

# Investigação em Educação em Engenharia: um campo emergente

## Resumo

Num mundo cada vez mais globalizado e em que o rápido desenvolvimento científico e tecnológico ocupa um papel central no desenvolvimento das sociedades, torna-se cada vez mais relevante discutir o perfil desejável dos profissionais de engenharia capazes de dar resposta a estes desafios, e consequentemente, discutir os processos de formação desses futuros engenheiros. No contexto internacional, estas necessidades têm vindo a fazer emergir a Investigação em Ensino de Engenharia (IEE) como um campo de investigação autónomo. Norteando-se pelos critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004), usado também por Borrego (2007), como princípios orientadores de análise, este artigo pretende discutir a identidade do campo de IEE, caracterizar o seu estado atual no contexto internacional e no contexto Português e posicioná-lo relativamente às Ciências de Educação. Os autores visam igualmente identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento deste campo de investigação específico, de forma a que possa granjear reconhecimento quer nas Ciências da Educação, quer nas Engenharias, no contexto Português.

## Abstract

In an increasingly globalising world in which fast scientific and technological developments have a central role in society, it becomes more and more relevant to discuss the professional profile of engineers able to respond to these challenges and,

consequently, discuss the education of these future engineers. In an international context, this led to the emergence of Research in Engineering Education (REE) as an autonomous field of research. Oriented by the criteria of identity of a research field of Fensham (2004), this article seeks to discuss the identity of REE, characterising its current state in the international and in the Portuguese context and position the field in relation to Educational Research. The authors also aim to identify emergent challenges in the development and maturation of this specific research field, in order to promote recognition both in Educational Research as well as in Engineering in the Portuguese context.

## **Introdução**

A Investigação em Educação em Engenharia (IEE), encarada especificamente enquanto área de trabalho autónoma, é um campo relativamente recente. Na última década, vários autores têm vindo a chamar a atenção para o *nascimento* deste novo campo de investigação (Haghighi, 2005); (Radcliffe, 2006); (Fortenberry, 2006), em especial na conceituada revista *Journal of Engineering Education*, associada à American Society of Engineering Education. Estes autores discutem os vários desafios da Educação em Engenharia, que incluem, com especial ênfase, a preparação atempada das sociedades para os desenvolvimentos tecnológicos futuros e a evidente necessidade de formar engenheiros capazes de dar resposta a esses desenvolvimentos. A reflexão sobre as competências alvo deste processo de formação assume igualmente particular relevância (National Research Council, 2005).

Ao longo dos últimos anos, a velocidade dos desenvolvimentos tecnológicos aumentou drasticamente, colocando docentes e alunos de engenharia perante o desafio de se prepararem para acompanhar estes desenvolvimentos de forma adequada, o que necessariamente envolve o desenvolvimento de competências transversais e de auto aprendizagem. Estando a tecnologia a ficar cada vez mais integrada na vida quotidiana, as perspectivas e responsabilidades da profissão de engenheiro assumem novas vertentes, nomeadamente no que diz respeito ao impacto da profissão na sociedade. Por outro lado, as tendências de globalização nas áreas de ciência e tecnologia fazem com que os futuros engenheiros não só necessitem de desenvolver uma perspectiva regional ou nacional, mas também uma perspectiva mundial. Mais uma vez, este desafio de desempenhar um papel nas relações económicas e políticas entre países a um nível global exigem do engenheiro competências para além da formação técnica específica, e a que naturalmente as estruturas de formação terão de dar a devida atenção. A resposta aos desafios aos futuros engenheiros exige assim uma reflexão sobre a sua formação nas instituições de Ensino Superior, que deverão assumir a sua responsabilidade de responder a toda esta mudança de paradigma, que exige o desenvolvimento de competências que vão para além da formação tradicionalmente proporcionada aos engenheiros.

Nos Estados Unidos da América, a *National Academy of Engineering* colocou na sua agenda a reflexão sobre esta questão da formação da próxima geração de alunos para o envolvimento efetivo na profissão de engenharia em 2020, reflexão essa que se materializou num relatório (National Academy of Engineering, 2004). Este documento realça as mudanças que os futuros engenheiros vão enfrentar, como a velocidade da evolução tecnológica, o contexto social caracterizado por um crescimento da população

mundial a utilizar os recursos naturais existentes, pela deslocalização das áreas rurais para as áreas urbanas e por um aumento da esperança média de vida, que implica um acréscimo da pressão nos sistemas de saúde e recursos naturais.

