedagógico, o curso tem como objetivo a: "formação de recursos humanos para o desenvolvimento científico e tecnológico de área de sistemas de controle e automação, assim como na aplicação de tecnologias que visam à melhoria de produtos e serviços em geral".



Figura 1: Universidade Federal de Itajubá

A estrutura do curso é explicitamente dividida entre disciplinas teóricas e práticas e pode-se ver uma preocupação em garantir uma carga horária prática em quase todos os semestres, sendo a exceção o ultimo semestre (usado para estágio e trabalho final de graduação).

Além das disciplinas abaixo, a universidade oferece disciplinas optativas em áreas como empreendedorismo, sistemas embarcados, análise de algoritmos, eletromagnetismo, engenharia de software, sistemas operacionais e outras áreas que não serão consideradas nessa análise, já que o foco deste trabalho se encontra na grade obrigatória.



Semestre	Disciplina	Créditos
1o	Desenho Técnico Básico	4
	Metodologia Científica	2
	Introdução à Engenharia de Controle e Automação	2
	Laboratório de Metodologia Científica	1
	Geometria Analítica e Álgebra Linear	4
	Cálculo 1	6
	Química Geral	4
	Química Experimental	1
2o	Cálculo II	4
	Equações Diferenciais I	4
	Física Geral I	4
	Física Experimental I	2
	Desenho Técnico Auxiliado por Computador	2
	Circuitos Elétricos I	3
	Laboratório de Circuitos Elétricos I	1
	Técnicas de Programação	2
	Laboratório Técnicas de Programação	2
3o	Matemática Discreta	3
	Laboratório de Matemática Discreta	2
	Estruturas de Dados	3
	Laboratório de Estruturas de Dados	2
	Circuitos Elétricos I	2
	Laboratório de Circuitos Elétricos II	1
	Introdução à Eletrônica Analógica	2
	Laboratório de Introdução à Eletrônica Analógica	1
	Eletrônica Digital I	3
	Laboratório de Eletrônica Digital II	1
	Cálculo III	4
	Equações Diferenciais II	4

Tabela 5: Catálogo 2017 UNIFEI - Parte 1

Semestre	Disciplina	Créditos
4o	Modelagem de Sistemas Dinâmicos	3
	Introdução à Análise de Sinais	1
	Teoria de Grafos	2
	Programação Orientada a Objetos	2
	Laboratórios de Programação Orientada a Objetos	2
	Circuitos Polifásicos	3
	Eletrônica Analógica I	3
	Laboratório de Eletrônica Analógica I	1
	Eletrônica Digital II	2
	Laboratório de Eletrônica Digital II	1
	Física Geral III	4
	Laboratório de Eletrônica Digital	1
5o	Automação e Supervisórios I	4
	Controle Clássico	4
	Laboratório de Controle Clássico	1
	Instrumentação	2
	Laboratórios de Instrumentação	1
	Eletrônica de Potência e Acionamentos Controlados	4
	Laboratório de Eletrônica de Potência e Acionamentos Controlados	1
	Fenômenos de Transporte	4
	Laboratório de Fenômenos de Transporte	1
	Cálculo Numérico	4
6o	Automação e Supervisórios II	4
	Controle Moderno e Avançado	2
	Laboratório de Controle Moderno e Avançado	1
	Maquinas Elétricas	4
	Laboratório de Maquinas Elétricas	1
	Mecânica dos Sólidos	3
	Processos de Transformação	4
	Probabilidade e Estatística	4

Tabela 6: Catálogo 2017 UNIFEI - Parte 2

Semestre	Disciplina	Créditos
7o	Comunicação e Expressão	4
	Gestão de Operações	3
	Sistemas e Eventos Discretos	4
	Automação Pneumática e Hidráulica	2
	Laboratório de Automação Pneumática e Hidráulica	2
	Sistemas Integrados de Manufatura	2
	Controle Robusto e Multiváriavel	4
	Microcontroladores e Microprocessadores	2
	Laboratório de Microcontroladores e Microprocessadores	2
8o	Ciências do Ambiente	4
	Introdução a Robótica	3
	Banco de Dados para Automação	3
	Identificação de Sistemas e Técnicas Avançadas de Controle	4
	Economia	3
	Materiais Elétricos e Eletrônicos	2
	Redes Industriais	4
	Laboratório de Redes Industriais	1.5
9o	Projetos de Sistemas de Automação	2
	Planejamento e Gestão da Qualidade	3
	Engenharia Econômica	3
	Ciências Humanas e Sociais	3
10o	Projetos de Sistemas de Automação	2
	Ciências Humanas e Sociais	3

10o

Tabela 7: Catálogo 2017 UNIFEI - Parte 3

O curso oferece 205.5 créditos obrigatórios, aonde 49.5 são créditos que oferecem experiência prática aos alunos. O que corresponde à 24.10% do curso, um percentual semelhante ao curso da Unicamp, porém avaliando a distribuição desses créditos nas grupos definidos anteriormente:

Grupo	Disciplinas	Créditos	Créditos Práticos	Porcentagem do Curso	Porcentagem dentro da parte prática
Matemática e Ciências Básicas	Calculo I, Geometria Analítica e Álgebra Linear, Cálculo II, Equações Diferenciais I, Matemática Discreta, Laboratório de Matemática Discreta, Cálculo III, Equações Diferenciais II, Cálculo Numérico, Probabilidade e Estatística, Química Geral, Química Experimental, Física Geral I, Física Experimental I, Física Geral III, Física Experimental III	53	4	25.8%	8.1%
Mecânica	Fenômenos de Transporte, Laboratório de Fenômenos de Transporte, Mecânica dos Sólidos	8	1	3.9%	2%
Elétrica	Circuitos Elétricos I, Laboratório de Circuitos Elétricos I, Circuitos Elétricos II, Laboratório de Circuitos Elétricos II, Introdução à Eletrônica Analógica, Laboratório de Introdução à Eletrônica Analógica, Circuitos Polifásicos, Eletrônica Analógica I, Laboratório de Eletrônica Analógica I, Materiais Elétricos e Eletrônicos	19	4	9.3%	8.1%
Fabricação	Desenho Técnico Básico, Desenho Técnico Auxiliado por Computador, Processos de Transformação, Sistemas a Eventos Discretos, Sistemas Integrados de Manufatura	16	6	7.8%	12.1%
Automação	Modelagem de Sistemas Dinâmicos, Automação e Supervisórios I, Instrumentação, Laboratório de Instrumentação, Eletrônica de Potência e Acionamentos Controlados, Laboratório de Eletrônica de Potência e Acionamentos Controlados, Automação e Supervisórios II, Máquinas Elétricas, Laboratório de Máquinas Elétricas, Automação Pneumática e Hidráulica, Laboratório de Automação Pneumática e Hidráulica, Introdução a Robótica, Banco de Dados para Automação, Redes Industriais, Laboratório de Redes Industriais	39.5	17.5	19.2%	35.4%

