

**EE**

# **ENGENHARIA ELECTRÓNICA**



**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO  
DO CURSO NO CONTEXTO DA DECLARAÇÃO DE BOLONHA,  
PARA 1º CICLO DE ESTUDOS**

**LCEE**

**LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA  
ENGENHARIA ELECTRÓNICA**



**10 de Abril de 2006**

**Departamento de Engenharia Electrotécnica e Computadores**

## Índice

1	ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO DA LEE .....	3
1.1	Conceito e Objectivos da Electrónica .....	3
1.2	A Actual Engenharia Electrónica .....	4
1.2.1	Objectivos Gerais da EE .....	5
1.2.2	Objectivos Operacionais .....	6
1.2.3	Conhecimentos Fundamentais a Adquirir .....	7
2	A Adequação da LEE ao Espírito da Declaração de Bolonha .....	9
2.1	Adequação da LEE .....	9
2.1.1	Competências dos Alunos à Entrada .....	9
2.1.2	Modelo de Formação em 2 Ciclos .....	10
2.1.3	Justificação da Duração dos Ciclos de Estudos .....	10
2.1.4	Objectivos Fundamentais dos Ciclos de Estudo .....	11
2.1.4.1	Objectivos do 1º Ciclo .....	11
2.1.4.2	Objectivos do 2º Ciclo: .....	11
2.1.5	Estrutura Curricular .....	12
2.1.5.1	Atribuição de Créditos a Cada Unidade Curricular .....	12
2.1.5.2	Fundamentação da Atribuição de Créditos a Cada Unidade Curricular .....	13
2.1.5.3	Competências Adquiridas .....	13
2.1.5.4	Objectivos Fixados no nº 4 do Artº 18º do Anteprojecto de Decreto Lei .....	16
2.1.5.5	Comparação de Currículos de Escolas Estrangeiras .....	17
2.1.5.6	Incorporação de Recomendações da Avaliação Externa na Organização do Ciclo de Estudos .....	19
3	Proposta para o Primeiro Ciclo de Estudos .....	20
3.1	Objectivos do 1º ciclo .....	20
3.2	Designação do Curso .....	20
3.3	Competências a Desenvolver na LCEE .....	20
3.4	Organização do Currículo da LCEE .....	20
3.4.1	Ciências da Engenharia na LCEE .....	22
3.4.2	Ciências da Engenharia Electrotécnica na LCEE .....	22
3.4.3	Competências Transversais na LCEE .....	23
3.4.4	Condições de Entrada na LCEE .....	24
3.4.5	Condições de Transição para o MEE (2º ciclo da EE) .....	24
3.4.6	Proposta de Estrutura Curricular da LCEE .....	24
3.5	Metodologias de Ensino na LCEE .....	24
3.6	Metodologias de Avaliação na LCEE .....	25
3.7	Precedências de Unidades Curriculares .....	25
3.8	Equivalências entre a LEE e a LCEE .....	26
4	ANEXOS .....	27
4.1	ANEXO I – Plano Curricular .....	27
4.1.1	Plano Curricular Detalhado da LCEE .....	27
4.1.2	Distribuição de Unidades Curriculares por Departamentos do IST .....	28
4.2	ANEXO II - Tipologia de Aulas .....	29
	Caracterização Típica dos Planos Curriculares do IST .....	29

# 1 ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO DA LEE

## 1.1 Conceito e Objectivos da Electrónica

A Electrónica é uma área da engenharia onde se desenvolve um conjunto de técnicas de projecto, fabricação e ensaio de dispositivos e sistemas que são baseados na exploração das propriedades electromagnéticas dos materiais. A Electrónica cobre, portanto, o desenvolvimento de novos dispositivos básicos, a sua associação em sistemas electrónicos, e as técnicas computacionais de análise, projecto, síntese, fabricação e ensaio de sistemas - CAD electrónico (CAD de *Computer Aided Design*).

Os sistemas electrónicos modernos são extremamente complexos pois a evolução tecnológica tem permitido realizar sistemas onde se integram circuitos analógicos, altamente sensíveis, convivendo com circuitos digitais operando a frequências extremamente elevadas com sofisticados circuitos de potência. Estes circuitos podem ser associados em processadores ou em sistemas programáveis, que requerem uma alta eficiência energética e onde a operação dos vários tipos de circuitos faz surgir uma grande variedade de problemas interdisciplinares: térmicos, eléctricos, electromagnéticos, mecânicos, etc.

A Electrónica tem tido um enorme impacto nas sociedades ao proporcionar os meios para o desenvolvimento dos sistemas de comunicações entre os povos, podendo-se destacar os modernos sistemas de comunicação sem fios. Têm sido desenvolvidos sistemas extremamente complexos, ao nível do projecto e da tecnologia de realização, que requerem o projecto de arquiteturas e o desenvolvimento de circuitos e dispositivos com um consumo de energia extremamente reduzido. As técnicas de projecto e de realização destes sistemas requerem ferramentas de desenvolvimento muito avançadas, uma optimização do compromisso *hardware e software* usado, a realização de sistemas embebidos e mecanismos de gestão de consumo de energia muito avançados. A produção em massa destes sistemas permite disponibilizá-los a custos muito reduzidos, generalizando a sua utilização. Estas técnicas de produção em massa sem grandes falhas são desenvolvidas pelos especialistas de electrónica.

A Electrónica tem vindo a ser introduzida na maior parte dos sistemas modernos, originalmente desenvolvidos pelas engenharias tradicionais, com benefícios enormes para o utilizador. A penetração da electrónica nas áreas clássicas das engenharias manifesta-se ao nível de sistemas de gestão e controlo dos sistemas e na introdução de uma grande quantidade de dispositivos inteligentes de segurança e de conforto para o utilizador. Hoje em dia, a Electrónica é ubíqua, a ponto de se tornar quase invisível, tal a familiaridade que com ela adquirimos, de forma quase imperceptível, nos objectos e ambientes em que ela toma posição e que fazem parte do nosso quotidiano. Em muitos casos a Electrónica assume mesmo um papel predominante, tornando-se o motor imprescindível do desenvolvimento.

Como exemplo, talvez mais comum, refere-se o papel que a electrónica tem tido na indústria automóvel, onde tem actualmente um papel que ombreia com o da engenharia mecânica. Por exemplo, na área das motorizações, os maiores avanços têm sido conseguidos à custa da electrónica que suporta o desenvolvimento de dispositivos e sistemas reconfiguráveis ou programáveis, que têm permitido as grandes melhorias ao nível de aumento de potência, de melhoria da eficiência energética e da redução da poluição ambiental. Estes melhoramentos são acompanhados do desenvolvimento de técnicas de monitorização e de autoteste automático, que permitem um funcionamento seguro dos motores. A maior parte dos fabricantes de automóveis têm em estudo motorizações híbridas ou completamente eléctricas que só serão possíveis pela utilização de sistemas electrónicos extremamente sofisticados (ao nível de complexidade, robustez, configurabilidade e compactidade).

Há avanços extraordinários em novas e emergentes áreas da engenharia, que resultam da combinação frutuosa da micro e nano-electrónica e da informática com a biologia, a química e a medicina. Esta colaboração tem conduzido a novos dispositivos (bio-sensores, *biochips*, *mems*, *smart sensors*, etc.) e a novos sistemas (*Lab-on-Chip*, próteses e implantes electrónicos sem fios, etc.). A tecnologia electrónica é o grande motor de desenvolvimento destas novas áreas.

No passado, à indústria electrónica nacional associava-se a ideia de empresas multinacionais vocacionadas para a exploração de mão de obra barata. O cenário está, felizmente, a mudar pois assiste-se à criação de gabinetes de projecto e ao desenvolvimento de empresas multinacionais da área da electrónica, que empregam centenas de engenheiros, tirando partido da reconhecida competência técnica dos engenheiros portugueses. Várias pequenas e médias empresas têm também surgido na área da electrónica e atingido grande sucesso internacional. No mundo global em que estamos inseridos, as ferramentas fundamentais para o sucesso são: iniciativa, criatividade, trabalho e acesso a tecnologias avançadas onde a electrónica ocupa, seguramente, uma posição de relevo.

A investigação na área da electrónica, aliada à capacidade de passar dos resultados da investigação para a prática, são ferramentas extremamente importante no desenvolvimento tecnológico dos países, pois permitem criar rapidamente novos produtos e serviços de elevado valor acrescentado. Hoje em dia, o sucesso na área da electrónica só pode ser alcançado por uma forte aliança entre o ensino universitário e as empresas na área da electrónica.

## 1.2 A Actual Engenharia Electrónica

O Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC), do Instituto Superior Técnico (IST) iniciou, em 2001, uma estratégia que se traduziu na criação duma nova licenciatura, com uma base de cariz interdisciplinar e com uma forte componente tecnológica terminal: a **Licenciatura em Engenharia Electrónica** (LEE). A LEE funciona no campus do IST Taguspark - um local que é reconhecidamente ideal para promover uma forte ligação ao tecido empresarial nas áreas tecnológicas.

Dado que os sistemas electrónicos modernos são extremamente complexos, um engenheiro electrónico tem de possuir conhecimentos com uma forte componente de interdisciplinaridade em várias áreas de engenharia, essenciais para o projecto desses sistemas electrónicos.

Tirando partido da sua pequena dimensão (*numerus clausus* de 35 alunos) a LEE tem vindo a implementar técnicas inovadoras de ensino, aproveitando todas as oportunidades para reforçar a aprendizagem dos alunos.

Essa interdisciplinaridade tem sido promovida através de uma grande ligação e colaboração entre disciplinas no mesmo semestre, nomeadamente em trabalhos e experiências comuns, tentando quebrar a típica independência das disciplinas existente no ensino superior. É ao nível experimental, de projecto e laboratorial, que se tem feito um grande esforço e se tem conseguido os melhores resultados.