Neste contexto, a IEE pode ser um dos elementos chave para a melhoria contínua e a inovação necessária, segundo o relatório *Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education* da University of Michigan (Duderstadt, 2008). Os autores consideram a investigação rigorosa na área de Educação e Engenharia um dos mecanismos mais eficazes de longo prazo para as transformações necessárias na formação dos engenheiros e na prática de engenharia.

O presente artigo pretende analisar a identidade do campo de IEE, caraterizar o seu estado atual no contexto Português e posicioná-lo relativamente às Ciências de Educação. Os autores também visam identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento deste campo de investigação específico, de forma a que seja reconhecido no contexto Português, quer nas Ciências da Educação, quer nas Engenharias.

### **A Investigação em Educação em Engenharia**

Ao analisar a IEE como campo emergente, e discutindo a questão da sua legitimidade, os critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004) podem ser reconhecidos como orientadores dessa análise. Este autor refere três tipos de critérios, também usados por Borrego (2007), para analisar o campo de Educação em Ciência que visam caraterizar um campo de investigação como reconhecido e válido: critérios estruturais, critérios intra-investigação e critérios de resultado. Os critérios estruturais

dizem respeito ao reconhecimento acadêmico, revistas de investigação, associações profissionais, conferências específicas, centros de investigação existentes e à formação pós-graduada. Os critérios intra-investigação dizem respeito à substância e metodologia do campo, constituindo a sua parte essencial. A este respeito, Fensham (2004) identifica o conhecimento científico, as questões de investigação, o desenvolvimento teórico e conceptual, as metodologias de investigação, o progresso e as publicações modelo e seminais como subcritérios. O último tipo de critério centra-se nas implicações para a prática. Nas próximas secções, estes três tipos de critérios serão desenvolvidos e analisados no contexto da IEE com uma ênfase especial no contexto português.

### **Critérios estruturais**

Os critérios estruturais são condicionantes para a existência de um campo de investigação. Professores catedráticos dedicados à área, centros de investigação ou grupos de investigação que consideram o campo como foco principal e revistas científicas conceituadas, são todos critérios que estruturam um campo de investigação. Na área de Educação em Engenharia reconhece-se a presença destes critérios estruturantes nos EUA e na Austrália desde há mais de 20 anos. Há diferentes universidades nos EUA com um departamento ou uma escola de Educação em Engenharia, como por exemplo a Virginia Tech, a Purdue University ou a Universidade de Cincinnati. Para além disso, existem igualmente centros de investigação dedicados, como sejam o centro da Universidade de Washington, CELT, o centro da Universidade de Linköping na Suécia, ou o centro da Universidade de Swinburne, Austrália, mencionando apenas alguns. Várias destas universidades e centros oferecem programas de mestrado e doutoramento em Educação em Engenharia, em geral (mas não só)

direcionados a professores de engenharia que, no caso dos mestrados, pretendem especializar-se na área de ensino e aprendizagem no contexto dos cursos de engenharia. Os programas de doutoramento podem servir o mesmo objetivo, mas também preparam para uma carreira de IEE. Ao nível institucional também têm vindo a surgir centros de apoio ao ensino e aprendizagem dedicados exclusivamente à Educação em Engenharia, como por exemplo o Center for Engineering Education da Colorado School of Mines, o Engineering Centre for Excellence in Teaching and Learning da Loughborough University, ou o Focus Centre for Expertise in Education da Technical University of Delft. Estes centros organizam ações de formação centradas nas problemáticas específicas dos cursos de engenharia. Podem tratar-se de oficinas de curta duração, de uma ou mais horas e dedicadas a temas bastante específicos, ou de ações de formação prolongadas, que tratam de diversos aspetos da prática docente e da implementação de inovações nesta prática. O desenvolvimento curricular para cursos de engenharia, a aprendizagem centrada no aluno e o uso de novas tecnologias multimédia são exemplos de temas recorrentes nestas ações de formação. Podem ser ações de várias sessões ou programas de um ou dois semestres. Este tipo de programas permite levar a cabo a transferência de resultados de investigação científica nestas áreas para a prática diária dos docentes. As oficinas, ações de formação, seminários e outras sessões mais pontuais têm como objetivo apoiar os docentes na resolução dos problemas que enfrentam na prática e, simultaneamente, informar os docentes dos desenvolvimentos mais recentes na área.