Tabela 8: Divisão das disciplinas em grandes grupos - Parte 1

Grupo	Disciplinas	Créditos	Créditos Práticos	Porcentagem do Curso	Porcentagem dentro da parte prática
Sinais e Sistemas	Introdução à Análise de Sinais, Controle Clássico, Laboratório de Controle Clássico, Controle Moderno Avançado, Laboratório de Controle Moderno Avançado, Controle Robusto e Multivariável, Identificação de Sistemas e Técnicas Avançadas de Controle	17	4	8.3%	8.1%
Sistemas Embarcados	Eletrônica Digital I, Laboratório de Eletrônica Digital I, Eletrônica Digital II, Laboratório de Eletrônica Digital II, Microcontroladores e Microprocessadores, Laboratório de Microcontroladores e Microprocessadores	11	4	5.4%	8.8%
Computação	Técnicas de Programação, Laboratório de Técnicas de Programação, Estrutura de Dados, Laboratório de Estrutura de Dados, Teoria de Grafos, Programação Orientada a Objetos, Laboratório de Programação Orientada a Objetos	15	6	7.3%	29.2%
Projetos de Engenharia	Introdução à Engenharia de Controle e Automação I, Projeto de Sistemas de Automação, Trabalho Final de Graduação	4	2	1.9%	4.1%
Estudos Complementares	Metodologia Científica, Laboratório de Metodologia Científica, Comunicação e Expressão, Gestão de Operações, , Ciências do Ambiente, Economia, Planejamento e Gestão da Qualidade, Engenharia Econômica, Ciências Humanas e Sociais	23	1	11.2%	2.1%

Tabela 9: Divisão das disciplinas em grandes grupos - Parte 2

A tabela acima mostra que o curso oferecido pela UNIFEI possui uma ênfase maior no grupo de Automação comparado com a Unicamp, porém todos os outros grupos apresentam um número parecido de créditos práticos, mostrando um maior equilíbrio neste ponto. Agora, distribuindo estas disciplinas em seus respectivos semestres:

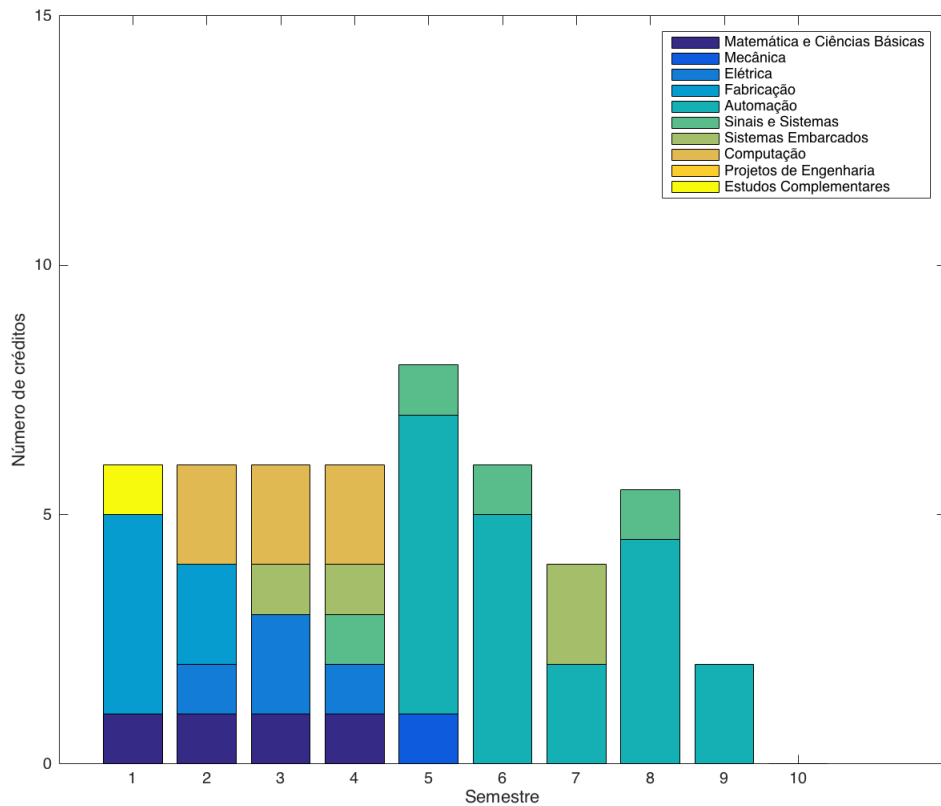


Figura 2: Divisão dos créditos práticos nos períodos do curso

Nota-se uma diferença da distribuição dos créditos práticos na Unicamp. Apesar de haver uma predominância do grupo de Automação, os créditos estão igualmente distribuídos por todos os semestres, oferecendo contato com diferentes competências práticas durante quase toda a graduação (a exceção sendo o último ano).

A abordagem da UNIFEI de separar os créditos práticos por toda a graduação permite que os alunos nunca fiquem sobrecarregados de matérias práticas e tenham contato com elas durante o curso inteiro.

## 6.2 Universidade Federal de Santa Catarina

O curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina teve sua primeira turma em 1990 para "atender às necessidades de um mercado crescente na área e uma demanda por profissionais capacitados para a solução de problemas específicos de automação."



Figura 3: Universidade Federal de Santa Catarina

De acordo com o projeto pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, o curso foi estruturado a partir da fusão das áreas de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Informática e Engenharia de Produção. O curso possui 243 créditos divididos entre disciplinas teóricas, estágio e projeto de fim de curso. Assim como a Unifei há uma alocação específica entre disciplinas práticas e teóricas. Desconsiderando os créditos destinados a disciplinas eletivas e projeto de final de curso, o curso da UFSC apresenta 20.47% das de créditos com carga prática. Uma parcela menor que a Unifei e a Unicamp, porém o curso da UFSC possui uma série de peculiaridades que valem a pena ser estudadas.