Na LEE foram criadas novas experiências pedagógicas que permitem o acompanhamento dos alunos com um ambiente de aplicação prática de conhecimentos, desde o primeiro semestre do curso até semestres mais avançados. Destaca-se o projecto SUBA (<http://lee.tagus.ist.utl.pt/SUBA/index.htm>) que tem sido usado nas disciplinas de Sistemas Digitais, Arquitecturas de Computadores e Algoritmos e Estrutura de Dados, onde os alunos desenvolvem trabalhos criativos incluídos na avaliação das disciplinas e onde desenvolvem o espírito competitivo participando em provas criativas nos chamados troféus (<http://lee.tagus.ist.utl.pt/SUBA/trofeus.htm>). O SUBA foi usado na disciplina de Desenho e

Modelação Geométrica, onde os alunos fizeram modelos 3D, e vai ser usado, mais adiante, nas disciplinas de especialização em electrónica e telecomunicações, no desenvolvimento de novos circuitos e de sistemas inteligentes de controlo e comunicação. Está em desenvolvimento, em colaboração com a Química, um modelo de SUBAH eléctrico com a energia gerada por pilhas de células de combustível (Hidrogénio), desenvolvidas no IST Taguspark. Também foram criadas experiências para o estudo da Física, com o Subódromo (<http://lee.tagus.ist.utl.pt/SUBA/subodromo.html>), onde podem ser feitas mais de 20 experiências, quer com o SUBA quer com um sistema de Rolos deslizantes (<http://lee.tagus.ist.utl.pt/SUBA/fisica.htm>). Estas experiências foram inicialmente desenvolvidas para a LEE, e têm vindo a ser também aplicadas a outras licenciaturas do IST a funcionar no Taguspark, primeiro à LEGI e, mais recentemente, à LERCI e à LEIC.

Estas experiências pedagógicas fazem parte de um plano da LEE (<http://lee.tagus.ist.utl.pt/SUBA/leeestrategia.htm>) para aproveitar bem todos os espaços de leccionação, de modo a introduzir uma forte interdisciplinaridade que um engenheiro electrónico precisa de ter para aplicar os seus conhecimentos ao variado leque de aplicações dos sistemas electrónicos. Neste plano, e em colaboração com a LERCI, tem-se desenvolvido vários modelos de ensino integrado (Projectos, Experiências e Laboratórios, ver <http://lee.tagus.ist.utl.pt/ensinointegrado.html>). A LEE posiciona-se assim, ela própria como uma grande experiência de ensino integrado universitário destinado a formar profissionais dotados da capacidade de projectar e construir sistemas com componentes diversas e grande interacção entre elas.

Paralelamente às experiências pedagógicas que estão a ser implementadas, está-se a desenvolver meios laboratoriais, muito avançados, aproveitando as medidas de melhoria de qualidade de ensino (MQDE) para construir oficinas no IST Taguspark, que permitam realizar pequenas peças com máquinas normais e de comando numérico (CNC). Destaca-se a fábrica de circuitos impressos que permite fazer circuitos multicamada (até 8 camadas) com alta resolução, onde os alunos podem fazer protótipos de placas de circuito impresso e montar circuitos usando micro componentes electrónicos por processos semelhantes aos encontrados na indústria actual mais avançada. Está, também, em construção uma estação de rastreio de satélites (já foi legalizada pelos organismos oficiais) que permitirá realizar comunicações espaciais e constituirá um ambiente de desenvolvimento de sistemas electrónicos de controlo e de comunicações em parcerias internacionais que beneficiarão todas as licenciaturas do IST no Taguspark, nomeadamente a LEE, a LERCI e a LEIC, aproximando, assim, o ensino universitário da realidade tecnológica avançada.

### **1.2.1 Objectivos Gerais da EE**

A Engenharia Electrónica contempla um perfil de engenheiro com um espectro largo de conhecimentos e capacidades, centrado na tecnologia dos componentes, equipamentos e sistemas electrónicos, em todas as suas vertentes. Sem deixar de incluir os conhecimentos de *software* e de sistemas de informação, actualmente indispensáveis em qualquer ramo de engenharia, a nova licenciatura incide, especialmente, sobre o suporte material dos sistemas de comunicação, de controlo ou de medida e sobre o *hardware* dos sistemas informáticos.

Procura-se, quer pelas áreas científicas envolvidas, quer pela perspectiva dada ao ensino e à sua organização, estimular a capacidade de realização material, fornecendo aos alunos os conhecimentos necessários à finalização dos equipamentos e sistemas: para além do projecto, são contemplados o teste, a fiabilidade, a qualidade e outros aspectos ligados à produção industrial. Este é o perfil que se adapta às necessidades do mercado de trabalho identificadas na análise do enquadramento estratégico que foi feita quando da criação da LEE em 2003.

Para além das disciplinas base de Engenharia, é oferecido um conjunto de conhecimentos ligados aos aspectos nucleares da Engenharia Electrotécnica, mas orientados para os problemas mais ligados aos Sistemas Electrónicos. É central a opção de oferecer conhecimentos em áreas complementares, o que leva a buscar a colaboração de outros departamentos, para lá do DEEC, como é o caso dos de Engenharia Informática e de Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia e Gestão, para além dos departamentos de Matemática, Física e Química.

A organização do curso permite que, a par de uma sólida formação de base, haja, na fase terminal, a possibilidade de formatar a aprendizagem de acordo com opções mais definidas do estudante ou de oportunidades de mercado percebidas ou mesmo assumidas em parceria com empregadores particularmente relevantes. É esse o papel das cadeiras de opção que podem ser ajustadas e organizadas de modo ao aluno poder optar entre grupos coerentes de cadeiras que darão a tónica final do seu perfil de formação.

A optimização de recursos docentes foi também preocupação na concepção deste curso, como é necessário na actual conjuntura. Assim, e sempre que possível, procura-se compatibilizar as necessidades identificadas com as disciplinas já previstas para outras licenciaturas no pólo do Taguspark.

Estes objectivos da Engenharia Electrónica reflectem uma visão diferenciada em relação à Área de Especialização em Sistemas Electrónicos da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (LEEC), que também é oferecida pelo DEEC em colaboração com outros Departamentos no campus da Alameda Afonso Henriques, em Lisboa. Embora a LEE, tenha, naturalmente, fortes pontos de contacto com a Electrotecnia e os Computadores, foi concebida de início tendo em vista a formação de profissionais de engenharia capazes de intervir num conjunto significativo de actividades com características diferenciadas envolvendo essencialmente a Electrónica, o que significa a capacidade de materializar e de realizar sistemas num ambiente de proximidade com a indústria. Como resultado, identificam-se diferenças significativas entre a LEE e a LEEC não só ao nível estrutural e organizacional dos cursos e das disciplinas que são distintas nos respectivos planos de estudo, mas também nos programas e objectivos de disciplinas que são comuns às duas licenciaturas.

### **1.2.2 Objectivos Operacionais**

O novo modelo de formação em Engenharia Electrónica deve formar profissionais habilitados para:

- Projectar, preparar, fabricar, ensaiar e manter em funcionamento equipamentos e sistemas electrónicos;
- Seleccionar, instalar, programar e manter equipamentos electrónicos incluindo módulos específicos para integração em sistemas mais complexos;
- Conceber, instalar, configurar, programar e manter sistemas completos, com utilização de equipamento heterogéneo disponível comercialmente e módulos concebidos especificamente para integração nos sistemas.
- Desenvolver investigação avançada na área da engenharia electrónica;
- Desenvolver investigação fundamental e aplicada nas novas tecnologias;
- Projectar *hardware* digital e analógico, incluindo equipamento para rádio-frequência;
- Desenvolver o *software* requerido por esse equipamento;

- Utilizar a tecnologia e processos de fabrico mais apropriados para os materiais e componentes envolvidos;
- Optimizar a fiabilidade e a qualidade de equipamentos e sistemas;
- Interagir com profissionais de outras áreas com vista à produção industrial, no contexto de empresas industriais de perfil variado;
- Efectuar a selecção, instalação, configuração, programação e manutenção dos equipamentos e sistemas de suporte em instalações industriais;
- Produzir documentação técnica e comunicar, quer com outros elementos das equipas de trabalho, quer com clientes, fornecedores e a sociedade em geral, numa ou em várias línguas e modos de expressão;
- Actuar eficazmente mas com a preocupação de estabelecer soluções sujeitas a constrangimentos de natureza económica, social, ética e ambiental numa perspectiva de desenvolvimento sustentável do mundo moderno;
- Adaptar-se às mudanças tecnológicas e às alterações do tipo de actividade ao longo da vida profissional.

### **1.2.3 Conhecimentos Fundamentais a Adquirir**

As competências acima referidas requerem a aprendizagem e a assimilação de vários conceitos, nomeadamente:

- ***Conhecimentos básicos de carácter científico e tecnológico***
  - Saber aplicar os conhecimentos adquiridos de forma a resolver problemas e a evidenciar uma abordagem profissional ao trabalho desenvolvido no âmbito da concepção de produtos, equipamentos e sistemas sujeitos a condicionalismos tecnológicos, económicos, sociais e ambientais.
- ***Capacidade de trabalhar em equipa***
  - Capacidade para perceber a sua função e colaborar na definição e cumprimento de objectivos pluridisciplinares da actividade de equipas de engenharia;
- ***Capacidades de liderança e atitude de aprendizagem***
  - Capacidades de liderança baseadas na segurança dos conhecimentos técnicos e na compreensão das relações entre elementos de equipas de modo a conseguir congregar o esforço de várias competências participantes.
  - Capacidades de aprendizagem que lhes permitam uma formação contínua autónoma, ao longo da vida, com o objectivo de se manter actualizado e de possuir uma visão alargada sobre os diferentes domínios da engenharia.
- ***Capacidade de conceber, inovar, projectar e de assumir responsabilidades profissionais***
  - Saber aplicar os conhecimentos e a sua capacidade de compreensão e de resolução de problemas em situações novas ou desconhecidas, em contextos alargados e multidisciplinares.
  - Capacidade para integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, incluindo reflexões sobre as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem ou condicionem essas soluções e esses juízos.

- Capacidade para mudar os princípios, métodos e técnicas de execução actuando de forma crítica e criativa.

