

# **PERSPECTIVAS DO ENSINO EM PORTUGAL DA ENGENHARIA FÍSICA TECNOLÓGICA**

Carlos Varandas

Professor Catedrático do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, 1049-001 Lisboa

*Este trabalho apresenta uma caracterização das licenciaturas em Engenharia Física Tecnológica ministradas nas Universidades Portuguesas, com ênfase particular no curso leccionado no Instituto Superior Técnico. São analisados os currícula, os perfis dos candidatos e as saídas profissionais. Finalmente, são apresentadas as perspectivas futuras.*

## **1. INTRODUÇÃO**

As Universidades Portuguesas tinham tradicionalmente licenciaturas em Física, nos ramos científico e de ensino, especialmente vocacionadas para a formação de pessoal para o ensino superior e a investigação científica e de professores para o ensino secundário.

A evolução tecnológica que ocorreu nas últimas décadas do século XX em várias áreas da Física e das Engenharias, a invasão das novas tecnologias em áreas profissionais com insuficiente formação tecnológica (como, por exemplo, a medicina e a gestão) e a necessidade de aumentar a produtividade e a competitividade dos Países que pretendem manter um bom nível de desenvolvimento conduziram à necessidade de novos profissionais com excelente formação em Engenharia, Física Aplicada e Tecnologias.

Deste modo, nasceu um novo tipo de licenciaturas, denominadas Engenharia Física Tecnológica (EFT), Engenharia Física (EF) ou Física Aplicada (FA), para a formação de licenciados com elevada qualificação em Física e que:

- Sejam capazes de acompanhar a inovação científica e tecnológica, quer participando activamente no seu desenvolvimento quer nas actividades de gestão da ciência e tecnologia;
- Tenham capacidade para resolver problemas novos, particularmente em situações inovadoras que não podem ser descritas pelos conceitos já existentes;
- Possuam capacidade para o diálogo entre os projectistas e construtores e os utilizadores da aparelhagem científica;
- Estejam habilitados para actuar como agentes de transferência de tecnologia entre os laboratórios e a indústria.

## **2. ENGENHARIA FÍSICA TECNOLÓGICA NAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS**

A Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa foi pioneira no lançamento em Portugal deste tipo de licenciaturas, em 1977 como um ramo da Engenharia de Produção Industrial e a partir de 1981 com a Engenharia Física e dos Materiais [1].

No ano lectivo de 2001/02 foram leccionadas nove licenciaturas em Física Aplicada, Engenharia Física ou Engenharia Física Tecnológica nas Universidades Portuguesas (Tabela 1) [1,8].

Tabela 1 – Licenciatura em Engenharia Física leccionada no ano lectivo de 2001/02 nas Universidades Portuguesas

<b>Instituição</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Licenciatura</b>
Universidade de Coimbra	UC	Engenharia Física
Instituto Superior Técnico	IST	Engenharia Física Tecnológica
Universidade de Aveiro	UA	Engenharia Física
Universidade Nova de Lisboa	UNL	Engenharia Física
Universidade do Porto	UP	Física Aplicada
		Física e Engenharia de Materiais
Universidade de Lisboa	UL	Engenharia Física
Universidade do Algarve	UALG	Engenharia Física
Universidade do Minho	UM	Física Aplicada

A análise da Tabela 2, que contém os dados relativos ao ingresso, permite tirar as seguintes conclusões:

- (i) Apenas metade das vagas oferecidas foram preenchidas. Destaques pela positiva para a Universidade de Aveiro (100%), Instituto Superior Técnico (89%) e Universidade do Minho (85%) e pela negativa para a Universidade de Coimbra (14%), Universidade Nova de Lisboa (16%) e Universidade do Algarve (10%);
- (ii) A licenciatura que tem uma maior atractividade é claramente a Engenharia Física Tecnológica do IST, que consegue captar cerca de 40 alunos (cerca de 34% do total), com uma nota mínima de ingresso de 139.3, só suplantada pela Universidade de Coimbra que, contudo, apenas admitiu 4 alunos.