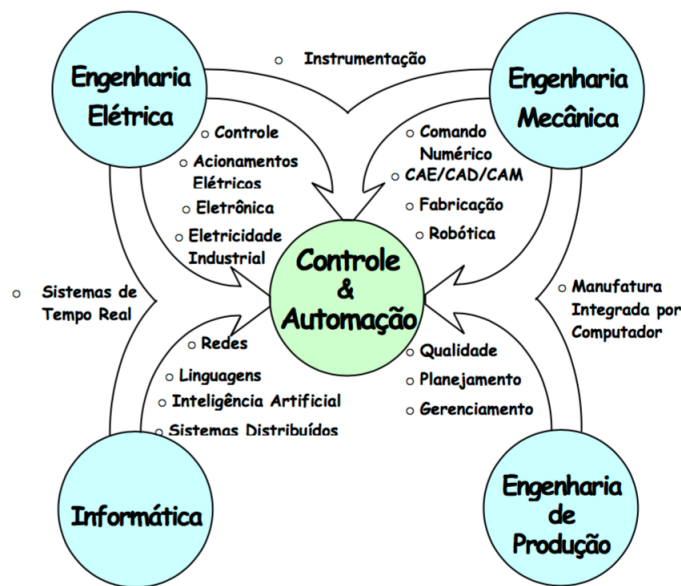


Figura 4: Diagrama dos pilares do curso da UFSC

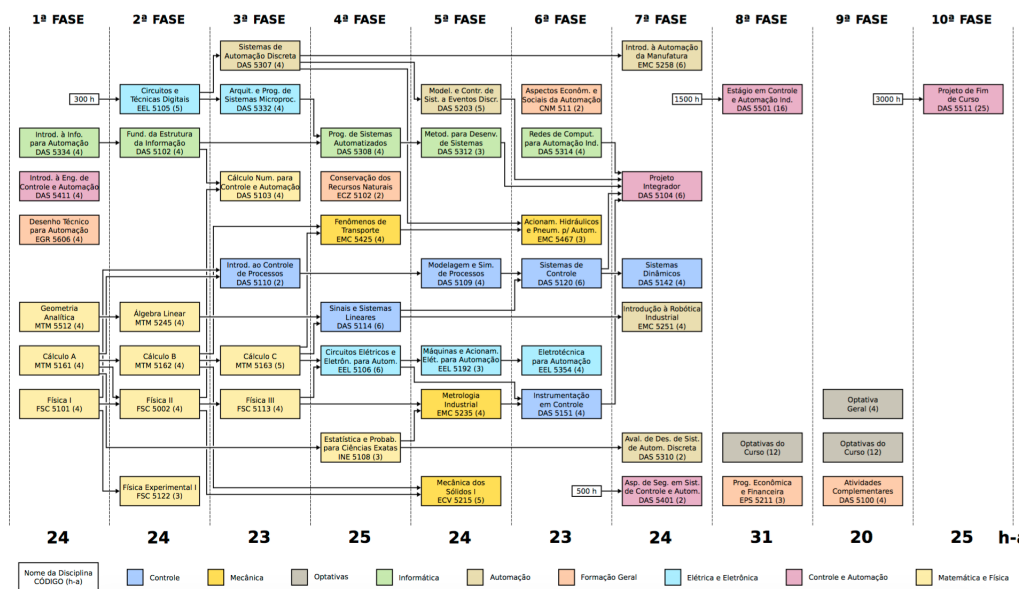


Figura 5: Grade do curso da UFSC

A grade acima divide o curso em áreas semelhantes ao mapeamento feito na



análise da grade da Unicamp e da Unifei. Dividindo as disciplinas em seus respectivos grupos, chega-se na seguinte distribuição:

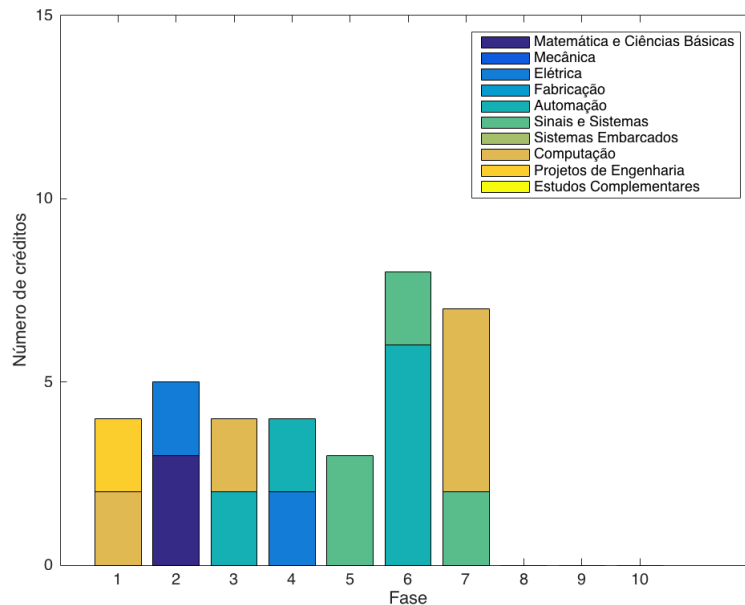


Figura 6: Distribuição de créditos práticos na UFSC

Fica claro que o curso da UFSC possui um foco bem diferente do proposto pela Unicamp. Com menos créditos práticos e uma distribuição desigual de créditos pelos grupos. Todavia, a Universidade Federal de Santa Catarina possui uma disciplina optativa que traz subsidios interessantes para este estudo:

### 6.2.1 Atividades Complementares

A disciplina **xxxx - Atividades Complementares** advém da política do curso da UFSC de incentivar a participação dos alunos em atividades extracurriculares, tais como monitoria, projetos de iniciação científica, projetos de extensão, etc. Para isto esta disciplina corresponde a 4 créditos que são obtidos a partir de uma pontuação advinda da participação dos alunos nesta disciplina. O aluno necessita obter 10 pontos a partir da seguinte tabela:

- Bolsa IC, PET ou monitoria - 5 pontos por semestre

- Presidência da Empresa Junior ou Centro Acadêmico - 4 pontos por semestre
- Representante Discente - 3 pontos por semestre
- Outros - à critério da comissão de avaliação

Esta disciplina incentiva os alunos da UFSC a participarem de atividades que agregam ao rol de conhecimentos do aluno além de trazer subsídios para a própria universidade como por exemplo incentivando alunos a se conscientizarem dos processos internos da graduação como representantes discentes.

Atualmente na Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp existem 13 atividades extracurriculares nos mais variados campos do conhecimento, além de oportunidades de monitoria e iniciação científica. É inegável os subsídios técnicos e profissionais que estas atividades trazem aos alunos e talvez esta medida da UFSC possa auxiliar em um maior desenvolvimento técnico dos alunos.

### 6.3 Insper

Fundado recentemente, o curso de Engenharia Mecatrônica do Insper buscar formar um profissional que trabalhará na automação de máquinas e que sejam capazes de controlar o funcionamento de outras máquinas e de sistemas complexos sem a necessidade de intervenção humana. O curso busca fugir das disciplinas usuais encontradas em outros cursos de engenharia, de forma a se adequar as tecnologias atuais e as exigências do mercado.