## 2 A Adequação da LEE ao Espírito da Declaração de Bolonha

A definição pelo IST dos modelos curriculares a adoptar no âmbito da declaração de Bolonha veio despoletar a necessidade de reestruturar a LEE, de forma a adaptar a formação ao modelo de dois ciclos, preconizado pela Comissão Coordenadora do Conselho Científico do IST em 2005. A actual LEE está agora no 2º semestre do 3ºano, mas a transição para o modelo estabelecido no processo de Bolonha introduz algumas mudanças no modelo global da formação, para além de ajuste curriculares pontuais, que decorrem da evolução do conhecimento científico e da rápida actualização tecnológica na área da electrónica.

O processo de Bolonha tende a uniformizar as formações de nível superior no espaço Europeu, através da adopção dum modelo de ensino baseado no desenvolvimento das competências e regulamentado por um sistema de créditos que facilita a mobilidade estudantil entre diferentes Universidades, dentro de áreas de formação afins. Este fenómeno representa um desafio muito grande, ao qual só é possível responder com cursos de grande qualidade e poder de atracção de alunos, devendo o IST competir com as melhores escolas europeias na captação dos melhores alunos. Neste contexto, no processo de Adequação foi fundamental a análise de currículos de Universidades Europeias prestigiadas que oferecem formação em Electrónica, a par dos estudos anteriores que justificaram a criação da LEE para suprir lacunas de formação nos licenciados.

O processo de Bolonha é uma excelente oportunidade para o IST se consolidar como Escola de prestígio, concorrendo num espaço europeu com cursos de qualidade capazes de fornecer, não apenas a já tradicional forte componente de formação de base, mas também, uma forte formação nas áreas mais tecnológicas. Trata-se de um desafio exigente, ao qual urge dar uma resposta cabal que permita posicionar a Escola e os seus formandos num patamar de qualidade inquestionável, requisito indispensável para o reconhecimento que se pretende atingir. É no eixo dessa aposta que se situa a LEE, suportada em conceitos pedagógicos inovadores e posicionando-se como uma licenciatura capaz de formar profissionais com capacidade de intervenção directa e decisiva no tecido industrial português e europeu.

No caso Português, verifica-se também um atraso significativo no desenvolvimento industrial, traduzido por um deficiente nível de formação tecnológica, que só poderá ser colmatado com a adopção de uma estratégia de formação avançada associada à formação contínua dos profissionais e a uma estratégia de ensino superior suportada numa forte ligação ao mundo empresarial como a LEE defende nos seus objectivos principais.

Finalmente, o presente documento tem também como preocupação de aproveitamento dos recursos, quer materiais quer humanos, a par da renovação e actualização no contexto europeu. A proposta tem este ponto em consideração, melhorando a oferta mas limitando o número de novas disciplinas que é necessário criar e gerir, tendo em atenção que a actividade do IST continuará a estar dividida em dois campus: Alameda e Taguspark.

### 2.1 Adequação da LEE

Este documento visa estruturar a oferta de formação do IST na área da Electrónica inserida no campus do Taguspark, dando resposta às questões do art. 53 do projecto lei de Adequação ao modelo de Bolonha.

#### 2.1.1 Competências dos Alunos à Entrada

O IST, no seguimento da entrada em vigor da reforma do ensino secundário, decidiu estabelecer quais as provas de ingresso que serão exigidas para o acesso aos diferentes cursos no ano lectivo 2007/2008. Neste sentido, os alunos do ensino secundário que são potenciais candidatos a frequentar o curso de engenharia electrónica do IST devem ser provenientes dos

curso científico humanísticos de ciências e tecnologias. Estes cursos do ensino secundário possuem 3 anos de formação em Matemática A e 2 anos de formação em Física e Química que podem, eventualmente, ser complementados com um ano de formação opcional em Física (12º ano) ou Química (12º ano). Os alunos destes cursos possuem igualmente 2 anos de formação específica em Geometria Descritiva ou Biologia e Geologia ou Aplicações Informáticas, 1 ano de formação em Técnicas de Informação e Comunicação, 3 anos de formação em Língua Portuguesa e numa língua estrangeira, frequentemente o Inglês, e 2 anos de formação em Filosofia.

Na prática do IST na leccionação das várias licenciaturas detectam-se as seguintes características comuns a muitos alunos do ensino secundário:

- Têm uma formação que é consequência do modelo de organização do ensino secundário, predominantemente baseado na transmissão de conhecimentos e muito pouco no desenvolvimento de competências;
- Têm uma capacidade de expressão oral e escrita muito reduzida;
- Revelam uma considerável falta de motivação para o estudo autónomo;
- Não têm metodologia de trabalho autónomo;
- Não têm capacidade de trabalho e frequentemente têm boas notas de entrada mas que foram obtidas sem terem de estudar muito, o que não acontece no ensino superior;
- Têm uma fraca preparação em Matemática e Física. A reforma do ensino secundário vai agravar os problemas de formação em Física na medida em que apenas são exigidos 2 anos de formação específica em Física e Química. A formação em Física correspondente ao 12º ano deixou de ser obrigatória.

### **2.1.2 Modelo de Formação em 2 Ciclos**

De acordo com a estratégia definida pela CCCC-IST, e tendo em atenção a prática consolidada em Universidades Europeias de reconhecido mérito, a formação em engenharia electrónica é realizada em dois ciclos.

Propõe-se a conversão do curso anterior, Licenciatura em Engenharia Electrónica (LEE), para os dois ciclos seguintes:

- 1º Ciclo, conducente ao diploma de Licenciatura em Ciências de Engenharia Electrónica (LCEE), com a duração de 3 anos (6 semestres) correspondente à aquisição de 180 créditos ECTS;
- 2º Ciclo, conducente ao diploma de Mestre em Engenharia Electrónica (MEE), com a duração de 2 anos (4 semestres), correspondente à aquisição de 120 créditos ECTS.

### **2.1.3 Justificação da Duração dos Ciclos de Estudos**

A justificação da duração dos ciclos de estudos propostos assenta nos seguintes argumentos:

*Requisitos profissionais:* A Ordem dos Engenheiros exige uma formação de Ensino Superior acumulada de 5 anos (ou 300 créditos) para uma formação que confira a capacidade e responsabilidade de intervenção a todos os níveis de actos de engenharia. Não é assim possível obter o reconhecimento da Ordem dos Engenheiros para a actividade profissional de um engenheiro de concepção e realização com uma formação de apenas 180 ECTS (3 anos ou 6 semestres).

Esta impossibilidade de formar engenheiros de concepção e realização em seis semestres resulta da necessidade de que os alunos adquiram competências num conjunto de domínios de conhecimento genéricos da engenharia e em particular da engenharia electrotécnica e mais especificamente da engenharia electrónica moderna. Estas competências são adquiridas

através de um conjunto de disciplinas de ciências base da engenharia, que ocupam os 6 primeiros semestres, e implicam pré-requisitos que não podem ser satisfeitos de outro modo.

As disciplinas da especialidade em engenharia electrónica apenas podem assim incluir-se nos planos curriculares dos 7º, 8º, 9º e 10º semestres, depois de adquiridas as bases dadas pelo 1º ciclo. Todavia, no 1º ciclo já se incluem disciplinas que dão uma boa introdução à Engenharia Electrónica moderna.

*Prática consolidada na União Europeia:* Muitas escolas de referência da União Europeia apenas atribuem graus relativos à Engenharia de Concepção e Realização ao fim de 5 anos de estudo. Mesmo nas situações em que há 2 ciclos, observa-se que o primeiro ciclo dá predominantemente uma formação em ciências de Engenharia, que já pode dar alguma competência para o mercado de trabalho mas não dá direito a um diploma de engenheiro de concepção e de realização.

## **2.1.4 Objectivos Fundamentais dos Ciclos de Estudo**

Tendo como objectivo a adaptação da LEE a um modelo de funcionamento em dois ciclos, listam-se, de seguida, os objectivos fundamentais de cada um desses ciclos de estudo.

### **2.1.4.1 Objectivos do 1º Ciclo**

Dotar os alunos de uma sólida formação de base que lhes permita acompanhar a evolução dos conhecimentos e tecnologias ao longo de toda a sua vida profissional.

Desenvolver métodos de ensino que reduzam as deficiências de formação manifestadas pelos alunos à entrada no ensino superior da engenharia (referidas na secção 2.1.1);

Definir um ciclo em Ciências da Engenharia Electrónica, que proporcione uma forte formação de base, mas que também permita a mobilidade dos alunos, tanto para outras escolas, nacionais e europeias, como para o mercado de trabalho em que esta qualificação preliminar já possa ser útil.

Dadas as especificidades da formação que advêm do elevado cariz interdisciplinar dos sistemas electrónicos, a formação de 1º ciclo é realizada através duma licenciatura em Ciências da Engenharia Electrónica, a qual conduz a um diploma intermédio, sem valor profissional reconhecido, mas que garante as condições de mobilidade entre cursos.

Os objectivos mais específicos do 1º ciclo são em parte referidos nos objectivos da EE nas secções 1.2.1 e 1.2.2 deste documento de adequação da LEE ao espírito da declaração de Bolonha.

### **2.1.4.2 Objectivos do 2º Ciclo:**

- Dotar os alunos de uma formação avançada em áreas de especialização, que lhes permita intervir, como especialistas e motores de inovação e criação de riqueza na indústria dos Modernos Sistemas Electrónicos.

Criar um segundo ciclo em Engenharia Electrónica que, usando a forte formação de base dada pelo primeiro ciclo, tenha uma formação avançada e moderna em técnicas de projecto de sistemas com um largo espectro de aplicação nas várias áreas da engenharia e que recorrem à electrónica para a sua concretização material.

Fornecer a formação académica necessária para a atribuição do título profissional de Engenheiro, conferido pela Ordem dos Engenheiros.

Criar uma base sólida para a intervenção do IST na formação ao longo da vida, que representará uma componente cada vez mais importante do mercado da educação avançada.