Para além da formação, estes centros apoiam iniciativas de Scholarship of Teaching and Learning (SoTL), ou, numa tentativa de tradução para Português, Indagação da Pedagogia (Vieira, Almeida, & Silva, 2010). Um exemplo de um centro que dá ênfase à

SoTL pode ser encontrado na University of Western Australia, onde funciona um programa que incentiva a investigação da prática pedagógica dos docentes nos cursos de engenharia ([http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what\\_is\\_fase](http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what_is_fase)).

Um outro aspeto de especial importância é a existência de publicações especializadas que permitam a divulgação dos resultados da investigação. Neste domínio, podemos identificar um leque de revistas especializadas, como o *Journal of Engineering Education*, o *European Journal of Engineering Education*, o *International Journal of Engineering Education*, o *Global Journal of Engineering Education*, o *Australasian Journal of Engineering Education*, o *Advances in Engineering Education*, o *IEEE Transaction in Engineering Education*, o *International Journal of Engineering Pedagogy* e o *Engineering Education Journal*. Além disso, são ainda de referir várias revistas em áreas específicas de Educação em Engenharia, como por exemplo o *Journal of Professional Issues in Engineering Education*, dedicado à engenharia civil, o *International Journal of Mechanical Engineering Education*, centrado em temas de engenharia mecânica e o *International Journal of Electrical Engineering Education*, orientado para a engenharia eletrónica. A maior parte destas revistas são indexadas em bases de dados internacionais, sendo o *Journal of Engineering Education* o mais visível, com uma indexação no *ISI Web of Knowledge Journal Citation Report* das ciências e das ciências sociais com o fator de impacto de 5 anos de 3,235, aquando da escrita deste artigo. Muitas das publicações são revistas associadas a organizações profissionais, como é o caso do *Journal of Engineering Education*, que está associada à *American Society for Engineering Education* (ASEE), ou o *European Journal of Engineering Education*, que associado à *Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs* (SEFI).

Apesar de a investigação sobre Educação em Engenharia se ter vindo a constituir, desde há mais de 20 anos, como uma área de investigação prioritária nas EUA e na Austrália, sendo inclusivamente objeto de iniciativas específicas para o seu desenvolvimento autónomo na Europa apenas agora a sua importância começa a ser reconhecida. Por exemplo, no contexto nacional nota-se que foram financiados pela FCT um total de 3 projectos de IEE na última década enquanto nas EUA o número foi de 1375 no mesmo período e com um financiamento médio superior a mais de duas vezes (Borrego e Olds 2011).

	Projetos financiados	Financiamento total (Euros)	Financiamento médio
FCT	<b>3</b>	<b>221.219 €</b>	<b>73.740 €</b>
NSF	<b>1375</b>	<b>244.660.362 €</b>	<b>178.000 €</b>

Tabela 1 - Comparação de financiamento de projectos de IEE entre 2000 e 2010 em Portugal (financiados pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia) e nos EUA (financiados pela NSF – National Science Foundation)

Na conferência anual de 2008 da Sociedade Europeia para o Ensino de Engenharia (SEFI) – foi decidido criar um grupo de trabalho europeu nesta área, no qual os autores participam. Em Portugal, as condições estruturais só recentemente têm vindo a ganhar expressão. Em 2009 foi criada a Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia, que tem como objetivo estatutário a “promoção da educação em engenharia através da formação de professores, da difusão de projetos, do intercâmbio e cooperação entre pessoas e instituições e da análise e resolução de problemas, no âmbito da educação em



engenharia”. Já em 2011, foi criada a Associação PAEE – Projetos para a Aprendizagem e Ensino em Engenharia, que tem como fim investigar, aplicar, promover e divulgar metodologias de aprendizagem em engenharia baseada em projetos, problemas e noutras formas de aprendizagem ativa e o seu impacto. De referir ainda o IEEE Education Society – Portugal Section Chapter, criado em 2005, que se dedica a questões específicas da educação em engenharia Eletrotécnica e Eletrónica (<http://ewh.ieee.org/r8/portugal/education/>).