# Insper

Figura 7: Insper

O curso de Engenharia Mecatrônica do Insper é dividido em 10 semestres com uma carga horária total de 4100 horas, nas quais:

- Disciplinas obrigatórias: 2680 horas
- Disciplinas optativas: 720 horas

- Projeto Final de Engenharia: 300 horas
- Estágio: 300 horas
- Atividades Complementares: 100 horas

1°	Design de Software	Grandes Desafios da Engenharia	Instrumentação e Medição	Modelagem e Simulação do Mundo Físico	Natureza do Design
2°	Aclonamentos Elétricos	Ciência dos Dados	Co-design de Aplicativos	Física do Movimento	Matemática da Variação
3°	Biomecânica	Desconstruindo a Matéria	Design para Manufatura	Dispositivos que Movem o Mundo	Matemática Multivariada
4°	Empreendedorismo Tecnológico	Eletromagnetismo e Ondulatória	Mecânica dos Sólidos	Modelagem e Controle	Termodinâmica
5°	Fabricação e Metrologia	Mecanismos e Elementos de Máquinas	Métodos Numéricos	Projeto Mecatrônico	Sistemas Eletrônicos e Microprocessadores
6°	Automação Industrial	Controle Clássico	Máquinas Elétricas e Aclonamentos	Projeto Automação	Eletiva I
7°	Controle Moderno	Robótica Industrial	Química Tecnológica e Ambiental	Projeto de Controle	Eletiva II
8°	Projeto Final de Engenharia I		Eletiva III	Eletiva IV	Eletiva V
9°	Projeto Final de Engenharia II		Eletiva VI	Eletiva VII	Eletiva VIII
10°	Estágio				

Figura 8: Grade do Curso da Insper

É interessante notar que o curso do Insper possui disciplinas bem distoantes das que são encontradas na Unicamp, buscando uma abrangência mais geral das competências de um engenheiro. Pode-se notar que a partir do quinto semestre os alunos tem disciplinas de projeto, que buscam utilizar e consolidar competências adquiridas no semestre cursado e anteriores. Esses três projetos: Projeto Mecatrônico, Projeto Automação e Projeto de Controle acoplam três áreas vitais para um Engenheiro de Controle e Automação além de dar subsidios para as disciplinas de Projeto Final que os sucedem. Esta mentalidade de projetos de integração também é utilizada nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Computação do instituto.

Infelizmente, devido à idade do curso (4 anos) ainda não foram disponibilizados indicadores que mostrem os resultados destas disciplinas.

## 6.4 University of Cambridge



Figura 9: University of Cambridge

A University of Cambridge é uma das mais antigas Universidades do mundo, com mais de 800 anos de história, a instituição é considerada uma das melhores do Reino Unido e do mundo. O Departamento de Engenharia oferece cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia com diferentes ênfases, porém sua estrutura é bem diferente da estrutura usual das universidades brasileiras:

O curso de graduação em Engenharia pela University of Cambridge é dividido em quatro partes.

Durante a primeira e segunda parte (IA e IB), com duração de dois anos, os alunos tem aulas teóricas nos campos de : Mecânica, Estruturas, Materiais, Mecânica dos Fluidos, Termodinamica, Elétrica, Eletrônica, Computação, Controle e Matemática. Durante este período os alunos devem fazer duas horas de experimentos em laboratório por semana além de exercícios de desenho técnico, computação, e projetos na área de design de estruturas, integração elétrica em um laboratório de robótica, projeto de integração sobre estruturas em terremotos e mini-projetos de caracterização de materiais.

A partir da segunda parte (IB), o aluno pode escolher uma área de especialização ou se manter em uma área mais abrangente. As especializações são: Aeroespacial e Aerotérmica, Mecânica, Bioengenharia, Civil, Ambiental, Energia, Estruturas, Elétrica e Eletrônica, Elétrica e Ciência da Informação, Computação e Informação, Instrumentação e Controle.

Na terceira parte (IIA), além das aulas teóricas (16 horas por semana) os alunos devem participar de laboratórios e fazer dois projetos durante um dos períodos do

ano.

Na parte final (IIB), os alunos devem frequentar de 12 à 14 horas de aulas teóricas por semana, e devem desenvolver um projeto individual durante o ano inteiro, este projeto ocupa metade do tempo letivo.

Existe também a opção de, após os dois primeiros anos, o aluno escolher a opção MET, que é uma especialização em engenharia de manufatura e administração. Durante o terceiro ano (IIA) os alunos têm as mesmas aulas práticas e desenvolvem um "major project". No quarto ano (IIB) os alunos, além das disciplinas, fazem cinco projetos alinhados com a indústria, sendo que um deles é um projeto longo que dura oito semanas. Em ambos os anos existem várias visitas à indústrias que culminam em um tour internacional.

A estrutura do curso é muito diferente da realidade da Unicamp e da realidade das graduações presentes no Brasil. Porém pode-se notar uma preocupação em dar uma base prática desde o início da graduação dos alunos, e desenvolver projetos cada vez mais complexos culminando em um projeto final que pode estar alinhado tanto com a realidade acadêmica quanto com a realidade do mercado.

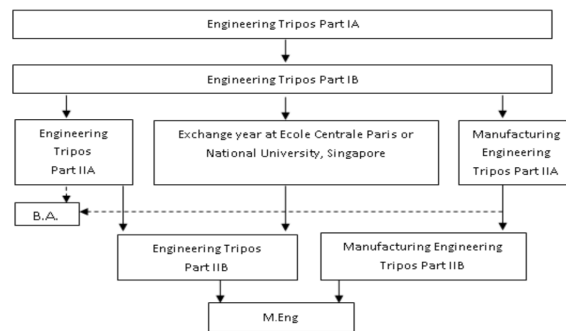


Figura 10: Estrutura do curso de Engenharia na University of Cambridge

#### 6.4.1 Estudo de um dos projetos sugeridos

Durante a terceira etapa do curso de Engenharia na Universidade de Cambridge, os alunos tem a oportunidade de desenvolver vários projetos de integração

que acrescentam competências práticas que complementam a sua grade. Como a proposta inicial deste trabalho envolve o possível planejamento de projetos semelhantes para o curso da Unicamp, é necessário avaliar tais projetos de forma a talvez obter propostas válidas para a realidade de um curso de engenharia brasileiro.

Será estudada a proposta de projeto que mais cabe dentro da realidade de um curso de Engenharia de Controle e Automação.

O projeto denominado "Control Systems" envolve na modelagem e controle de um "evaporador", um processo utilizado em várias indústrias químicas. O projeto é dividido em quatro partes:

- Inicialmente será feito um modelo de simulação com o auxílio do *Simulink* e do *Matlab*. Neste passo os alunos irão se familiarizar com o ambiente do *Matlab* e do *Simulink* além de estudar a modelagem matemática do evaporador.
- Na segunda etapa, os alunos devem finalizar o modelo e projetar um controlador inicial para ser utilizado em malha fechada.
- Na terceira etapa, o controlador é refinado e será estudada a performance do controlador diante de mudanças no sistema, haverá uma ênfase no estudo da parte integradora do controlador.
- Por último, os alunos se juntarão em grupo e devem desenvolver algum outro sistema de controle a sua escolha.

Este projeto dura quatro semanas e nele pode-se observar estudos nas áreas de Sinais, Computação e Mecânica. Este tipo de projeto menor pode ser considerado uma base interessante em futuras propostas de disciplinas de integração.