O segundo ciclo – Mestrado – conduz a um diploma final, com valor profissional, que permite a entrada no mercado de trabalho ou a continuação de estudos com vista à realização do doutoramento em áreas afins (Engenharia Informática ou Engenharia Electrotécnica). Os dois ciclos de formação propostos derivam da actual LEE (que está agora no 3º ano de vida).

O ingresso no 2º ciclo em Engenharia Electrónica é possível para alunos provenientes de diversas formações de 1º ciclo, podendo ser necessário a realização de programas de adaptação (*Bridging Programs*), não especificados no presente documento.

A possibilidade de manter a aprendizagem ao longo da vida profissional deve ser concretizada através das competências que os alunos adquirem durante a sua formação académica. No entanto, a Escola tem um papel fundamental a desempenhar neste domínio, devendo realizar Cursos de Formação Profissional de Pós-graduação, que permitam aos profissionais que estão no mercado uma actualização tecnológica consistente, de forma a fazer face à constante evolução a que se assiste na área dos sistemas electrónicos e a aumentar a competitividade no mercado internacional.

Os objectivos mais específicos do 2º ciclo são e referidos nos objectivos da EE nas secções 1.2.1 e 1.2.2 deste documento de adequação da LEE ao espírito da declaração de Bolonha.

## **2.1.5 Estrutura Curricular**

### **2.1.5.1 Atribuição de Créditos a Cada Unidade Curricular**

A proposta curricular que se apresenta teve como base a nova legislação definida para a adequação ao modelo de Bolonha<sup>1</sup> e também normas internas definidas pelo Conselho Científico do IST e a medidas de esforço dos alunos resultantes de estudos do Conselho Pedagógico do IST.

A nova estrutura curricular está planeada de modo a que as disciplinas fundamentais da EE tenham uma composição adequada de disciplinas com 6 ECTS e 7,5 ECTS. As disciplinas com 7,5 ECTS têm normalmente associada uma componente de projecto que se traduz num esforço adicional dos alunos. Algumas disciplinas têm créditos inferiores a 6 ECTS e existem ainda unidades vocacionadas para a formação transversal caracterizadas por módulos com 1,5 ECTS. Os créditos ECTS atribuídos satisfazem os modelos propostos e aceites na comunidade europeia<sup>2</sup>

A LEE tem vindo a funcionar no campus do IST do Taguspark, onde estão implementados mecanismos pedagógicos de medição de esforço e das dificuldades encontradas pelos alunos nas várias disciplinas, tendo os programas sido dimensionados de acordo com esta experiência. Existe um controlo muito rigoroso do planeamento das actividades lectivas e de

---

<sup>1</sup> - Decreto-Lei n.º42/2005 de 22 de Fevereiro de 2005 – Princípios reguladores de instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior.

- Despacho n.º 10 543/2005 (2ª série) de 11 de Maio de 2005 – Normas técnicas para a apresentação das estruturas curriculares e dos planos de estudos dos cursos superiores e sua publicação.

<sup>2</sup> ECTS USERS' GUIDE, Directorate-General for Education and Culture, EU, Brussels, 2005  
[http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide_en.pdf).

avaliações de conhecimento, ao longo do semestre, de modo a distribuir equilibradamente a carga de trabalho dos alunos na forma mais harmoniosa possível.

O número de horas efectivas de ocupação presencial todas as unidades curriculares de cada semestre foi estabelecida em cerca de 25 horas para os primeiros 4 semestres (com 5 unidades curriculares cada) e de 22,5 horas para os restantes 6 semestres (com 4 unidades curriculares médias cada) da formação completa (1º e 2º ciclo).

Prevê-se um esforço médio de trabalho dos alunos de 5 horas para além das aulas, que adicionado ao número de horas de aulas por semana (em média 5 horas) conduz a um total de cerca de 10 horas de esforço por disciplina.

Admitindo em média 15 semanas de trabalho (incluindo o tempo de exames), serão 150 horas por disciplina, por semestre. Cada ECTS corresponde a cerca de 25 a 28 horas de trabalho. Assim, 150 horas correspondem a cerca de 6 ECTS, que é o valor médio atribuído para quantificar o índice de esforço nas diferentes disciplinas da LEE.

### **2.1.5.2 Fundamentação da Atribuição de Créditos a Cada Unidade Curricular**

Pretende-se que no fim do inteiro período de formação, 10 semestres, os alunos estejam aptos à prática da engenharia na perspectiva de engenharia de concepção onde se inclui a necessária capacidade de realizar os sistemas concebidos, usando ferramentas e tecnologias actuais. Pretende-se, ainda, que estes formados sejam aceites como membros pela organização profissional nacional, isto é, a Ordem dos Engenheiros. Esta Ordem só permite a inscrição como seus membros, àqueles que tenham completado uma formação no mínimo de 10 semestres, correspondentes a 200 créditos ECTS. Este motivo justifica, só por si, que se considerem 10 semestres como o mínimo tempo de formação. Por outro lado, esta é a prática consolidada da maioria das Universidades do Espaço Europeu. Finalmente, o formato proposto segue a legislação e recomendações aplicáveis: 30 créditos ECTS por semestre, com um total de 180 créditos ECTS no 1º ciclo e 120 créditos ECTS no 2º ciclo. Todavia, considera-se que uma formação em dois ciclos pode permitir uma maior mobilidade de estudantes no espaço europeu tendo sido definidas uma estrutura de unidades curriculares que é compatível com a proposta de medição de ECTS aceite na União Europeia e que já foi referida anteriormente.

### **2.1.5.3 Competências Adquiridas**

Relativamente aos dois graus: Licenciado (1º ciclo) e Mestrado (2º ciclo) em Engenharia Electrónica, os alunos que completem com êxito estes ciclos de estudo devem satisfazer os requisitos referidos de seguida.

#### **A) Possuir conhecimentos e capacidade de compreensão numa área de formação a um nível que:**

- *No 1º ciclo:*
  - *Sustentando-se nos conhecimentos de nível secundário, os desenvolva e aprofunde.*

O 1º ciclo assume um conhecimento em Matemática, Física e Química, adquirido ao nível do ensino secundário, sendo as sucessivas matérias elaboradas a partir desse pressuposto.
- *No 2º ciclo:*
  - *Sustentando-se nos conhecimentos obtidos ao nível do 1º ciclo, os desenvolva e aprofunde.*

O 2º ciclo assume verdadeiramente o papel de aprofundamento das matérias introduzidas no 1º ciclo, sendo as sucessivas matérias elaboradas a partir desse

pressuposto. A formação permite alguma especialização mas deixa-se a liberdade de escolha de opções que podem vir a ter um grande impacto na engenharia electrónica moderna.

- *Corresponda e se apoie em materiais de nível avançado.*

Este cuidado existe e aplica-se à formação em cada um dos dois ciclos de estudos.

A bibliografia indicada para apoio às diversas disciplinas corresponde, sem margem para dúvida, em termos internacionais, a cursos de nível universitário, enquadrando-se pois neste requisito. Para além disso, existem materiais de ensino complementares, nomeadamente, séries de problemas e apontamentos, que completam a bibliografia básica e indiscutivelmente se situam a um nível avançado. Finalmente, o material laboratorial existente no IST é claramente avançado, em termos internacionais, e há uma grande preocupação de promover a sua utilização em experiências em que as componentes criativas, interpretativas e críticas são muito fortes. A utilização deste equipamento também constitui uma boa preparação para o mercado de trabalho.

- *Em alguns dos domínios dessa área, se situe ao nível dos conhecimentos de ponta da mesma.*

Pretende-se que o primeiro ciclo da EE dote os alunos com a capacidade de utilizar os conhecimentos das ciências básicas de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, já com alguma orientação para fomentar a capacidade de realização na área da Electrónica. Estes conhecimentos constituem, de facto, as ferramentas de pensamento que lhes permitirão, num contexto de ensino assistido (por exemplo, por continuarem os seus estudos no segundo ciclo ou por formação num contexto empresarial), ou por esforço autónomo, adquirir formação complementar em áreas específicas de engenharia, mas muito em particular, da engenharia electrónica. Assim, as matérias ensinadas no 1º ciclo correspondem a uma base que, por si só, permite uma abrangência vasta de conhecimentos básicos interdisciplinares, mas que será fortemente explorada nas disciplinas do 2º ciclo, onde se ensinam temas mais avançados: métodos e tecnologias de realização de sistemas electrónicos requeridos pelas várias áreas da engenharia usando as tecnologias electrónicas mais avançadas.

No 1º ciclo já há disciplinas em que se aflora o estado da arte das diversas áreas científicas da Engenharia Electrónica, mas incluem-se, também, algumas disciplinas que introduzem os alunos na capacidade de conceber, fazer e concretizar materialmente os sistemas.

**B) Saber aplicar os conhecimentos e a capacidade de compreensão adquiridos.**

Esta característica é evidenciada pela consecução dos objectivos do 1º ciclo e pelos objectivos comuns aos dois ciclos de estudo. A opinião expressa pelos empregadores dos cursos ministrados pelo DEEC, nomeadamente a LEEC, que foi das primeiras licenciaturas a desenvolver um mecanismo de auto-avaliação e a ser sujeita a mecanismos de avaliação externa, garante maioritariamente a qualidade excelente desses cursos. Na proposta agora apresentada, incluem-se matérias que podem reduzir as falhas já detectadas de competências transversais necessárias para o desenvolvimento de uma capacidade profissional de qualidade.

No 1º ciclo procura-se já que os alunos atinjam uma formação que lhes permita uma abordagem profissional ao trabalho desenvolvido na sua área vocacional e também a pesquisa de soluções novas, como o demonstra nas aplicações realizadas nos Troféus (referidos a propósito da actual Engenharia Electrónica do IST, na secção 1.2. No 2º ciclo reforçar-se-á o estímulo da actividade criativa dos alunos através de novas experiências pedagógicas na continuação do que já vinha sendo feito na actual LEE e procurar-se-á inserir os alunos em

trabalhos de equipas de investigação e de projectos inovadores requeridos pela indústria à escola.