Em termos de formação pós-graduada, ainda não se verifica a existência de cursos de mestrado ou doutoramento especificamente na área. No entanto, podem identificar-se vários trabalhos de doutoramentos registados em áreas correlacionadas que têm como objecto de estudo temas de educação em engenharia, um percurso aliás idêntico ao verificado nos primórdios do desenvolvimento deste campo de investigação nos EUA e Austrália. A título de exemplo, na Universidade do Minho foram já concluídos dois doutoramentos em Educação que tinham como campo de investigação a Educação em Engenharia (Fernandes, 2011; van Hattum-Janssen, 2004). e estão em curso mais doutoramentos nesta e noutras universidades, parte dos quais já publicados em artigos (Mesquita, 2012, Oliveira & Estima de Oliveira 2010; Williams & Figueiredo, 2011).

Relativamente a eventos organizados em Portugal ou por Instituições de Ensino Superior Portuguesas podem referir-se as diferentes edições do Simpósio Internacional PAEE (Project Approaches on Engineering Education) organizada pela Universidade do Minho em cooperação com a SEFI e a ASIBEI, que teve lugar em Guimarães (2009), Barcelona (2010) e Lisboa (2011). O ICEE (International Conference on Engineering Education), apoiada pela International Network for Engineering Education and Research

decorreu em 2007, em Coimbra. Destaca-se também a First World Engineering Education Flash Week que reuniu em Lisboa, em 2011, uma série de reuniões e eventos na área de Educação em Engenharia. Além disso houve a organização do Engineering Practice Roundtable em Madrid em outubro 2011, organizado por membros da comunidade científica portuguesa.

### **Critérios intra-investigação**

Os critérios intra-investigação que Fensham (2004) identifica tocam na essência do campo de investigação e abordam a sua identidade em termos de conteúdo, e no que diz respeito à ontologia e epistemologia. Tratando-se de um campo de investigação interdisciplinar, esta análise torna-se complexa, já que para mais nos encontramos numa fase de transição entre uma realidade de mera descrição de (supostamente) boas práticas de ensino e aprendizagem, muito influenciadas por abordagens positivistas importadas das tradições de investigação das ciências exatas, para um campo de investigação empírica em que as abordagens interpretativas assumem um papel cada vez mais relevante. Antes de entrar na questão da epistemologia da Educação em Engenharia, destaca-se brevemente a epistemologia do próprio campo de Engenharia, para ilustrar a multiplicidade da Educação em Engenharia. Dias de Figueiredo em Adams *et al.*(2011) identifica a epistemologia de engenharia como resultante da agregação de quatro dimensões numa relação transdisciplinar: 1) a dimensão das ciências exatas dentro do qual a engenharia é vista como aplicação das ciências de base com lógica e rigor através de análise e experimentação; 2) a dimensão das ciências social em que engenheiros não são só tecnólogos, mas também especialistas sociais, gerentes e empreendedores que reconhecem a complexidade social do mundo e do mercado em que agem e das equipas

das quais fazem parte; 3) a dimensão de design considera a engenharia como movimentada por design e valoriza mais o pensamento sistémico do que o pensamento analítico; e 4) a dimensão profissional/artesanal referente ao fazer na prática e à conclusão de trabalhos. A dimensão de design marca de forma significativa a epistemologia de engenharia, nas suas diferentes realidades: design como análise funcional, design como resolução de problemas, design como posicionamento do problema e design como aprendizagem emergente. Esta epistemologia de engenharia realça a multiplicidade da epistemologia da educação em engenharia, que não se reconhece numa identificação somente ligada às ciências de base e as suas aplicações.

As questões colocadas por Fensham (2004) relativamente à identidade do campo de IEE foram abordadas num *Special Report* do *Journal of Engineering Education* (2006), em que os autores delinearão cinco áreas de investigação, começando pela epistemologia de Educação em Engenharia. Esta área diz respeito à investigação sobre em que consiste o conhecimento específico em Educação em Engenharia e caracteriza-se por quatro temas de indagação:

- 1) Quais os conhecimentos, capacidades, processos, valores e atitudes que caracterizam a Educação em Engenharia como campo específico e como é que estes elementos mudam ao longo do tempo?
- 2) Como é que elementos como inovação, pensamento crítico, biologia, matemática, física, ciências de engenharia, resolução de problemas, design, análise, e comunicação se relacionam entre si para caracterizar um núcleo da engenharia como profissão?
- 3) Qual é a fonte destes elementos, e como são formados? A engenharia é caracterizada pelas pessoas que serve, os problemas a que dá resposta, o conhecimento

que utiliza para a resolução de problemas, os métodos de aplicação de conhecimento, ou pela sua relevância e impacto social?