A estrutura do curso oferecido pela Cambridge University é muito diferente da estrutura que existem nas universidades brasileiras, porém a estrutura de disciplinas de projeto se mostra muito interessante e é uma possível solução para o problema levantado de alunos com falta de experiência prática no curso da Unicamp.

## 6.5 MIT

Fundado em 1856, o Massachusetts Institute of Technology, ou MIT, é hoje uma das mais conceituadas universidades do mundo, carregando o título de melhor universidade de engenharia. A universidade oferece cursos de engenharia com várias ênfases possuindo uma estrutura diferente da brasileira porém não tão distoante como o caso de Cambridge.



Figura 11: Massachusetts Institute of Technology

A School of Engineering do MIT não oferece um curso específico de Engenharia de Controle e Automação, porém o curso de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação se mostra o mais parecido ao escopo de um Controle e Automação definido anteriormente, logo será o curso analisado.

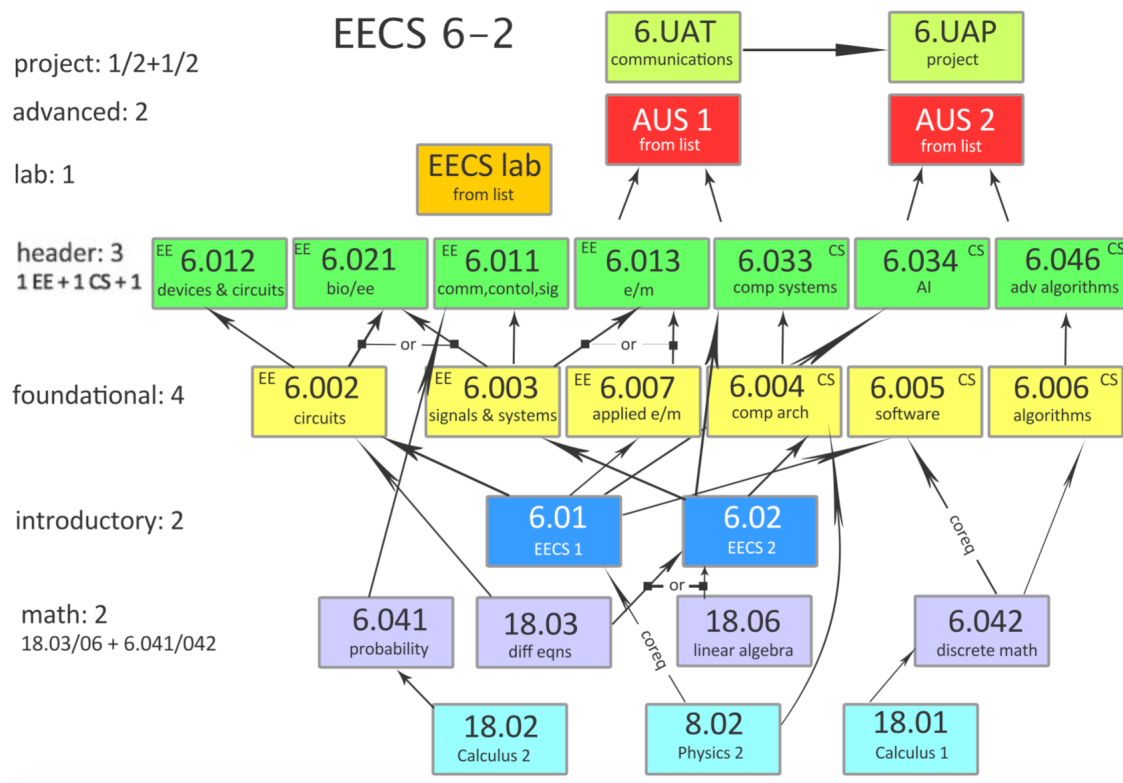


Figura 12: Estrutura do curso oferecido pelo MIT

A estrutura do curso é dividida em disciplinas de base (Foundational Subjects), disciplinas de especialização (Header Subjects), laboratórios, disciplinas avançadas e projetos.

Os UAP (Undergraduate Advanced Project) são projetos propostos pelos próprios alunos que contam com a supervisão de um professor orientador, semelhante a estrutura do Trabalho de Graduação da Unicamp.

A principal diferença na estrutura do MIT consiste na autonomia oferecida ao aluno dado que sua estrutura é pouco linear e possui um variado número de matérias optativas (todas as disciplinas avançadas devem ser escolhidas pelo aluno).

Essa estrutura tão "subjativa" permite ao aluno se especializar em uma área de interesse além de focar em disciplinas com teor prático caso assim deseje.

Além desta estrutura não-linear o MIT oferece a disciplina de "Independent Study and Research" que pode consistir em uma oportunidade de pesquisa junto ao corpo docente da universidade ou algum projeto proposto pelo próprio aluno com



supervisão docente. Esta disciplina permite ao aluno desenvolver sua autonomia tanto como engenheiro quanto como pesquisador.

Pode-se concluir que o MIT valoriza consideravelmente uma educação em que o aluno possua um papel ativo e autônomo.

## 7 Conclusão da análise

A partir da análise do curso de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp e de outras instituições pode-se concluir que não existe uma única estrutura de curso adotada e que existem diferentes ênfases e distribuições de disciplinas.

No que se diz a respeito de carga horária e experiência prática pode-se notar que as instituições internacionais buscam uma experiência na qual o aluno é mais autônomo, porém com uma carga horária reduzida.

O principal objetivo deste trabalho é a proposta de uma disciplina de projetos de integração de competências, tal disciplina é oferecida nestas instituições de ensino superior de diferentes maneiras e acredita-se que para ser adotado algo parecido na Unicamp não se pode perder de vista a realidade e filosofia da universidade.

O estudo dessas outras instituições de ensino oferecem subsídios importantes que podem ser sintetizados em questões a serem discutidas durante a concepção das disciplinas de integração, são elas:

- Em que momento do curso estas disciplinas devem ser oferecidas?
- Quais competências estas disciplinas devem desenvolver?
- De qual forma estas disciplinas devem ser oferecidas?

Tendo estas questões em mente os próximos passos deste estudo consistirá em avaliar estes itens e propor várias alternativas de projetos de integração para serem avaliadas e possivelmente implementá-las no curso de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp.

## 8 Projetos de Integração

A proposta dos Projetos de Integração visa permitir ao aluno do curso de Engenharia de Controle e Automação que possa desenvolver conhecimento técnico prático alinhado ao conhecimento teórico desenvolvido durante o curso. Logo, ao se propor estes projetos é necessário apontar os seguintes itens, que visam estruturar estes projetos de acordo com as questões levantadas na sessão anterior.

- Competências desenvolvidas no projeto
- Descrição do Projeto
- Sugestão de alocação do projeto no currículo

Dito isto, cada semestre do curso será analisado, e as competências desenvolvidas até então serão discutidas. Com isso alguns exemplos de projetos serão oferecidos de forma a ilustrar maneiras de como esta disciplina pode ser oferecida.