***C) Capacidade de resolução de problemas no âmbito da sua área de formação e de construção e fundamentação da sua própria argumentação.***

Esta prática já faz parte do actual modelo de ensino da LEE. A capacidade é conferida pela estrutura e conteúdo das disciplinas do 1º ciclo, que incluem uma base muito sólida em Matemática e Física, em que os alunos são intensamente treinados a pensar sobre problemas, a fundamentar e defender as suas soluções, com base na sua própria argumentação. Isto aplica-se também às disciplinas de base das várias Áreas Científicas com que o aluno se depara no 1º ciclo, em que as componentes de raciocínio, crítica e criatividade são fortemente maioritárias em relação às componentes descritivas. Pode afirmar-se que o 1º ciclo proporciona as bases adequadas à abordagem de problemas de Engenharia Electrotécnica e de Computadores em geral e, em particular, à Engenharia Electrónica, com uma forte preocupação de implementação de um ensino que favorece a interligação de conhecimentos.

A fim de reforçar a componente de aplicação de conhecimentos e de interdisciplinaridade, procura-se, nos casos de estudo, promover a interdisciplinaridade ligando as disciplinas estruturantes leccionadas nos primeiros anos do curso. A título de exemplo, refira-se as experiências pedagógicas e laboratoriais interdisciplinares realizadas com o SUBA e o Subódromo, referidas atrás na secção 1.2.

A capacidade de abstracção dos problemas procurando definir linhas de pensamento gerais, elaborando modelos, permite olhar a matemática como uma arma poderosíssima na prática da engenharia. Exemplos simples como as experiências de Física realizadas no Subódromo, apenas a título de exemplo, permitem verificar como um dado formalismo pode ser aplicável na mecânica ou, numa forma equivalente, na electrotecnia.

Na sequência desta aprendizagem, segue-se um conjunto de disciplinas, no âmbito das ciências básicas da Engenharia Electrotécnica, em que os alunos podem aprender dispositivos e fenómenos que poderão utilizar nas disciplinas que constituem o 2º ciclo: a parte forte da sua formação em Engenharia Electrónica.

***D) Capacidade de recolher, seleccionar e interpretar e integrar conhecimentos***

A formação nestes aspectos provém do ensino assentar na componente de raciocínio e espírito crítico, que é fortemente estimulada, e muito menos na componente descritiva. Ao longo do seu curso, quer no 1º ciclo, quer no 2º ciclo, os alunos são confrontados com problemas que têm de resolver com um elevado grau de iniciativa, procurando soluções originais. Como exemplo refere-se as experiências dos Troféus onde se desenvolve o espírito criativo e de competição saudável entre equipas e onde as soluções encontradas têm de ser justificadas e avaliadas sob vários aspectos.

Será reforçada a componente do ensino que visa o estudo de soluções boas do ponto de vista técnico mas que tenham preocupações éticas e sociais e permitam um desenvolvimento sustentável da engenharia electrónica. Nos estudantes de engenharia, nomeadamente em áreas com uma evolução muito rápida e que podem estar sujeitas a fortes mutações tecnológicas, é frequente os estudantes quererem usar as técnicas e tecnologias mais modernas sem terem em conta as preocupações sociais que isto pode trazer. Serão introduzidos no ensino, nomeadamente no 2º ciclo, casos de estudo onde serão feitas análises de compromisso de diferentes opções de realização de sistemas e dos custos e benefícios que isto pode trazer, a curto e médio prazo. Neste aspecto, está prevista a participação de especialistas da indústria, ao

nível de seminários temáticos incluídos nos módulos curriculares designados por Formação Livre..

*E) Competências que lhes permitam comunicar informação, ideias, problemas e soluções, tanto a públicos constituídos por especialistas como por não especialistas.*

No 1º ciclo, foram incluídas várias unidades curriculares de competências transversais especificamente nesta área, designadamente Fundamentos de Gestão (4,5 ECTS), Comunicação Oral e Escrita (1,5 ECTS) e o módulo de Formação Livre I com 4,5 ECTS, que pode envolver vários tipos de formação transversal e incluir a realização de estágios, com programas predefinidos e com apresentação e exposição de resultados obtidos.

Para além disso, nas disciplinas de competências transversais, existentes no 2º Ciclo, está prevista a existência de 10,5 créditos ECTS sendo 4,5 atribuídos a uma disciplina complementar da área das ciências sociais (gestão, economia, etc.) e 3 ECTS atribuídos a cada módulo de Formação livre I e Formação Livre II.

Na programação de todos os módulos de Formação Livre prevê-se a obrigatoriedade de realização de relatórios e/ou exposições que possam ter dois níveis de leitura: i)- nível de compreensão para pessoas sem qualquer competência técnica e ii) nível de compreensão adequado a indivíduos com competência técnica apropriada. Os módulos de Formação Livre incluirão seminários de natureza interdisciplinar provenientes de especialistas da indústria e num pequeno projecto de aplicação de conhecimentos interdisciplinares fora da sua área de especialização realizado exposto e apresentado em inglês.

Vai procurar-se que as disciplinas de cada semestre reforcem os conceitos de Laboratório e Projecto Integrado que já vinham a ser desenvolvidos na actual LEE, colaborando com as disciplinas vizinhas. Nestas colaborações interdisciplinares os alunos poderão projectar e realizar sistemas onde têm de desenvolver várias capacidades, nomeadamente: a elaboração das especificações, a escolha das tecnologias de concretização, a realização do sistema, a elaboração da documentação necessária ao seguimento e acompanhamento do sistema ao longo da sua vida útil.

Finalmente, refere-se que no âmbito de várias disciplinas, sobretudo no 2º ciclo, os alunos fazem apresentações orais individuais dos projectos desenvolvidos nas várias disciplinas.

*F) Competências de aprendizagem que lhes permitam uma aprendizagem ao longo da vida com elevado grau de autonomia.*

Este aspecto é assegurado pela escolha das matérias ensinadas, que cabem no âmbito das ciências base da Engenharia Electrónica, e também pelo tipo de ensino praticado, que privilegia a capacidade de auto-aprendizagem e o desenvolvimento do espírito criativo, como já foi referido na secção 1.2.

#### **2.1.5.4 Objectivos Fixados no nº 4 do Artº 18º do Anteprojecto de Decreto Lei**

O 2º ciclo proposto, conducente ao grau de Mestre em Engenharia Electrónica, consta, para além das disciplinas de competência transversal, de 6 disciplinas de especialidade (2 com 6 ECTS e 4 com 7,5 ECTS), 5 disciplinas de opção (num total de 34,5 ECTS) em que o aluno pode escolher entre várias hipóteses que vão desde reforçar a sua formação com 4 disciplinas avançadas na área dos sistemas electrónicos ou apenas 2 disciplinas na área de Electrónica e mais 3 disciplinas em áreas afins, Computadores e Telecomunicações.

Esta organização permite, por um lado, garantir um espectro largo na formação dos futuros engenheiros, garantindo bases para uma sólida e longa vida profissional e, por outro, assegura a coerência de uma especialização de natureza académica.

As disciplinas do 2º ciclo são leccionadas por docentes e investigadores doutorados que realizam a sua investigação em institutos de investigação associados ao IST e, nalguns seminários incluídos em disciplinas terminais do curso, por profissionais de engenharia com inegável experiência e qualificação profissional, pelo que facilmente os alunos são postos em contacto com problemas actuais de investigação e da sua aplicação em engenharia.

### 2.1.5.5 Comparação de Currículos de Escolas Estrangeiras

Sendo o IST uma Escola que pretende alargar o seu espaço ao nível Europeu, e tendo dado recentemente passos significativos nesta direcção através da adesão ao CLUSTER, torna-se particularmente relevante a necessidade de oferecer as especializações mais adequadas às necessidades do mercado internacional através da adopção de modelos internacionalmente aceites, nomeadamente no espaço Europeu, por Universidades de prestígio reconhecido.

Esta análise de currículos de Universidades Estrangeiras foi fundamental para a definição do modelo de formação a adoptar e das competências a considerar na formação.

#### 2.1.5.5.1 Análise de Currículos de Universidades Europeias

A análise de currículos de Universidade Europeias permitiu identificar um leque vasto de modelos de formação em electrónica, oferecidos no âmbito de currículos específicos de Engenharia Informática (EI) ou de Engenharia Electrotécnica e de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (EEC), quer de cursos autónomos.

De entre o conjunto de Universidades que fazem parte do CLUSTER existem algumas que oferecem formação na área de electrónica quer ao nível de 1º e de 2º ciclo, quer exclusivamente ao nível do 2º ciclo. Citando apenas alguns exemplos, ilustrativos das diferentes abordagens à formação nesta área:

**Tabela 1 - Estrutura dos cursos em algumas escolas europeias.**

ESCOLA	CURSO		
Imperial College (Londres)	BEng – 3 anos	MEng - 4 anos (3+1)	MSc - 5 anos (3+1+1)
TU/e-Technische Universiteit Eindhoven	1º ciclo 3 anos		MSc - 2 anos (3+2)
EPFL – École Polytechnique Fédérale de Lausanne	1º ciclo 3 anos		MSc - 2 anos (3+2)
TKK - Helsinki University of Technology (Helsínquia)	BSc 3 anos		MSc - 2 anos (3+2)
KTH - Royal Institute of Technology (Estocolmo)	BSc 3 anos		MSc - 4,5 anos *
Technische Universitat Darmstadt	MSc – 5 anos **		
ENSERG- Grenoble	1º ciclo 3 anos		MSc - 2 anos (3+2)
ENSEIRB - Bordéus	2 + 3 anos Vai para 3+2 anos		MSc - 2 anos (3+2)

\* Integrado, sem atribuição prévia do grau de MSc

\*\*“Diplom-Ingenieur” equivalente a MSc

Nas Universidades do CLUSTER (associação a que o IST pertence), que reflectem o modelo de formação que foi adoptado pelas principais universidades dos respectivos países, a formação total em Engenharia Electrotécnica e de Computadores é de 5 anos (ver tabela 1). Na maioria dos casos, esta formação decorre em dois ciclos de 3 e 2 anos, respectivamente. As excepções a este modelo são os cursos ministrados no KTH de Estocolmo, com 4,5 anos e no Imperial College, com 4 anos. É de notar, contudo, que nestes casos se segue um modelo de mestrado integrado.