4) Qual é a ligação entre o que se ensina aos alunos e como eles exercem a sua prática profissional em engenharia?

A segunda área definida no relatório acima referido diz respeito aos Mecanismos de Aprendizagem em engenharia e centra-se na forma como os conhecimentos, capacidades e atitudes dos alunos influenciam o que aprendem e de que forma aprendem. Neste domínio, os autores identificam três temas de indagação:

1) A aquisição, compreensão e sintetização de conhecimentos específicos necessários para atingir um determinado objetivos de aprendizagem .

2) A evolução demonstrada pelos alunos nos seus processos de aprendizagem em função da identidade profissional como engenheiro.

3) A variação entre diferentes alunos em termos de conhecimentos, capacidades e atitudes. O que impede, dificulta ou facilita a aprendizagem?

Outra área identitária da IEE identificada pelos mesmos autores é a dos Sistemas de Aprendizagem em engenharia. Esta área não diz respeito aos alunos ao nível individual, mas antes se dedica à cultura institucional, à sua infraestrutura e à epistemologia da docência em engenharia. Centra-se na aprendizagem e visa analisar elementos específicos dos processos de aprendizagem na área de engenharia sem se limitar a fundamentar-se unicamente na literatura relacionada com outras áreas, como por exemplo a literatura dedicada à aprendizagem no ensino básico e secundário e à aprendizagem em ciências. As questões centrais nesta área são os seguintes:

- 1) Que teorias pedagógicas podem fundamentar a comunidade de Educação em Engenharia nas suas decisões quanto ao sistema educacional (o currículo, as unidades curriculares, a estrutura organizacional, as práticas pedagógicas)?
- 2) Como se pode caracterizar a cultura de ensino nas engenharias (interação social, conceitos sobre ensino e aprendizagem, etc.)
- 3) Que teorias sistémicas podem orientar a sustentabilidade e a melhoria contínua dos sistemas de educação em engenharia nos diversos contextos? Esta questão também inclui a exploração da integração interdisciplinar com a engenharia de áreas disciplinares como as humanidades, as ciências sociais, as ciências naturais.

Os conceitos de “diversidade e inclusão” constituem o objeto da quarta área de IEE. As contribuições dos diversos talentos para as respostas aos desafios sociais e globais e a relevância da profissão são os temas desta área, centrando-se na relação entre engenharia e sociedade e na compreensão do papel da diversidade nos processos de, por exemplo, o trabalho em equipa, a criatividade, a inovação, o empreendedorismo e a liderança. Todos estes aspetos carecem de trabalho de investigação de forma a sustentar o desenvolvimento de uma comunidade diversificada de engenheiros e docentes em engenharia.

A quinta e última área traçada no relatório acima mencionado diz respeito à Avaliação em engenharia. Esta última área de investigação centra-se no desenvolvimento de métodos de avaliação, instrumentos e métricas que permitam informar a comunidade de Educação em Engenharia quanto à validade e ao impacto dos desenvolvimentos colocados no terreno. A avaliação, como aliás acontece noutros domínios educativos, é um elemento chave na melhoria contínua de Educação em Engenharia. Desenvolver métodos que permitem avaliar não só as aprendizagens dos alunos, mas também os

sistemas e modelos implementados é primordial no estabelecimento e validade do campo de investigação.

Analisando o trabalho de grupos de investigação e investigadores individuais em Portugal, verifica-se principalmente a presença de estudos na área de questões curriculares e pedagogia. Que conhecimentos e capacidades devem fazer parte do currículo dos cursos de engenharia, que métodos pedagógicos utilizar e como desenvolver a avaliação das aprendizagens (Fernandes Teixeira et al., 2007; Leite et al., 2011; Pinho-Lopes et al., 2011;) são as questões mais recorrentes. As questões relacionadas com a epistemologia, a inclusão, o género e a ética ainda não são estudadas de forma muito visível pelos investigadores nesta área em Portugal.

### **Crítérios de resultado**

As implicações da investigação para a prática são o último tipo de critérios discutidos por Fensham (2004). É provável, segundo o autor, que um dos resultados de investigação num campo específico cause impacto na prática nesse campo, ou seja, que a IEE seja influenciada pelos resultados da investigação. Na definição do impacto da investigação na prática da educação em engenharia dificilmente se distingue a influência da IEE como fator singular, uma vez que se trata de um campo interdisciplinar, em que diferentes áreas associadas ao ensino superior, como por exemplo a psicologia da aprendizagem e a pedagogia também podem ter impacto.