### 8.1 Projetos

Todos os semestres do curso serão brevemente analisados de forma a levantar pontos que podem ser estudados em possíveis projetos de integração. Após esta etapa serão sugeridos uma série de propostas de projetos de forma a ilustrar a disciplina.

#### 8.1.1 Primeiro Semestre

O primeiro semestre talvez seja o semestre mais difícil de se encaixar uma disciplina de integração. Considera-se que o aluno ingressante não possua nenhum conhecimento além do esperado no vestibular.

As disciplinas de Cálculo I, Física Geral I, Geometria Analítica e Vetores e Química oferecem uma base no grupo de competências de Matemática e Ciências Básicas. A disciplina de Introdução à Engenharia de Controle e Automação, historicamente possui algum tipo de trabalho prático consistindo na escrita de uma patente, porém como já indicado na Sessão 5, ela não será considerada uma disciplina prática por questões da ementa.

Dado ao então pouco *know-how* do aluno neste período indica-se projetos simples que busquem:

- Introduzir o conceito de projeto para o aluno
- Mostrar o intercambio de conhecimento necessário para um projeto de Controle e Automação
- Instigar a criatividade e pensamento crítico do aluno

### 8.1.2 Segundo Semestre

A partir do segundo semestre, o aluno começa a ter um contato maior com conhecimentos práticos principalmente advindo das disciplinas de Oficinas, Desenho Técnico Assistido por Computador (oferecidas pelo Senai) e de Algoritmos e Programação de Computadores.

Além disso, o aluno ainda esta construindo sua base no grupo de Matemática e Ciências Básicas, com as disciplinas de Cálculo II e Física Geral III.

O contato com uma matéria de programação abre um rol consideravelmente grande de projetos, principalmente utilizando softwares como o **Matlab**, que permitem não só desenvolver o aluno em competências no grupo de Computação e Sistemas Lógicos mas também já introduzir conceitos que serão abordados mais a frente como Aquisição de Dados e Modelagem de Sistemas.

Seria interessante manter um contato com o Senai para que talvez as disciplinas ministradas pela instituição possam ser integradas, ou pelo menos, alinhadas aos projetos de integração desenvolvidas.

Logo, indica-se que os projetos a partir desta etapa busquem:

- Aproveitar a introdução de conceitos de Lógica e Algoritmo para o desenvolvimento de simulações e de métodos numéricos básicos.
- Integrar os conceitos desenvolvidos no Senai a conceitos abordados em aula

### 8.1.3 Terceiro Semestre

O terceiro semestre marca o inicio de disciplinas das áreas de Elétrica com a disciplina de Circuitos I e Fabricação com a disciplina de Materiais de Engenharia, abrindo um leque maior de tópicos a serem explorados em projetos.

A disciplina de Circuitos I especificamente possui um grande potencial de ser explorada de maneira prática, com projetos consistindo de circuitos simples, que além de cementar a base teórica na disciplina prática oferecem subsídios práticos como a montagem de circuitos em protoboards, soldagem de placas e fios, e testes quantitativos com sensores e instrumentos de medição que serão utilizados em disciplinas mais a frente. Além disso a área Elétrica corresponde a 3.3% da parte prática do curso, que só é abordada a partir do sexto semestre, ou seja, esta que não só é pouco abordada como só é praticada a partir da metade do curso.

A disciplina de Cálculo III introduz os conceitos de equações diferenciais, conceitos estes que serão profundamente utilizados em praticamente todas as áreas do curso, principalmente nas áreas de Sinais. Abordar estes conceitos de forma prática, com simples modelagens de sistemas e resolução computacional servir-se-iam de base relevante para conceitos futuros e melhor consolidação do que já é abordado em aula.

A disciplina de estrutura de dados, por si só é uma disciplina com uma grande bagagem prática, porém ela representa uma maturação dos conceitos de algoritmos desenvolvidos pelos alunos, criando uma gama maior de projetos que consistem de programação.

Por fim a disciplina de Materiais de Engenharia oferece inicia o grupo de Mecânica, que assim como elétrica representam apenas 3.4% da grade prática do curso. Não obstante a isso os conceitos de Materiais de Engenharia podem também englobar conceitos observados em outras áreas.

Concluindo, o terceiro semestre mostra uma série de oportunidades para o desenvolvimento de projetos, indica-se então que projetos a partir desta etapa:

- Inserir conceitos de disciplinas que atualmente não possuem uma carga horária considerável no curso inteiro.
- Consolidar conceitos de equações diferenciais abordados em Cálculo III
- Aproveitar a maturação de conceitos de algoritmo permitindo projetos de maior complexidade computacional.

#### 8.1.4 Quarto Semestre

O quarto semestre explora de forma mais ampla a área de Mecânica, introduzindo as disciplinas de Termodinâmica e Estática. Como dito anteriormente, a área de mecânica não possui um montante relevante de matérias práticas, porém as disciplinas aqui introduzidas fornecem subsídios que quando aliados a disciplina de Cálculo Numérico permitem um estudo de duas áreas da mecânica que serão abordadas nos próximos seis semestres.

A disciplina de Cálculo Numérico é introduzida após os alunos terem um contato extensivo com programação, o que permite o estudo de abordagens numéricas a problemas em todas as áreas estudadas até então, e que serão estudadas posteriormente. A experiência pessoal do autor, com disciplinas do final da graduação mostraram que métodos numéricos são extremamente importantes e úteis na implementação de simulações de modelos e resoluções de sistemas de equação. Porém, a disciplina em si não possui parte prática (historicamente já ocorreu de professores do IMECC utilizarem `Matlab` ou `R` para exemplificar alguns conceitos, porém de acordo com os critérios estabelecidos por este trabalho, não existe garantia que o aluno terá esta experiência).

A disciplina de Álgebra Linear, relevante principalmente nas disciplinas de Controle e Análise Linear pode ser utilizada junto ao projeto para mostrar ao aluno aplicações de uma disciplina considerada abstrata para muitos alunos.

Por fim a disciplina de Programação Orientada a Objetos permite ao aluno desenvolver projetos de engenharia de software em alto nível. Podendo alinhar desde interfaces homem máquina a seus projetos a até mesmo introduzir, de maneira básica, conceitos de redes e web. Apesar destes conceitos não serem requisitados especificamente de um Engenheiro de Controle e Automação, não pode-se negar as tendências da tecnologia com IoT e Big Data, logo esta disciplina pode servir de base para introduzir estes conceitos a alunos interessados.

