

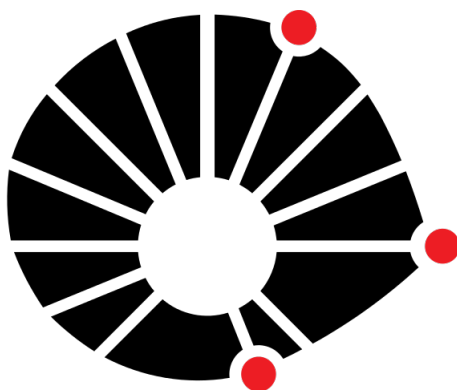
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

---

## Trabalho de Graduação I

---



**UNICAMP**

*Autor:*

Henrique de Abreu Amitay

*Orientador:*

André Ricardo Fioravanti

21 de Novembro de 2017

# Índice

<b>1</b>	<b>Objetivo</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Método</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Cronograma</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Escopo do Engenheiro de Controle e Automação</b>	<b>4</b>
4.1	Definição de Engenharia de Controle e Automação . . . . .	4
4.2	Levantamento das competências de um Engenheiro . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Análise do currículo atual</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Outras Instituições</b>	<b>13</b>
6.1	Universidade Federal de Itajubá . . . . .	14
6.2	Universidade Federal de Santa Catarina . . . . .	21
6.2.1	Atividades Complementares . . . . .	23
6.3	Inspiração . . . . .	24
6.4	University of Cambridge . . . . .	26
6.4.1	Estudo de um dos projetos sugeridos . . . . .	27
6.5	MIT . . . . .	29
<b>7</b>	<b>Conclusão e próximos passos</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>32</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 instuições 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 viavel propor alguma alternativa.
Maiio/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>7</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:

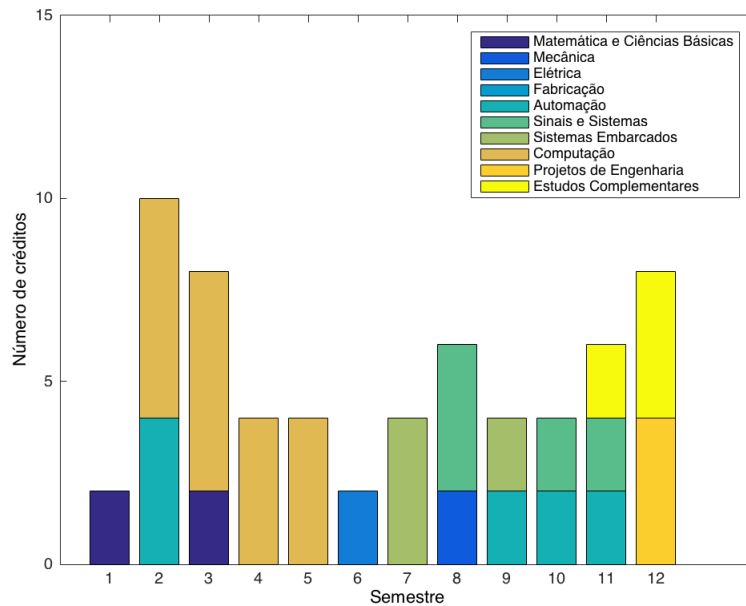
- Relacionar disciplinas à grandes grupos.
- Relacionar o número de créditos investidos em cada grupo.
- Relacionar o número de créditos práticos investidos em cada grupo.

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:

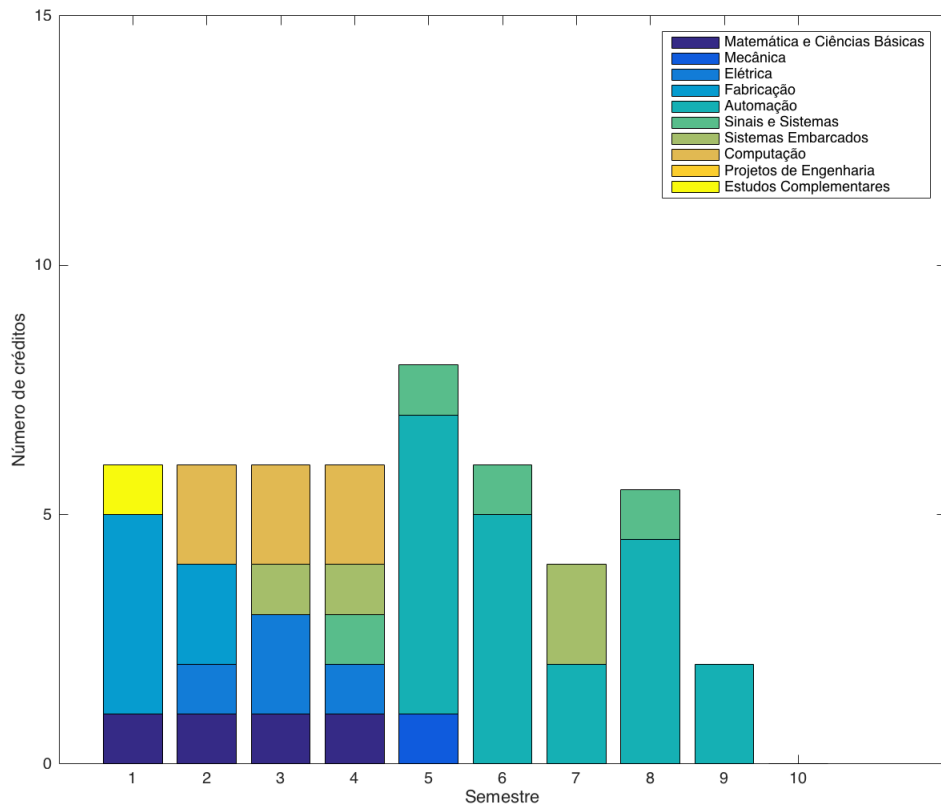


Figura 2: Divisão dos créditos práticos nos períodos do curso

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.

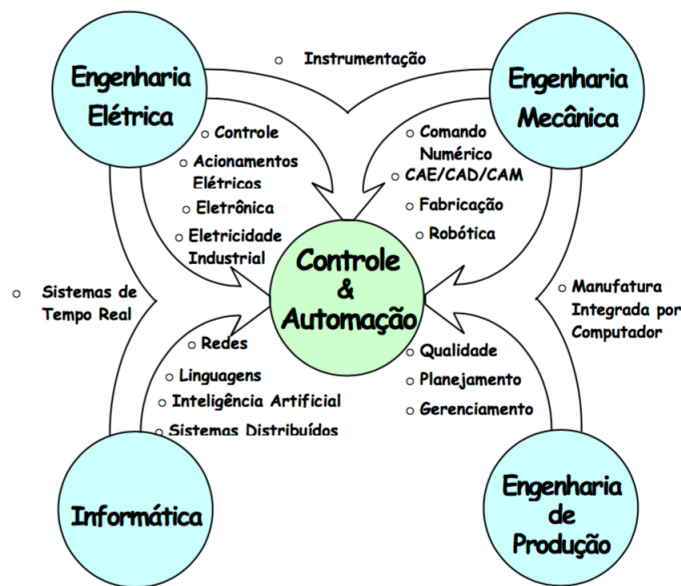


Figura 4: Diagrama dos pilares do curso da UFSC

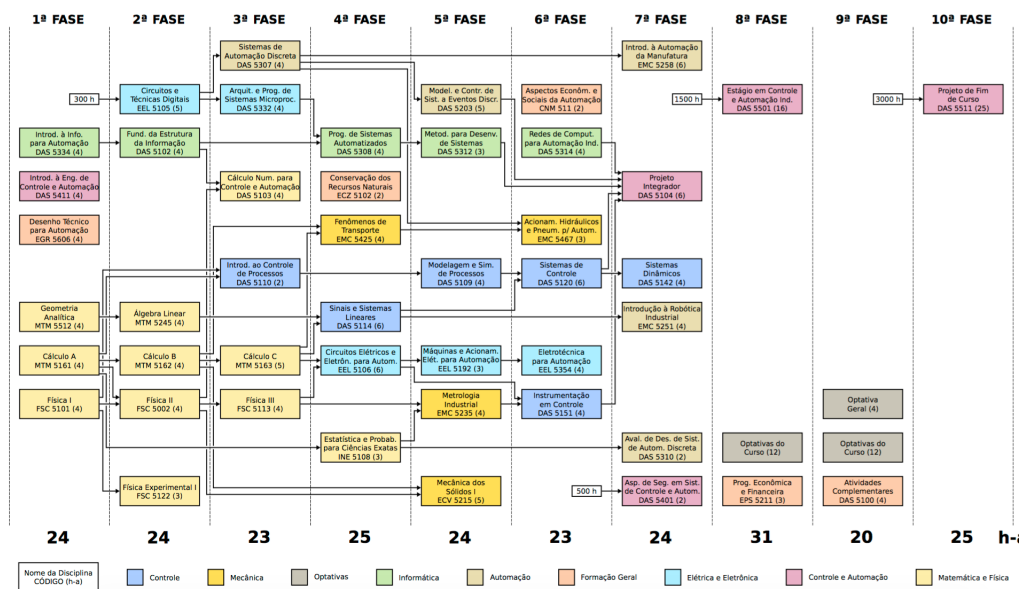


Figura 5: Grade do curso da UFSC

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:

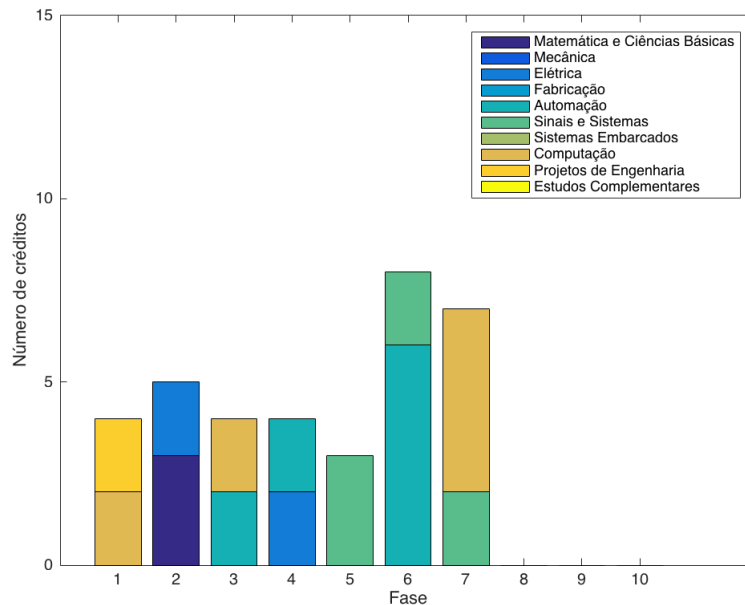


Figura 6: Distribuição de créditos práticos na UFSC

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 subsidios 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 subsidios 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, Mecanica, 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 academica quanto com a realidade do mercado.

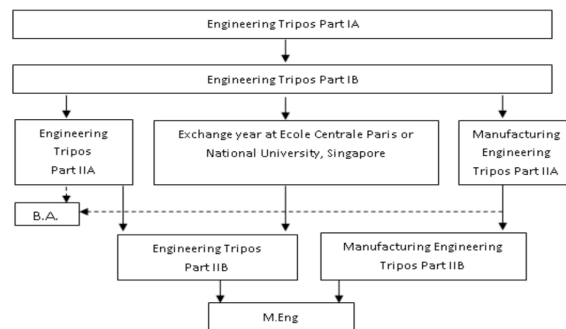


Figura 10: Estrutura do curso de Engenharia na University of Cambridge

#### 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.

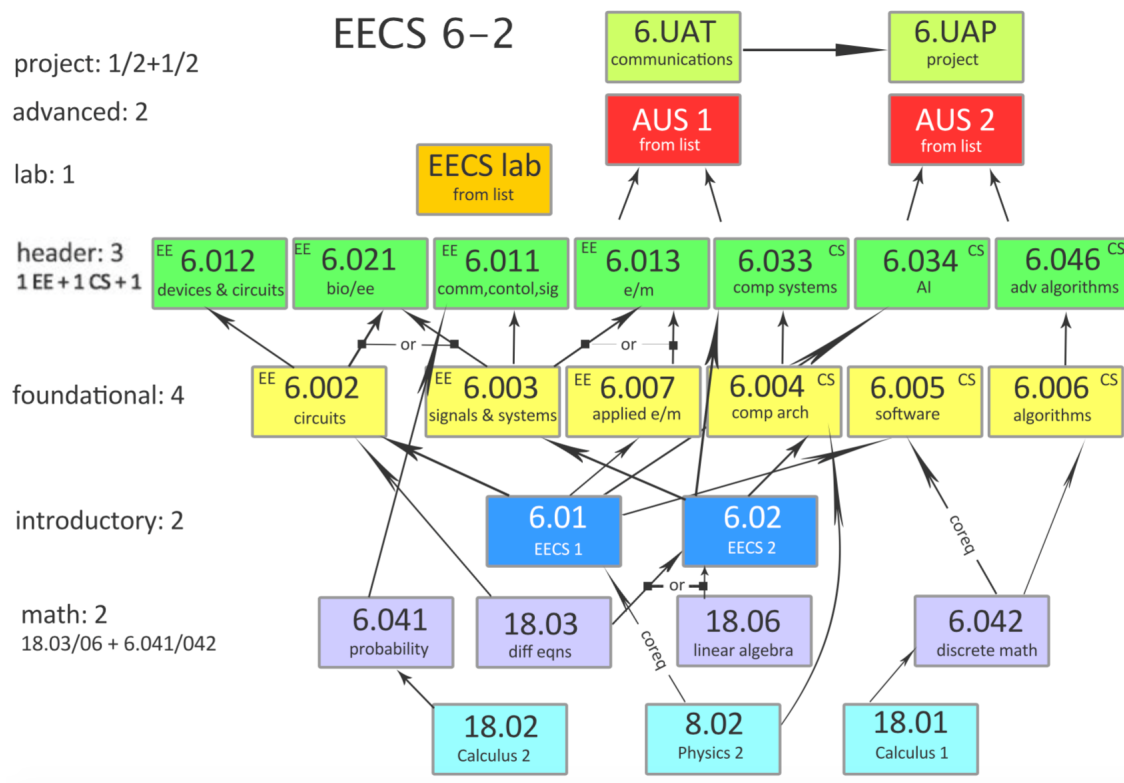


Figura 12: Estrutura do curso oferecido pelo MIT

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 e próximos passos

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:

- Qual a carga horária indicada para estas disciplinas?
- 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 mento os próximos passos deste estudo consistirá em avaliar estes itens e propor várias alternativas de projetos de integração para serem avaliadas e possivelmente implementa-las no curso de Engenharia de Controle e Automação da Unicamp.



## 8 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.