Já fora do CLUSTER, as *Grand-École* francesas correspondem a outro paradigma de ensino, uma vez que adoptam um modelo de 0+5. Os dois primeiros anos correspondem à formação de base científica e os três últimos estão associados à formação específica da área de engenharia, sendo que, no último ano da formação, são leccionados conceitos altamente especializados.

### **Curso de ENGENHARIA ELECTRÓNICA na ENSEIRB**

O ensino de mestrado é feito em 3 anos e é precedido de 2 anos preparatórios (ensino politécnico).

O mestrado está organizado em 6 semestres o último dos quais é para realizar um projecto. Nos 5 semestres restantes o número de ECTS é de 45 por semestre (6 disciplinas a 7,5 ECTS cada). Em cada semestre existe uma disciplina de Cultura do Engenheiro (*soft skill*). O 5º semestre tem três perfis de especialização em Electrónica: CSI (Circuitos e Sistemas Integrados), SE (Sistemas Embebidos) e CSR (Circuitos e Sistemas de Radiocomunicações).

### **Curso de ENGENHARIA ELECTRÓNICA na ENSERG – INPG**

O ensino de mestrado tem um tronco comum de 2 anos que confere o grau formação de engenheiro generalista em Electrónica. No 3º ano existe uma especialização em Microelectrónica com 4 sub-especializações (cada uma com 9 disciplinas cerca de 26 ECTS e 236,5 horas): Dispositivos e Microssistemas; Circuitos; Sistemas Integrados em Silício e Optoelectrónica e Radiofrequência. Um estágio de 5 meses individual ou em grupo de dois, realizado num laboratório de investigação ou numa empresa, dá 20 ECTS e completa a formação.

### **Curso de ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA na FEEMCS –TUDelft**

O curso está organizado num tronco comum com 6 semestres, com 120 ECTS e 30 de ECTS de disciplinas opcionais. O 2º ciclo é obtido com 120 ECTS (4 semestres) e tem 3 especializações: Microelectrónica, Telecomunicações e Sistemas e Energia. O perfil de Microelectrónica tem um conjunto base de 5 disciplinas (22 ECTS) e subdivide-se depois em 4 sub-especializações (cerca de 7 disciplinas e 32 ECTS): Tecnologia, Projecto de Circuitos Analógicos; Projecto de Sistemas Digitais, Projecto de Microssistemas.

A título de exemplo referem-se as disciplinas que conferem o grau de mestre em Projecto de Sistemas Digitais: Automação de Projecto Electrónico, Processamento de Sinal para Telecomunicações, VLSI Sistemas Integrados; Aritmética de Computadores; Estudos Orientados em Microelectrónica. Laboratório de Processamento de Sinal, Métodos e Algoritmos para Projecto de Sistemas.

O Mestrado em Engenharia Electrónica do IST (aqui proposto) adopta um modelo que é muito parecido com as especializações em Electrónica conferidas pela TU Delft, ou seja: um 2º ciclo com disciplinas base consideradas estruturantes pois cobrem áreas fundamentais de aplicação da Electrónica, que depois são complementadas por disciplinas de especialização tecnológica, muito avançadas e diversificadas.

### **2.1.5.6 Incorporação de Recomendações da Avaliação Externa na Organização do Ciclo de Estudos.**

A LEE ainda não foi sujeita a qualquer avaliação externa, mas na sua implementação já foram incorporados mecanismos de melhoria de aspectos reconhecidamente menos bons de outras licenciaturas do IST que, entretanto, já foram avaliadas.

### 3 Proposta para o Primeiro Ciclo de Estudos

#### 3.1 Objectivos do 1º ciclo

#### 3.2 Designação do Curso

O primeiro ciclo em Engenharia Electrónica permitirá aos alunos obterem o grau de **Licenciado em Ciências da Engenharia Electrónica** ao fim de 3 anos, desde que tenham obtido no mínimo 180 créditos ECTS.

O diploma correspondente à finalização do primeiro ciclo de Engenharia Electrónica não constitui um título profissional, sendo antes um diploma que dá acesso ao segundo ciclo e que concede a mobilidade aos estudantes no espaço Europeu.

Propõem-se as seguintes designações para o diploma correspondente ao 1º ciclo:

- **Licenciatura em Ciências da Engenharia Electrónica (LCEE).**
- *BsC in Electronics Engineering (BsCEE).*

#### 3.3 Competências a Desenvolver na LCEE

Os alunos que concluem a LCEE (1º ciclo em Engenharia Electrónica) deverão adquirir o conjunto de competências nucleares que define um Engenheiro Electrónico e que consistem, essencialmente, na capacidade de compreender, analisar, conceber e desenvolver soluções para os problemas desta área de engenharia, tendo por base os conhecimentos que foram adquirindo e consolidando ao longo da sua formação e o espírito crítico e criativo e a autonomia que foram desenvolvendo. Espera-se, ainda, que os alunos desenvolvam capacidade de argumentação e de exposição oral e escrita, uma vez que estes são factores críticos de sucesso da sua futura actividade profissional.

Depois de concluírem a LCEE os alunos poderão ingressar no mercado de trabalho, embora não lhes esteja associada nenhuma área de especialização, nem o reconhecimento pela Ordem dos Engenheiros. Contudo, é de supor que muitas empresas venham a considerar que a preparação dos alunos obtida neste primeiro ciclo da Engenharia Electrónica, corresponda a um perfil profissional com interesse para as suas necessidades. Com efeito, dados os fortes conhecimentos de base e a forte componente prática e laboratorial do ensino do IST, nomeadamente na Engenharia Electrónica, os Licenciados em Ciências da Engenharia Electrónica, quando convenientemente enquadrados em equipas de projecto, consultadoria ou suporte, deverão possuir muitos dos requisitos exigidos aos profissionais que actualmente estão a chegar ao mercado de trabalho.

#### 3.4 Organização do Currículo da LCEE

A formação de 1º ciclo em Engenharia Electrónica está centrada num Tronco Comum de 3 anos, com 33 unidades curriculares, com forte cariz interdisciplinar, fornecida por 13 Áreas Científicas de 6 Departamentos do IST. A obtenção do Grau de Licenciado requer um total de 180 créditos distribuídos como se indica na Tabela 2.

Nestas unidades curriculares incluem-se unidades pedagógicas específicas que dão competência e formação transversal.

A formação interdisciplinar provém das seguintes áreas fundamentais:

- **Ciências de Engenharia**, que constituem a base de ciências exactas necessárias à formação dum engenheiro, onde são desenvolvidos e aprofundados os conhecimentos

adquiridos no ensino secundário nos domínios da matemática, da física e da química. Inclui-se aqui também conhecimentos de fundamentos de gestão.

- **Ciências da Engenharia Electrotécnica e Computadores (EEC)**, onde se adquirem as competências fundamentais associadas aos conhecimentos de base de EEC que são relevantes no domínio dos Sistemas Electrónicos incluindo os conhecimentos sobre computadores e a sua programação.
- **Ciências da Engenharia Mecânica (EM)**, onde se adquirem, através de duas disciplinas, competências na área dos materiais e também da realização mecânica dos sistemas electrónicos.
- **Competências Transversais**, onde se desenvolvem as aptidões não científico/tecnológicas, através da realização de actividades de natureza paralela à formação académica e que contribuirão para a inserção fácil em equipas multidisciplinares e na sociedade em geral. Incluiu-se aqui dois módulos curriculares: Comunicação Oral e escrita (1,5 ECTS) e Formação Livre I (4,5 ECTS), que dão um crédito de 6 ECTS. A disciplina de Gestão, incluída nas Ciências da Engenharia também contribui com conhecimentos e competências adicionais de carácter transversal para a LCEE.

**Tabela 2 - Distribuição dos Créditos ECTS na LCEE (1º ciclo da EE).**

Áreas Fundamentais	ECTS
<b>Ciências de Engenharia</b>	<b>66</b>
<b>Ciências de Engenharia Electrotécnica e Computadores (EEC)</b>	<b>97,5</b>
<b>Ciências de Engenharia Mecânica (EM)</b>	<b>10,5</b>
<b>Competências Transversais</b>	<b>6</b>
<b>Total de ECTS = 180</b>	

A distribuição de disciplinas por Departamentos e por áreas Científicas está representada na tabela 3.

**Tabela 3- LCEE (EE - 1º CICLO) - Distribuição de Disciplinas**

Nº	Área Científica	ECTS	Departamento do IST	ECTS	Nº / Departamento
4	Matemáticas Gerais	27	Matemática	37,5	6
1	Probabilidades e Estatística	6			
1	Análise Numérica e Análise Aplicada	4,5			
3	Física	18	Física	18	3
1	Química - Física, Materiais e Nanociências	6	Engenharia Química e Biológica	6	1
1	Estratégia e Organização	4,5	Engenharia e Gestão	4,5	1
1	Projecto Mecânico e Materiais Estruturais	4,5	Engenharia Mecânica	10,5	2
1	Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial	6			
5	Computadores	30	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	97,5	16
1	Energia	6			
3	Telecomunicações	18			
2	Sistemas, Decisão e Controlo	12			
5	Electrónica	31,5			
2	<b>Competências Transversais</b>	<b>6</b>			
<b>31 = Número Total de Disciplinas no Primeiro Ciclo</b>		<b>180 = Total de ECTS</b>			

A existência desta base alargada de conhecimentos oferece uma formação sólida, de cariz interdisciplinar, baseada numa componente científica abrangente e no desenvolvimento de actividades não académicas que, no seu conjunto, permitem o desenvolvimento das competências anteriormente identificadas.

### 3.4.1 Ciências da Engenharia na LCEE

As unidades curriculares que pertencem ao grupo de Ciências da Engenharia dão aos alunos uma sólida formação de base em Matemática e Física, tendo em atenção as especificidades dos cursos da área da Engenharia Electrónica, ver Tabela 4.