Tabela 2 – Dados do ingresso no ano lectivo de 2001/02 nas licenciaturas em Física, Engenharia Física e Engenharia Física

<b>Instituição</b>	<b>Curso</b>	<b>Vagas</b>	<b>Ingressos</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Nota Mínima</b>
UC	EF	30	4	14%	159.0
IST	EFT	45	40	83%	139.3
UA	EF	20	20	100%	132.0
UNL	EF	45	7	16%	116.3
UP	F	30	11	37%	106.8
UL	EF	30	11	10%	106.8
UALG	EFT	10	1	10%	104.6
UM	F	20	2	85%	97.0
Total		230	117	51%	

### 3. ESTRUTURA DOS CURRICULA

Os curricula destas licenciaturas desenvolvem-se em cinco anos e são caracterizados pelos seguintes aspectos principais:

- Formação sólida em Ciências Básicas (Matemática, Física e Química) e em áreas transversais de Engenharia (Informática, Electrónica e Sistemas Digitais);
- Componente significativa de técnicas laboratoriais, incluindo oficinas, física experimental, instrumentação, controlo, aquisição de dados e processamento de sinais;
- Formação sólida em Física Avançada (Física do Estado Sólido, Mecânica Quântica, Física Atómica e Molecular e Física Nuclear);

- Ensino de tecnologias de aplicação corrente em ambientes industriais e de investigação;
- Ligação muito estreita do ensino às actividades de I&D;
- Existência de uma disciplina anual de Projecto no último ano da licenciatura.

A análise da Tabela 3 permite concluir que a licenciatura da UC é a que oferece a formação da base mais completa em Física, Matemática e Química, a da UA é a que possui mais disciplinas das Ciências de Engenharia, enquanto a licenciatura do IST é a que tem maior número de disciplinas experimentais.

Tabela 3 – Distribuição das disciplinas dos três primeiros anos por áreas científicas

Área Científica	IST	UNL	UC	UA	UL
Físicas Básicas	4	4	8	5	4
Matemática	7	7	8	6	7
Química	1	2	4	2	2
Ensino Experimental	6	3	3	1	5
Ciências Engenharia	5	7	2	8	7
Física Avançada	7	7	7	7	5
Outras	-	4	1	-	-

As estruturas curriculares destas licenciaturas diferenciam-se na organização dos anos terminais:

- (i) A EF da UC e da UALG apresentam dois ramos, a primeira em:
  - Ciência dos Materiais
  - Instrumentação
 e a segunda em:
  - Física Médica
  - Tecnologia
- (ii) A EFT do IST, provavelmente devido ao seu número de alunos, apresenta um elenco muito largo de disciplinas de opção;
- (iii) As outras licenciaturas têm um número razoável de opções, a escolher entre um conjunto significativo de disciplinas que asseguram especializações em várias áreas de Física Aplicada e/ou Tecnologias.

#### 4. ENGENHARIA FÍSICA TECNOLÓGICA NO IST

A Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica (LEFT) entrou em funcionamento no Instituto Superior Técnico (IST) no ano lectivo de 1984/85. Este curso começou por funcionar a partir do 3º ano, com alunos provenientes de outras licenciaturas do IST, e só ao fim de três anos, a LEFT passou a admitir alunos do 1º ano.

A evolução do *numerus clausus* desta licenciatura (15 inicialmente, depois 33 e actualmente 45) demonstra que o IST teve cuidado com a definição do número de alunos da LEFT, de modo a assegurar o preenchimento das vagas de ingresso e o emprego aos novos licenciados. Por outro lado os candidatos ao Ensino Superior têm recebido muito bem esta licenciatura. De facto [Pimenta, 2003]:

- (i) A grande maioria dos alunos que entra para esta licenciatura, escolheu-a em primeira opção (Tabela 4);

Tabela 4 – Número de alunos em 1ª e 2ª opção colocados em 2001/02 na LEFT do IST

Opção	Nº alunos
1ª	38
2ª	2

- (ii) As vagas existentes são, normalmente, totalmente preenchidas (Tabela 5), apesar das condições exigentes de acesso: obrigatoriedade de nota superior a 120 em Física e em Matemática, as duas disciplinas com pior desempenho no Ensino Secundário. Nos anos em que tal não se verificou, as poucas vagas não ocupadas resultaram de desistências durante o período de inscrição;

Tabela 5 – Evolução dos resultados do acesso à LEFT entre 1993 e 2002

Indicadores	93/94	94/05	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03
Vagas	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Candidatos	243	218	233	256	191	202	136	181	137	187
Candidatos 1ª opção	73	63	65	60	59	61	41	53	38	40
Candidatos/Vagas	5.4	4.8	5.2	5.7	4.2	4.5	3.0	4.0	3.0	4.2
Taxa Ocupação	100%	100%	100%	100%	100%	100%	93%	100%	89%	100%

- (iii) Os alunos possuem boas médias do Ensino Secundário (média mínima de 16.8) e a nota mínima de seriação é bastante elevada (mínimo de 13.08 no ano lectivo de 1995/96) (Tabela 6);

Tabela 6 – Evolução das classificações mínimas e das médias de ingresso dos alunos colocados na LEFT entre 1993 e 2002.