Logo, a partir deste semestre indica-se que os projetos:

- Tente introduzir conceitos de mecânicas devido a sua parcela pequena nas partes práticas
- Aproveite Cálculo Numérico para aplicar métodos numéricos em problemas aplicados a virtualmente todas as áreas relevantes a um Engenheiro de Controle e Automação

- Dê uma base prática a disciplinas abstratas como Álgebra Linear
- Utilize a programação em alto nível para alinhar aos projetos as tendências da tecnologia atual

#### 8.1.5 Quinto Semestre

O quinto semestre se assemelha muito ao quarto no que se diz respeito às áreas de Mecânica com Dinâmica e Mecânica dos Fluidos I, Elétrica com Eletrônica Aplicada e Matemática com Estatística para experimentalistas. Todas estas disciplinas acrescentam peso ao argumento da sessão anterior de propor projetos práticos de simulação com o auxílio de métodos numéricos e agora estatísticos.

A disciplina de Organização Básica de Computadores e Linguagem e Montagem introduz conceitos de linguagem de máquina e arquitetura que serão utilizados mais tarde nas áreas de Embarcados e Automação. Logo, a disciplina permite que conceitos básicos desta área já sejam abordados, criando uma base para que as disciplinas destas áreas seja melhor aprofundadas mais tarde.

O quinto semestre então permite que projetos desenvolvidos a partir deles:

- Se aprofundem na modelagem de sistemas mecânicos e elétricos
- Se aprofundem em métodos numéricos e análises estatísticas
- Introduzam conceitos de computação de mais "baixo-nível", criando uma base para as áreas de embarcados e automação

#### 8.1.6 Sexto Semestre

O sexto semestre introduz a primeira matéria prática na área de Elétrica. O Laboratório de Eletrônica Aplicada consolida conceitos estudados em Circuitos I e Eletrônica Aplicada de forma a fornecer uma base da confecção e estudo de circuitos elétricos. Assumindo que os alunos já tenham tido uma base prática de circuitos elétricos em um projeto de integração anterior o Laboratório oferece uma oportunidade de acrescentar circuitos mais complexos ao projeto, como filtros, amplificadores e retificadores.

Assim como os dois semestres anteriores as disciplinas de Transferência de Calor I e Circuitos II continua acrescentando novos conceitos de Mecânica e Elétrica

respectivamente que podem ser explorados em projetos de integração que talvez possam agregar ao que já foi desenvolvido em projetos passados. A disciplina de Circuitos II principalmente será muito utilizada posteriormente, principalmente no estudo de máquinas elétricas no que tange circuitos trifásicos e transformadores, um estudo mais prático dessa área poderia servir de introdução a conceitos que serão vistos com maior ênfase a partir do oitavo semestre.

A disciplina de Engenharia de Fabricação oferece conceitos de projetos mecânicos que até então não foram explorados no graduação do aluno. Infelizmente esta área de usinagem e fabricação corresponde a 0% das disciplinas práticas. O estudo da fabricação, ou pelo menos, de projetos mecânicos integrados as disciplinas de mecânica clássica e desenho técnico já desenvolvidos se mostra uma oportunidade de desenvolver projetos básicos na área de mecânica.

A disciplina de Circuitos Lógicos já apresenta estudos práticos por meio da simulação em VHDL. Tais projetos são mais explorados na disciplina de Laboratório de Circuitos Lógicos do sétimo semestre.

Finalmente a disciplina de Análise Linear de Sistemas introduz conceitos de extrema importância da formação de um Engenheiro de Controle e Automação. O estudo de sinais e sistemas é base para as disciplinas de Controle e Aquisição de Dados, dois pilares do Engenheiro de Controle e Automação. Conceitos de sinais também já foram explorados em matérias passadas como Eletrônica Aplicada. A fácil implementação de sinais e sistemas em softwares como o **Matlab** dão a esta área um forte potencial para a aplicação de projetos práticos.

Logo a partir do sexto semestre, indica-se que os projetos de integração:

- Busque integrar conceitos de Elétrica e Mecânica para consolidar as disciplinas estudadas e para introduzir conceitos posteriores
- De alguma forma, integrar algum tipo de projeto mecânico e usinagem, pois são áreas deficientes no curso
- Aproveitar o estudo de sinais e sistemas para criar familiaridade com o estudo prático de sinais em variadas áreas do conhecimento

### 8.1.7 Sétimo Semestre

O sétimo semestre apresenta, assim como o semestre passado, uma introdução a mais conceitos de Fabricação e Mecânica, com as disciplinas de Fabricação Mecânica e Metalúrgica, Sistemas Fluidotérmicos, Resistências dos Materiais I e Vibrações de Sistemas Mecânicos.

A disciplina de Vibrações de Sistemas Mecânicos introduz conceitos de modelagem de sistemas que serão muito utilizados nas disciplinas de Controle e são baseados em conceitos de Sinais e Sistemas, logo acrescenta-se mais uma maneira de explorar a área de Sinais.

O Laboratório de Circuitos Lógicos continua o estudo de Sistemas Embarcados, neste caso com FPGA utilizando VHDL. Esta disciplina aliada a conceitos de arquitetura discutidos em Projetos de Sistemas Computacionais oferece uma gama de projetos de sistemas lógicos e processadores. Aliando-se conceitos de eletrônica e sinais já vistos anteriormente, é possível agora já mostrar a intercambialidade de conceitos estudados no curso, possibilitando que sejam desenvolvidos projetos de integração que unam todas estas áreas.

Em suma, o sétimo semestre permite que os projetos de integração:

- Continue aprofundando os conceitos de Mecânica e Fabricação
- Aumente a gama da aplicação de Sinais e Sistemas junto as áreas de Mecânica e de Embarcados

### 8.1.8 Oitavo Semestre

O oitavo semestre, historicamente um semestre marcante na graduação de um aluno de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp introduz a matéria de Controle de Sistemas Mecânicos. Que estuda a modelagem de sistemas mecânicos e conceitos matemáticos de controle clássico. Estes conceitos serão mais tarde estudados de forma prática no Laboratório de Controle no Nono Semestre. A disciplina de Controle, provavelmente uma das disciplinas mais icônicas do curso oferece a aplicação de Sinais e Sistemas junto a área de Mecânica e de Elétrica. A disciplina é facilmente integrável em projetos móveis físicos ou de simulação e é de extrema importância que seus conceitos se tornem familiares para os graduandos.



Tão relevante quanto Controle, a disciplina de Instrumentação é vital para o estudo de sensores, componentes de extrema importante para sistemas de controle e automação. Infelizmente, não existem oportunidades do estudo prático de Instrumentação no curso. O uso de sensores, junto ao estudo de sinais, controle e de Sistemas de Aquisição de Dados (também estudado neste semestre) permite estudar sistemas em malha fechada, tanto mecânicos quanto elétricos (afinal espera-se que o aluno já tenha familiaridade com sistemas físicos).

O Laboratório de Ensaio de Materiais acrescenta estudos e ensaios de materiais na área de Mecânica, enquanto a disciplina de Principios de Conversão de Energia acrescenta mais bagagem à área de de Elétrica. Por fim a disciplina de Resistência dos Materiais II consolida o estudo de Mecânica dos Sólidos. Acredita-se que a partir do oitavo semestre o aluno já possui uma base forte de sistemas físicos eletro-mecânicos que podem ser aplicados a projetos de integração com outras áreas estudadas neste semestre e anteriores.