A formação de base em Matemática é constituída por quatro unidades curriculares da área de análise e álgebra linear, uma de probabilidades e estatística e outra de matemática computacional. A formação adquirida, aplicada aos domínios específicos da EEC, é fundamental para a compreensão e formulação dos problemas dos sistemas electrónicos e para o desenvolvimento da capacidade de análise e formulação de novas soluções com cariz interdisciplinar.

A formação em Física tem um carácter fundamental pois é desta que derivam os principais dispositivos electrónicos modernos. À semelhança de outras licenciaturas do IST, esta formação consiste em três unidades curriculares que cobrem as áreas fundamentais da física, nomeadamente: a óptica, o electromagnetismo, as ondas e a termodinâmica e estrutura da matéria.

Esta formação é completada pela disciplina de Química orientada para as necessidades da engenharia electrónica nomeadamente nos aspectos de constituição da matéria, na interacção entre substâncias e nas aplicações na realização de dispositivos baseados em fenómenos electroquímicos.

**Tabela 3 - Ciências de Engenharia na LCEE.**

Departamento do IST	ECTS	Unidades Curriculares
Matemática	37,5	Álgebra Linear Cálculo Diferencial e Integral I Cálculo Diferencial e Integral II Análise Complexa e Equações Diferenciais Matemática Computacional Probabilidades e Estatística
Física	18	Mecânica e Ondas Electromagnetismo e Óptica Termodinâmica e Estrutura da Matéria
Química	6	Química
Fundamentos de Gestão	4,5	Economia e Gestão
<b>Total de Créditos ECTS = 66</b>		

### 3.4.2 Ciências da Engenharia Electrotécnica na LCEE

A formação em Engenharia Electrónica quer competências da engenharia electrotécnica tradicional quer da área de computadores, (*hardware/software*) das tecnologias de fabrico, não desprezando os aspectos de conectividade entre sistemas quando estes têm de ser usados em redes com ou sem fios.

Esta formação de base cobre assim as áreas do conhecimento que qualquer engenheiro de electrónica deve dominar para ter a capacidade de analisar e resolver problemas de concepção, realização, ensaio e manutenção de sistemas electrónicos com aplicação muito diferenciada em várias áreas da engenharia.

As unidades curriculares de Ciências de Engenharia Electrotécnica fornecem a formação de base nas áreas da electrónica, sinais e sistemas, propagação e radiação, e sistemas de comunicações, proporcionando uma sólida formação nos aspectos físicos relacionado com as redes de comunicações e com os sistemas.

Na tabela 5 apresenta-se a distribuição de créditos ECTS por um total de 5 áreas científicas do DEEC, salientando-se que a formação em Electrónica e Computadores é de cerca de 2/3 do peso total.

**Tabela 4 - Ciências da Engenharia Electrotécnica na LCEE.**

Área Científica (ECTS)	ECTS	Grupos de Disciplinas	ECTS	Unidades Curriculares
Computadores	30	Arquitectura de Computadores	6	Sistemas Digitais
			6	Arquitectura de Computadores
		Metodologia e Tecnologia da Programação	6	Programação
			6	Algoritmos e Estruturas de Dados
			6	Programação de Sistemas
Electrónica	31,5	Dispositivos e Circuitos Electrónicos	6	Análise de Circuitos
			6	Dispositivos Electrónicos
			6	Circuitos Electrónicos Básicos
			7,5	Micro e Nanoelectrónica
		Sistemas Electrónicos	6	Instrumentação e Medidas
Sistemas, Decisão e Controlo	12	Sistemas e Sinais	6	Sinais e Sistemas
		Decisão e Controlo	6	Controlo
Telecomunicações	18	Propagação e Radiação	6	Propagação e Antenas
		Redes e Sistemas de Telecomunicações	6	Redes de Computadores
			6	Sistemas de Comunicações
Energia	6	Electromagnetismo Aplicado e Conversão de Energia	6	Electrotecnia e Máquinas

**Total de Créditos ECTS = 97,5.**

### 3.4.3 Competências Transversais na LCEE

As competências transversais podem ser adquiridas num módulo de Comunicação Oral e Escrita com um crédito 1,5 ECTS e numa unidade curricular Formação Livre I com 4,5 ECTS.

Para além de actividades não estão programadas pela Escola e que constituirão formação transversal dos alunos, prevê-se a possibilidade dos alunos frequentarem módulos de comunicação oral e escrita e/ou módulos de Inglês Técnico, que podem ser inseridos nos vários módulos de Formação Livre, ver Tabela 6.

**Tabela 5 - Competências transversais (1º Ciclo da EE).**

Área Científica	ECTS	Unidades Curriculares
Estratégia e Organização	4,5	Gestão
Competências Transversais	6	Comunicação Oral e Escrita (1,5) Formação Livre I (4,5)

**Total de Créditos ECTS = 10,5.**

### **3.4.4 Condições de Entrada na LCEE**

O IST, no seguimento da entrada em vigor da reforma do Ensino Secundário, decidiu estabelecer as provas de ingresso nos diferentes cursos do IST. Assim, para a EE, o curso de acesso do Ensino Secundário deverá ser Ciências e Tecnologias, devendo as provas de ingresso ser: Matemática (A) e Física e Química.

No entanto, para além das provas de ingresso, os alunos poderão ter frequentado disciplinas de formação complementar, as quais podem incluir, além de outras, Biologia e Geologia.

### **3.4.5 Condições de Transição para o MEE (2º ciclo da EE)**

É extremamente importante que alunos interessados em frequentar o segundo ciclo da Engenharia Electrónica não fiquem retidos no terceiro ano, devido a falta de aproveitamento num número reduzido de disciplinas. Assim, será estudado um método que permita que os alunos do 1º ciclo da EE que estejam interessados em prosseguir os seus estudos no 2º ciclo da EE, o possam fazer simultaneamente com a finalização da LCEE (1º ciclo da EE).

### **3.4.6 Proposta de Estrutura Curricular da LCEE**

Tendo em conta o que foi exposto, a proposta para estrutura curricular para o 1º ciclo da Engenharia Electrónica - LCEE - é apresentada no **ANEXO I** e tem em conta os estudos realizados sobre o esforço dos alunos pelo Conselho Pedagógico do IST, cujo resumo se encontra no ANEXO II.

### **3.5 Metodologias de Ensino na LCEE**

O tipo de ensino das disciplinas do IST, está tipificado no estudo apresentado no Anexo II, e está associado a cada disciplina sendo gerido de forma centralizada para as diferentes licenciaturas e mestrados do IST.

Todavia, cabe à coordenação da LCEE, em colaboração com os responsáveis das várias disciplinas de cada semestre, estabelecer métodos que permitam envolver as várias unidades curriculares em estratégias de ensino cooperativo, como tem vindo a ser feito na actual LEE, com os projectos e laboratórios integrados e outras experiências pedagógicas cujos resultados têm tido a aprovação de todos os envolvidos. Este esforço pedagógico pode reduzir os efeitos da excessiva atomicidade curricular, que é típica de algumas escolas do ensino superior, e que pode induzir nos alunos a sensação de que alguns assuntos são supérfluos para a sua formação, não os motivando para o seu estudo.

Por outro lado, estão em desenvolvimento no IST Taguspark um conjunto de iniciativas para serem realizadas pelos alunos, como a montagem, a gestão e a operação da fábrica de circuitos impressos, a gestão, o desenvolvimento e a operação da estação de rastreio de satélites, a montagem e a gestão de oficinas e outras actividades, que envolverão o desenvolvimento de sistemas que podem ser incluídos em trabalhos ou estudos a realizar em várias disciplinas.

Existe, também, a estratégia de procurar envolver empresas na colaboração com o ensino no IST Taguspark, quer no fornecimento de casos de estudo necessários ao mundo empresarial quer na formação avançada dos seus técnicos em que podem participar alunos. Também, em muitos casos, a colaboração com a indústria pode ser muito interessante pois em muitos sectores industriais existem equipamentos industriais e laboratoriais extremamente caros e pesados a que a universidade dificilmente poderia ter acesso; os estudantes podem beneficiar com estágios nessas empresas, completando assim a sua formação.

### 3.6 Metodologias de Avaliação na LCEE

As metodologias de avaliação de conhecimentos são normalmente propostas pelos professores responsáveis pelas disciplinas em reuniões preparatórias de início de semestre com a participação de docentes e representantes dos alunos. No IST Taguspark tem vindo a ser feito um trabalho de doseamento do esforço dos alunos e de agendamento conveniente dos actos de avaliação de conhecimentos ao longo do semestre.

Tem sido feito um esforço no sentido de avaliação suceder á aprendizagem das matérias o que tendencialmente levará a um processo de avaliação contínua integral, isto é a avaliação tenderá a avaliar todo o saber do aluno até ao momento do acto de avaliação, incluindo assim todos os conhecimentos já adquiridos na disciplina; a última avaliação corresponderá ao conteúdo de um exame final, não havendo períodos de exames e libertando-se este período para a realização de outras actividades como a realização de seminários e estágios curriculares.

O método de ensino e avaliação contínua que se defende para a LCEE não é fácil de implementar pois implica induzir nos alunos uma autodisciplina de estudo diário a que não estão habituados e origina muito mais trabalho para os docentes.

O que é mais tradicional nos métodos de avaliação usados no IST é a avaliação feita por um exame final, que normalmente induz nalguns alunos a ideia de que a maior parte do estudo pode ser feita apressadamente nas vésperas dos exames. Actualmente, no IST Taguspark já cerca de 50% das disciplinas aderiram a um processo de avaliação que tendencialmente levará a um método de avaliação contínua. Na LCEE será continuado este esforço de motivação dos docentes e dos alunos para as vantagens dos métodos de trabalho, aprendizagem e avaliação contínuos.

### 3.7 Precedências de Unidades Curriculares

As disciplinas do Departamento de Matemática têm normalmente associadas uma lista de precedências de aprovação.