Notas	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03
Nota Mínima de seriação	73.9%	67.2%	65.4%	76.0%	76.3%	81.5%	70.4%	74.7%	69.7%	73.5%
Média notas de seriação	83.1%	78.3%	79.5%	85.4%	85.3%	89.6%	83.2%	86.0%	83.5%	85.0%
Média ingresso Matemática		70.4%	71.9%	83.4%	86.1%	92.7%	83.2%	88.1%	80.1%	83.6%
Média ingresso Física		73.7%	69.4%	81.9%	82.8%	90.2%	81.2%	83.5%	81.6%	87.6%
Média 10º-12º ano		17.8	18.2	17.9	17.2	17.6	16.9	17.2	17.2	16.8

- (iv) Um número significativo de alunos (quase 50% em 2001/02) provem de distritos fora da região da Grande Lisboa (Tabela 7).

Para além da média elevada de ingresso, os candidatos à LEFT provêm de agregados familiares com elevado nível de escolaridade e bons recursos económicos, declaram bons conhecimentos de inglês (67%), dizem ter computador em casa com ligação à internet (78%) e não tem uma ideia precisa sobre a actividade profissional a desenvolver uma vez concluída a licenciatura (74%).

A LEFT pretende oferecer formação num espectro muito largo da Física e das Tecnologias, tirando partido das áreas de especialização do corpo docente do Departamento de Física e da colaboração de outras Unidades Académicas do IST. Por isso, os alunos podem escolher as

disciplinas que pretendem frequentar nos dois últimos anos da licenciatura de entre todas as disciplinas de qualquer outra licenciatura ministrada na Escola.

Tabela 7 – Proveniência geográfica dos alunos colocados na LEFT em 2001/02

<b>Distrito de Proveniência</b>	<b>Nº de alunos</b>
Aveiro	1
Bragança	1
Castelo Branco	1
Faro	3
Leiria	1
Lisboa	18
Porto	2
R.A. Açores	1
R.A. Madeira	1
Santarém	5
Setúbal	3
Viseu	2
Estrangeiro	1

Este facto, positivo para a grande maioria dos alunos, tem contudo sido objecto de algumas críticas que apontam para a descaracterização da LEFT e para a dificuldade da escolha pelos alunos, das disciplinas a frequentar, apesar de estar previsto o apoio de um tutor. Por isso, o Departamento de Física pensa introduzir algumas alterações na organização do curriculum desta licenciatura. Assim, a curto prazo, deverão ser criadas as seguintes áreas de especialização:

- Física;
- Instrumentação;
- Tecnologias Nucleares e Saúde;
- Materiais.

Outra melhoria significativa consiste no aperfeiçoamento da articulação entre a LEFT e a Escola de Pós-Graduação (Mestrado e Doutoramento). De facto a implementação desta Escola prevê um esquema integrado de ensino, em que disciplinas da licenciatura dão equivalência ao Mestrado e disciplinas de Mestrado dão equivalência ao Doutoramento (Figura 1). Este esquema é muito atractivo para os alunos e corresponde ao espírito da “Declaração de Bolonha”, que tenta harmonizar a Formação Universitária a nível europeu, reduzindo a duração das licenciaturas e incentivando a pós-graduação.



Figura 1 – Ensino integrado de graduação e pós-graduação

É importante referir que 67% dos diplomados da LEFT decide fazer uma pos-graduacao (em geral doutoramento (93%)) porque a área é interessante (79%) ou para valorizar o seu curriculum vitae (29%) [Pimenta, 2003].

A LEFT é uma licenciatura muito exigente (os seus diplomados atribuem-lhe uma classificação de 3.5 numa escala de 1 a 4), que sujeita os alunos a uma elevada carga de

trabalho. Este facto faz com que um número significativo de alunos tenham disciplinas em atraso (Tabela 8). Contudo os resultados finais são positivos já que a maioria dos alunos acaba por terminar a licenciatura em cinco anos (Tabela 9), com notas finais de curso muito elevadas, com a média situada entre 16 e 17 valores. Os licenciados consideram que a LEFT correspondeu às suas expectativas (2.8 numa escala de 1 a 4), tendo os objectivos da sua componente formativa sido atingidos (3.4 na escala atrás referida) [Pimenta, 2003].