### **O contexto Português**

Um meta estudo que incluiu mais de 800 artigos de investigação empírica publicados entre 2005 e 2008 na área da IEE (Jesiek et al., 2011) e que tentou ser o mais abrangente

possível, demonstrou que mais de 50% dos artigos provinham de investigadores dos USA e da Austrália, enquanto a contribuição portuguesa não ultrapassava 1%. Jesiek fez também notar que a colaboração internacional entre os autores dos artigos analisados era baixa e as suas propostas preliminares no sentido de alterar este perfil não previam a inclusão de Portugal (Jesiek et al, 2010). Entre 2008 e 2011, o número de artigos em revistas como o *European Journal of Engineering Education*, o *Journal of Engineering Education*, o *International Journal of Engineering Education*, o *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* e o *IEEE Transactions on Education* quase não aumentou. Só se verifica um ligeiro aumento de número de artigos no *European Journal of Engineering Education*.

Consequentemente, numa altura em que um relatório geral da American Society of Engineering (ASEE), financiado pela US National Science Foundation (ASEE, 2009) apela à criação de uma ‘Culture for Scholarly and Systematic Innovation in Engineering Education’ pensamos que se trata de uma oportunidade para a academia portuguesa abraçar seriamente este domínio de conhecimento.

É igualmente de notar que a ASEE já em 2007 assumia a IEE como área disciplinar, justificando esta classificação com base na visão da National Academy of Engineering americana relativa ao perfil desejável do engenheiro em 2020 (National Academy of Engineering, 2005).

Na Austrália e em Inglaterra, a tendência é análoga no que diz respeito ao desenvolvimento do perfil de engenheiro no futuro e há um consenso abrangente acerca do facto de para que enfrentar estes desafios é essencial que se operem mudanças no ensino de engenharia que são transformacionais e não apenas incrementais. Neste sentido, os autores advogam a absoluta necessidade de, no contexto nacional do sistema

de ensino de engenharia, se desenvolver uma abordagem baseada em investigação educacional sistemática, com um rigor e grau de exigência semelhante ao que se exige nas disciplinas tradicionais de engenharia, mas com uma diversidade epistemológica que caracteriza um campo interdisciplinar como o que neste artigo é discutido. Douglas *et al.* (2010) alertam para a epistemologia parcial e a dominância paradigmática que pode dificultar a transição do campo para um paradigma mais interpretativo e defende uma discussão explícita das epistemologias e metodologias entre os investigadores.

O contributo das ciências de educação na discussão quanto à epistemologia é crucial para o desenvolvimento deste campo de investigação. Mas até agora, quer no nível internacional, quer em Portugal, o interesse em participar na IEE por parte dos investigadores em Ciências de Educação é reduzido. As razões para esta adesão ser limitada podem ser várias, destacando-se em primeiro lugar o pressuposto (quase preconceito) duma caracterização unicamente pos-positivista do campo, que deixa pouco espaço para uma investigação crítica. A este respeito, é relevante analisar o trabalho de Baillie (2009a, 2009b e 2009c), que incide de uma forma crítica sobre questões de justiça social, cidadania, ética, género e o ambiente e o papel que a engenharia e a ciência tiveram e deveriam ter. Este tipo de trabalhos, a que podemos acrescentar os exemplos de Beddoes & Borrego (2011), Jonassen & Young (2011) e Zandvoort (2008) são, por enquanto, exceções na IEE. Por isso, torna-se ainda mais relevante um envolvimento maior de investigadores da área de Ciências da Educação que podem e devem contribuir para a definição deste campo emergente e colocar na ordem do dia, para este campo de investigação, as mesmas questões que se colocam em outras áreas de ensino e aprendizagem. As questões de Aoki (1991), por exemplo, quanto à avaliação



curricular são muito relevantes no ensino superior e especialmente na formação de engenheiros, e que passamos a enunciar (Aoki, 1991, p.75):

1. Quais as perspectivas subjacentes a um dado currículo?
2. Quais as visões implícitas do planificador curricular sobre professores e alunos?
3. Ao nível de raiz, o currículo está a servir o interesse de quem?
4. Quais as metáforas que guiam o planificador, o implementador e o avaliador do currículo?
5. Quais os preconceitos básicos das editoras e dos autores de materiais/bibliografia recomendado?
6. Qual a visão do mundo que transparece do currículo?