Na Engenharia Electrónica e em particular na LCEE apenas se definem *precedências de inscrição*, indicando que é suficiente que um aluno tenha estado inscrito (frequentado) a disciplina precedente. Deve-se encarar isto como um conselho aos alunos para se inscreverem de forma adequada nas diferentes disciplinas.

Indicam-se de seguida as precedências aconselhadas entre diversas disciplinas que constituem a estrutura curricular da LCEE. Salienta-se, no entanto que esta lista pode ser alterada caso a experiência o aconselhe.

**Tabela 6 – Precedências de disciplinas da LCEE.**

Disciplinas	Precedências Recomendadas
Algoritmos e Estruturas de Dados	Programação
Arquitectura de Computadores	Sistemas Digitais
Circuitos Electrónicos Básicos	Dispositivos Electrónicos
Circuitos Electrónicos Básicos	Dispositivos Electrónicos
Controlo	Sinais e Sistemas
Dispositivos Electrónicos	Análise de Circuitos
Electrotecnia e Máquinas Eléctricas	Electromagnetismo e Óptica
Instrumentação e Medidas	Circuitos Electrónicos Básicos
Micro e Nanoelectrónica	Dispositivos Electrónicos
Programação de Sistemas	Arquitectura de Computadores
Sistemas de Comunicações	Propagação e Antenas; Sinais e Sistemas

### 3.8 Equivalências entre a LEE e a LCEE

Indicam-se na Tabela 7 as equivalências propostas entre as disciplinas do novo curriculum LCEE (segundo o modelo de Bolonha) e disciplinas do curriculum actual LEE (que já funcionou até ao 3º ano 2º semestre). Salienta-se, no entanto, que mecanismos de equivalência mais abrangentes podem vir a ser definidos pelo Conselho Científico do IST.

**Tabela 8 - Equivalências entre disciplinas da LEE actual e da nova LCEE**

<b>Tabela de Equivalência entre Disciplinas</b>	
<b>Novo Curriculum (Bolonha) -LCEE</b>	<b>Curriculum Actual - LEE</b>
Álgebra Linear	Álgebra Linear
Algoritmos e Estrutura de Dados	Algoritmos e Estrutura de Dados
Análise Complexa e Equações Diferenciais	Análise Matemática IV
Análise de Circuitos	Análise de Circuitos
Arquitectura de Computadores	Arquitectura de Computadores
Cálculo Diferencial e Integral I	Análise Matemática I
Cálculo Diferencial e Integral II	Análise Matemática II e III
Circuitos Electrónicos Básicos	Circuitos Electrónicos Básicos
Controlo	Controlo
Desenho e Modelação Geométrica	Desenho e Representação Gráfica
Dispositivos Electrónicos	Dispositivos Electrónicos
Electromagnetismo e Óptica	Electromagnetismo e Óptica
Electrotecnia e Máquinas Eléctricas	Electrotecnia e Máquinas Eléctricas
Gestão	Fundamentos de Gestão
Sistemas de Comunicações	Fundamentos de Telecomunicações
Instrumentação e Medidas	Instrumentação e Medidas
Matemática Computacional	Matemática Computacional
Mecânica e Ondas	Mecânica e Ondas
Micro e Nanoelectrónica	Microelectrónica Digital
Probabilidades e Estatística	Probabilidades e Estatística
Programação	Programação
Processos de Fabrico	Materiais e Processos de Fabrico
Programação de Sistemas	Sistemas Operativos
Propagação e Antenas	Propagação e Antenas
Química	Química Geral
Redes de Computadores	Introdução às Redes de Telecomunicações
Sinais e Sistemas	Sinais e Sistemas
Sistemas Digitais	Sistemas Digitais
Termodinâmica e Estrutura da Matéria	Termodinâmica e Estrutura da Matéria

## 4 ANEXOS

### 4.1 ANEXO I – Plano Curricular

#### 4.1.1 Plano Curricular Detalhado da LCEE

#### LCEE - Licenciatura em Ciências da Engenharia Electrónica (1º CICLO DA ENGENHARIA ELECTRÓNICA)

**Tabela 9**

LCEE 1º CICLO - Licenciatura em Ciências da Engenharia Electrónica

##### 1º ANO / 1º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Álgebra Linear	Matemática	Obrig.	Sem.	6
Cálculo Diferencial e Integral I	Matemática	Obrig.	Sem.	6
Química	Química	Obrig.	Sem.	6
Programação	Computadores	Obrig.	Sem.	6
Sistemas Digitais	Computadores	Obrig.	Sem.	6

30

##### 1º ANO / 2º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Cálculo Diferencial e Integral II	Matemática	Obrig.	Sem.	7,5
Mecânica e Ondas	Física	Obrig.	Sem.	6
Desenho e Modelação Geométrica	Projecto Mecânico e Materiais Estruturais	Obrig.	Sem.	4,5
Algoritmos e Estruturas de Dados	Computadores	Obrig.	Sem.	6
Arquitectura de Computadores	Computadores	Obrig.	Sem.	6

30

##### 2º ANO / 1º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Análise Complexa e Equações Diferenciais	Matemática	Obrig.	Sem.	7,5
Matemática Computacional	Matemática	Obrig.	Sem.	4,5
Electromagnetismo e Óptica	Física	Obrig.	Sem.	6
Gestão	Economia e Gestão	Obrig.	Sem.	4,5
Análise de Circuitos	Electrónica	Obrig.	Sem.	6
Comunicação Oral e Escrita	Competências Transversais	Obrig.	Sem.	1,5

30

##### 2º ANO / 2º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Probabilidades e Estatística	Matemática	Obrig.	Sem.	6
Termodinâmica e Estrutura da Matéria	Física	Obrig.	Sem.	6
Dispositivos Electrónicos	Electrónica	Obrig.	Sem.	6
Redes de Computadores	Telecomunicações	Obrig.	Sem.	6
Sinais e Sistemas	Sistemas, Decisão e Controlo	Obrig.	Sem.	6

30

3º ANO / 1º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Controlo	Sistemas, Decisão e Controlo	Obrig.	Sem.	6
Circuitos Electrónicos Básicos	Electrónica	Obrig.	Sem.	6
Electrotecnia e Máquinas Eléctricas	Energia	Obrig.	Sem.	6
Propagação e Antenas	Telecomunicações	Obrig.	Sem.	6
Programação de Sistemas	Computadores	Obrig.	Sem.	6

30

3º ANO / 2º SEMESTRE

Disciplina	Área Científica	Tipo	Regime	ECTS
Instrumentação e Medidas	Electrónica	Obrig.	Sem.	6
Micro e Nanoelectrónica	Electrónica	Obrig.	Sem.	7,5
Sistemas de Comunicações	Telecomunicações	Obrig.	Sem.	6
Processos de Fabrico	Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial	Obrig.	Sem.	6
Formação Livre I	Competências Transversais	Obrig.	Sem.	4,5

30

#### 4.1.2 Distribuição de Unidades Curriculares por Departamentos do IST

Tabela 10

LCEE - 1º CICLO - Distribuição de Disciplinas			
Nº / Área Científica		Departamento do IST	Nº / Departamento
4	Matemáticas Gerais	Matemática	6
1	Probabilidades e Estatística		
1	Análise Numérica e Análise Aplicada		
3	Física	Física	3
1	Química - Física, Materiais e Nanociências	Engenharia Química e Biológica	1
1	Estratégia e Organização	Engenharia e Gestão	1
1	Projecto Mecânico e Materiais Estruturais	Engenharia Mecânica	2
1	Tecnologia Mecânica e Gestão Industrial		
5	Computadores	Engenharia Electrotécnica e de Computadores	16
1	Energia		
3	Telecomunicações		
2	Sistemas, Decisão e Controlo		
5	Electrónica		
2	Competências Transversais		6
31	Número Total de Disciplinas no Primeiro Ciclo - LCEE		29

## 4.2 ANEXO II - Tipologia de Aulas

### Caracterização Típica dos Planos Curriculares do IST (Estudo do GEP-IST, relativo ao ano de 2004/2005, Agosto 2005)

#### *Aula teórica*

Neste tipo de aula considera-se que são abordados temas numa perspectiva eminentemente teórica e de natureza formativa. As matérias tratadas necessitarão de aprofundamento, desenvolvimento e prática a ser realizado pelo aluno de forma autónoma. Por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula.

#### *Aula de seminário*

Aula de natureza teórica mas com carácter mais informativo. As matérias tratadas não necessitarão de aprofundamento por parte do aluno mas apenas de integração com outros conhecimentos já adquiridos. Para este tipo de aula admite-se razoável considerar que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir meia hora de trabalho extra aula.

#### *Aula de prática*

Aula de problemas onde são apresentadas aplicações de conceitos já tratados de um ponto de vista teórico. Estas aulas consistem essencialmente na apresentação de técnicas ou algoritmos para resolução de problemas de natureza física, numérica, gráfica ou de programação. Neste caso considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir uma hora de trabalho.

#### *Aula de laboratório*

Aulas onde através de experiência ou simulação se comprovam ou testam conceitos já desenvolvidos. Neste tipo de aulas é executada a componente de experimentação, em horas de trabalho extra o aluno deverá preparar os trabalhos a executar e eventualmente completar os relatórios, caso não o faça no decorrer das sessões presenciais. Para este tipo de aula estima-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir uma hora de trabalho extra aula.

#### *Aulas de projecto*

Aulas onde se apresentam conceitos e técnicas de resolução de problemas ligados a concepção e projecto. Estas aulas pressupõem que os alunos possam desenvolver autonomamente soluções próprias no âmbito da concepção e projecto. Para este tipo de aula estima-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula.

**Tabela 11 – Distribuição típica alvo do esforço por disciplinas no IST**

AULA	Horas de contacto semanal	Horas de contacto semestral	Horas de trabalho extra semestral	Horas de trabalho total semestral	ECTS
Teórica	1	14	28	42	1,5
Seminário	1	14	7	21	0,75
Prática	1	14	14	28	1
Laboratório	1	14	14	28	1
Projecto	1	14	28	42	1,5