Tabela 8 – Estatística de desempenho de LEFT em 2001/02

<b>Ano</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>	<b>Total</b>
Nº alunos inscritos	49	55	56	28	49	237
Apenas disciplinas da 1ª inscrição	43	21	7	4	15	90
Apenas disciplinas 2ª, 3ª ...inscrições	1	2	0	1	12	16
Disciplinas de 1ª, 2ª, ... inscrições	5	32	49	23	22	131

O sucesso desta licenciatura resulta, em grande medida, dos seguintes aspectos:

- Grande qualidade dos alunos;
- Competência e profissionalismo do corpo docente, totalmente constituído por doutorados e especialistas convidados em áreas tecnológicas;
- Elevado prestígio do IST, para muitos a melhor Escola Portuguesa de Engenharia;
- Ligação estreita a varias Unidades de Investigação, o que permitiu tirar proveito directo dos investimentos em infraestruturas experimentais feitos na última década e introduziu os alunos no mundo fascinante da investigação científica e do desenvolvimento tecnológico;
- Participação em Projectos realizados no âmbito de Programas internacionais de alta tecnologia (CERN, Programa Comunitário de Fusão e Agência Espacial Europeia).

Tabela 9 – Número de anos em que os alunos da LEFT concluíram esta licenciatura

<b>Ano</b>	<b>Número total Licenciados</b>	<b>Anos para a conclusão da licenciatura</b>			
		<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>&gt;7</b>
1996	22	17	4	-	1
1997	35	23	7	2	3
1998	31	16	6	4	5
1999	29	18	5	2	4
2000	27	13	5	5	4
2001	19	9	3	2	5

## 5. Saídas Profissionais

Os currícula destas licenciaturas proporcionam um vasto mercado de emprego, apesar de três grandes limitações que estes cursos ainda não conseguiram suplantar:

- Elevada carga negativa do nome Física;
- Pouca divulgação destas licenciaturas junto dos empregadores;
- Não-acreditação destes cursos pela Ordem dos Engenheiros.

De facto, os licenciados em Engenharia Física Tecnológica podem trabalhar:

- Em actividades de investigação científica avançada em Física teórica e experimental;
- Na modelação, desenvolvimento individual e controlo de qualidade;

- Em actividades de desenvolvimento tecnológico em áreas como instrumentação, controlo e aquisição de dados, simulação e computação, optoelectrónica, análise e processamento de sinais e ciências dos materiais;
- Na área da consultaria e modelação financeira;
- Em gestão de ciência e tecnologia;
- No desenvolvimento de métodos de diagnóstico e análise das ciências médicas.

Os primeiros licenciados encontraram, maioritariamente, empregos no binómio Ensino/ Investigação, tirando partido de alguma expansão do Ensino Superior Universitário e politécnico e, sobretudo, das actividades de investigação e desenvolvimento (I&D) realizadas principalmente no âmbito de Projectos dos Programas-Quadro da União Europeia. Com a saturação deste mercado e com alguma divulgação destas licenciaturas, os licenciados em Engenharia Física passaram a procurar cada vez mais o sector privado, sobretudo nas áreas da consultoria e das telecomunicações, passando mesmo alguns a actuar como empresários por conta própria. De facto, existem várias empresas que estão implementadas no mercado e que nasceram e vivem sob a orientação de Engenheiros Físicos (Tabela 10). O trabalho de Engenheiros Físicos em empresas assume uma importância acrescida para o desenvolvimento do País, já que permite a transferência de tecnologias do “estado da arte” desenvolvidas em instituições de I&D para as empresas.

Tabela 10 – Empresas criadas por Engenheiro Físicos

<b>Empresa</b>	<b>Região</b>	<b>Área</b>
ISA	Coimbra	Automação e Controlo
Quantific	Coimbra	Monitorização e Medida
Unilaser	Lisboa	Equipamento Científico
Oficina da Ciência	Aveiro	Divulgação Científica

Um estudo recentemente feito pelo Gabinete de Estudos e Planeamento do IST mostrou que não há desemprego nesta área e que os licenciados em Engenharia Física Tecnológica estão, normalmente, empregados um mês após a conclusão da sua licenciatura. Apesar da juventude destas licenciaturas, existem já Engenheiros Físicos em posições de chefia em empresas portuguesas e em instituições internacionais de I&D. Os empregadores inquiridos reconheceram que os licenciados da LEFT possuem os seguintes aspectos positivos:

- Competência e espírito de equipa;
- Formação sólida em Física;
- Raciocínio lógico e abstracto;
- Elevada capacidade de trabalho.

## **6. PERSPECTIVAS FUTURAS**

O número global de candidatos ao Ensino Superior está a diminuir, pelo que existem licenciaturas de várias Universidades que começam a não preencher as vagas de ingresso no 1<sup>o</sup> ano.