Logo, o oitavo semestre abre um leque muito grande de projetos, a partir deste semestre indica-se:

- Aplicar conceitos de Controle aplicados a sistemas físicos estudados anteriormente
- Introduzir estudos práticos de Instrumentação e Aquisição de Dados com o auxílio de sensores

#### **8.1.9 Nono Semestre**

O nono semestre dá continuidade à área de Sistemas Embarcados com a disciplina de Projetos de Sistemas Embarcados. Atualmente a disciplina já conta com uma carga horária prática, porém a bagagem de embarcados adquiridas com as disciplinas de Circuitos Lógicos e a base de sensores adquiridas com Instrumentação e Aquisição de Dados permite inserir projetos de diferentes sistemas digitais ao escopo do projeto de integração. A disciplina de Eletrônica para Automação Industrial consolide conceitos de máquinas elétricas aplicadas a automação, estes conceitos são melhores estudados no Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial, logo acredita-se que a inserção destes tópicos no projeto de integração pode acontecer após o próximo semestre.

A disciplina de Planejamento e Controle de Produção I permite inserir tópicos de planejamento de produção industrial, que aliados a outras disciplinas de fabricação já estudadas permite desenvolver projetos mais alinhados à uma realidade industrial. A disciplina de Robótica Industrial pode ser aliada à disciplina de Planejamento e Controle de Produção para um viés de desenvolvimento de linhas de montagem e também aliado a Modelagem de Dispositivos Eletromecânicos para o estudo do desenvolvimento de sistemas robóticos.

Logo, o nono semestre permite inserir:

- Conceitos de Planejamento e Controle de Produção e tópicos industriais nos projetos
- Modelagem e estudo de sistemas robóticos
- Desenvolvimento de sistemas digitais e embarcados mais complexos

#### **8.1.10 Décimo Semestre**

O décimo semestre possui a disciplina de Laboratório de Sistemas Embarcados, cujo modelo até o momento de autoria deste trabalho se mostra mais parecida com o que seria um projeto de integração. O desenvolvimento de um sistema móvel, com controle de posição e velocidade mostra a interdisciplinaridade esperada de um projeto de integração. Acredita-se que os conceitos de projeto desenvolvidos neste disciplina podem ser propagadas para outros projetos de integração, além disso, admitindo-se que neste momento do curso o aluno já fez um número considerável de projetos de integração esta disciplina pode evoluir e ser usada para aplicar conceitos mais complexos do que são estudados atualmente.

O Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial consolidam o estudo de máquinas elétricas, permitindo acrescentar o estudo de máquinas elétricas de alta tensão no desenvolvimento dos projetos de integração.

A disciplina de Automação Industrial fornece a base de sistemas digitais e de controle utilizados na indústria. A base definida em Planejamento e Controle da Produção aliada a esta disciplina permite o estudo detalhado de plantas industriais autônomas.

Por fim, Controle Avançado de Sistemas estuda conceitos de controle moderno, que podem, e devem ser explorados não só na própria disciplina mas em projetos

que consigam integrar sistemas digitais com sistemas eletro-mecânicos utilizando controladores mais modernos e robustos que os aplicados até este momento.

Logo, o décimo semestre permite adicionar aos projetos de integração:

- Conceitos mais complexos de sistemas digitais e desenvolvimento de projetos
- Uso de máquinas elétricas de alta tensão
- Aplicações dos conceitos estudados dentro da realidade industrial com Automação
- Desenvolver o uso de controladores robustos de acordo com tecnologias mais atuais que o Controle Clássico

#### **8.1.11 Décimo Primeiro Semestre**

O décimo primeiro semestre implica que o aluno já está desenvolvendo o Trabalho de Graduação I, talvez o único "projeto de integração" que já existe atualmente no curso.

O Laboratório de Controle de Sistemas e Laboratório de Automação Industrial consolidam conceitos de controle e automação já estudados anteriormente. Espera-se que neste momento o aluno já tenha experiência com este tipo de sistemas de forma a poder aproveitar o laboratório para fazer experimentos complexos com controladores robustos e sistemas de automação.

Por fim a disciplina de Ciências do Ambiente dá ao aluno uma ótica socio-ambiental dos projetos desenvolvidos. Dado a realidade atual da sociedade atual e do meio ambiente, é indicado que os projetos desenvolvidos a partir deste momento (ou até mesmo antes) tenham uma consciência não só de impacto ambiental mas também de desenvolvimento sustentável.

O décimo primeiro semestre permite então inserir nos projetos de integração:

- Conceitos mais complexos de Controle Moderno e Automação
- Noções de desenvolvimento sustentável

### 8.1.12 Décimo Segundo Semestre

O último semestre do curso possui a matéria de Projeto de Sistemas Mecâtronicos, que trabalha não apenas com o desenvolvimento de Sistemas Mecâtronicos mas como várias metodologias de desenvolvimento de projetos. Esta disciplina fornece subsídios ao aluno para desenvolver um projeto maduro esperado já de um engenheiro recém-formado, espera-se que os projetos de integração desenvolvidos junto a esta disciplina sigam estas metodologias.

O Trabalho de Graduação II é a conclusão de um projeto desenvolvido desde o semestre passado e espera-se que este trabalho se aproveite de todos os conceitos desenvolvidos durante o curso e nos projetos de integração desenvolvido.

Por fim o estágio supervisionado dá ao aluno experiência do que é esperado de um engenheiro na realidade fora da universidade e de um profissional. Esta ótica agrega um profissionalismo aos projetos de integração que junto ao Trabalho de Graduação II pode ser usado para desenvolver um projeto esperado de um engenheiro pleno.

Logo, no momento final do curso é esperado que:

- O aluno consiga desenvolver um projeto de engenharia conforme as metodologias de projeto estudadas
- O aluno possa usar sua experiência acadêmica e profissional para desenvolver um projeto complexo e maduro

## 9 Bibliografia

- [1] BISHOP, R. Mechatronics Handbook. Austin: CRC Press, 2002. 1230 p.
- [2] LICKS, V.; Mechanisms used in Brazil to develop essential competencies in undergraduate Engineering programs. 2016.
- [3] Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC, 2013.

[4] Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Itájuba: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC, 2013.

[5] MIT EECS Homepage. Disponível em: <<https://www.eecs.mit.edu>>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

[6] Faculdade de Engenharia Mecatrônica do Insper. Disponível em: <<https://www.insper.edu.br/graduacao/engenharia-mecatronica/>>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

[7] Department of Engineering. Disponível em: <<http://www.eng.cam.ac.uk>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

[8] SIGAA Unifei. Disponível em: <<https://sigaa.unifei.edu.br/sigaa/public/curso/curriculo.jsf>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.