As licenciaturas em Engenharia Física Tecnológica não fogem à crise, neste caso agravada pela crescente aversão dos alunos do ensino secundário à Física e às Tecnologias e pela criação de novas licenciaturas em áreas afins (por exemplo, a Engenharia Biomédica e a Engenharia Celular e Molecular). A Tabela 11 mostra que o número de alunos que ingressaram no 1<sup>o</sup> ano diminuiu claramente no ano lectivo de 1999/00, fazendo com que a EF da Universidade Nova de Lisboa não tenha tido alunos no ano lectivo de 2002/03.

Tabela 11 – Número de ingressos no 1º anos das licenciaturas em Engenharia Física

<b>Instituição</b>	<b>92/93</b>	<b>93/94</b>	<b>94/95</b>	<b>95/96</b>	<b>96/97</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>	<b>01/02</b>	<b>02/03</b>
UC	61	55	44	41	42	38	39	13	9	9	8
IST	45	45	45	45	45	45	45	42	45	40	45
UNL	45	45	46	49	49	45	50	7	8	15	0

A situação não é ainda preocupante porque existe um número significativo de alunos a frequentarem estas licenciaturas (Tabela 12) e porque a Engenharia Física Tecnológica do IST continua a ser uma licenciatura de referência, muito bem aceite pelos alunos e pelo mercado empregador.

Tabela 12 – Número de alunos inscritos no ano lectivo 2002/03

<b>Instituição</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>	<b>5º</b>	<b>Total</b>
Universidade de Coimbra	11	25	9	16	17	78
Instituto Superior Técnico	52	50	46	31	49	228
Universidade Nova de Lisboa	15	38	38	22	17	130
Universidade de Aveiro	41	32	20	9	17	119

Contudo é necessário tomar medidas que invertem a situação e que evitem situações graves aos Departamentos de Física das Universidades Portuguesas. Assim, propomos:

- O aumento da divulgação científica nos meios de comunicação social;
- A divulgação das potencialidades destes licenciados no mercado de trabalho;
- A clarificação dos currícula destas licenciaturas, de modo a evitar situações dúbias em que o curso mais parece uma licenciatura em Física;
- Melhoria das condições de aprendizagem dos alunos, especialmente através do reequipamento dos laboratórios e do aperfeiçoamento da ligação ao mercado de trabalho;
- Procura de parcerias com Universidades de Países de expressão oficial portuguesa, de modo a alargar o número de potenciais candidatos a esta licenciatura;
- A intensificação do diálogo com a Ordem dos Engenheiros, de modo ao reconhecimento profissional dos licenciados em Engenharia Física Tecnológica

## **7. CONCLUSÕES**

Apesar das dificuldades e das limitações tradicionais do Ensino Superior Português, podemos afirmar que as Licenciaturas em Engenharia Física estão consolidadas e que tem cumprido os seus objectivos fundamentais, através da formação de profissionais com uma formação sólida em Física Aplicada e nas tecnologias modernas, complementadas com a tradição do ensino de engenharia das Universidades Portuguesas.

Os Engenheiros Físicos já desempenham um papel relevante nas Instituições de I&D, especialmente nas que estão vocacionadas para a experimentação e o desenvolvimento de novas tecnologias. É, igualmente, de esperar uma integração maior destes licenciados no tecido produtivo e industrial, com benefícios claros para o desenvolvimento tecnológico e o aumento da competitividade.



## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece o fornecimento de dados por parte dos responsáveis pelas várias licenciaturas e, em particular, dos colegas Mario Pimenta, Luis Lemos Alves e Pedro Sebastião, Professores do IST.

## **REFERÊNCIAS**

- 1- <http://www.fct.unl.pt/ensino/licenciatura/fisica/index.html>
- 2- <http://www.fct.uc.pt/conteudos/ensino/licenciaturas/documentos/GuiaFisica02-03.pdf>
- 3- <http://www.ist.utl.pt/ensino>
- 4- <http://acesso.ua.pt/infocurso.asp?ID-Curso=48>
- 5- <http://sa.fc.up.pt/pe/index.html>
- 6- <http://194.117.4.99/~fisica/licenciaturas/lic-engfis.shtml>
- 7- <http://www.ualg.pt>
- 8- <http://www.fisica.uninho.pt/index.html>
- 9-Pimenta M., Lemos Alves L., Sebastião P. (2003) “Auto-estudo para avaliação da licenciatura em Engenharia Física Tecnológica”, Gabinete de Estudos e Planeamento do IST.