Nas áreas de pedagogia, políticas educativas e filosofia, entre outras, verifica-se uma ausência idêntica dos investigadores em educação no campo de IEE.

### **Notas finais**

No contexto anteriormente descrito, e partindo do pressuposto que Portugal deveria acompanhar a tendência de desenvolvimento deste domínio de investigação que se tem vindo a verificar no resto do mundo, torna-se essencial o desenvolvimento de uma estratégia de cooperação nacional e internacional que permita a criação de massa crítica necessária para desenvolver projetos mais ambiciosos, estruturados e cujos resultados possam ser significativos. No âmbito nacional, é fundamental que os poucos investigadores que, em geral, têm vindo a desenvolver trabalho de forma isolada e esporádica, procurem estabelecer redes de cooperação que permitam aos seus projetos

ganhar a dimensão e o reconhecimento suficientes para granjear financiamento e se tornarem apelativos para investigadores de áreas como as Ciências da Educação e as Ciências Sociais, cuja cooperação, tal como já foi debatido nos parágrafos anteriores, pode ser um elemento extremamente valioso neste campo de investigação eminentemente transdisciplinar. A este respeito, cremos que, como Aditya Johri da Virginia Tech e Barbara Olds da US National Science Foundation ressaltam num recente artigo de opinião (Johri & Olds, 2011) existe um potencial significativa para a IEE tirar proveito do conhecimento já desenvolvido pela comunidade de ciências de aprendizagem. É de notar que as faculdades de ensino de engenharia das universidades de Purdue e Virginia Tech já contam com especialistas dessa área. Contudo, acreditamos que um trabalho em conjunto em Portugal entre investigadores das duas áreas possa permitir um processo de aprendizagem mútua com benéficos para ambas as partes.

No âmbito da cooperação internacional, curiosamente, há vários exemplos de participação continuada de investigadores portugueses em iniciativas, conferências e workshops internacionais dedicadas ao desenvolvimento da IEE, nomeadamente no contexto europeu. É o caso dos três autores deste artigo que entre si podem enunciar colaborações com o *SEFI Working Group on Research in Engineering Education*, a *Nordic Network on Research in Engineering Education*, o *British Special Interest Group on Research in Engineering Education*, a *Research in Engineering Education Network* (de âmbito mundial) e a Line B da EUGENE Academic Network, em cujo âmbito teve recentemente lugar a *European Summit on Research in Engineering Education*, em Leuven (Bélgica). Outros exemplos de cooperação internacional de

investigadores portugueses em instituições e redes ligadas à Educação em Engenharia de uma forma mais genérica poderão facilmente ser mencionados. É ainda importante referir a participação de vários investigadores portugueses em atividades de arbitragem científica em conferências internacionais e em revistas da área, como as já mencionadas *Journal of Engineering Education* e *European Journal of Engineering Education*. Aproveitar todos estes embriões de parcerias internacionais é imperioso, capitalizando as oportunidades que estas colocam para a participação em projetos de investigação com dimensão considerável e acompanhar assim a tendência internacional de desenvolvimento deste campo de investigação. Coordenar esforços de cooperação nacional com as parcerias internacionais descritas assume-se assim, na opinião dos autores, como uma prioridade para que Portugal não “perca o barco” neste domínio de investigação que se pode revelar estratégico para o desenvolvimento da formação em engenharia, por sua vez essencial para a resposta que as sociedades modernas poderão dar aos desafios de desenvolvimento tecnológico que se nos colocam. Para isso será preciso reconhecer o campo de IEE não como campo relacionado com a legitimação da globalização, centrado principalmente no crescimento económico, ou, de forma mais geral, de progresso meramente tecnológico, mas como campo que se pode preocupar também com a transformação social e individual sem limitar a tecnologia a uma interpretação da alienação ou do instrumentalismo (Verbeek, 2006). Reconhecer o papel do engenheiro na sociedade como *mediador do ambiente material* (Verbeek, 2006) e assim reconhecer que a formação dos engenheiros deve ser alvo de investigação e reflexão pode contribuir para uma maturação do campo de Investigação em Educação em Engenharia em Portugal.

## **Bibliografia**

- Adams, R., Evangelou, D. English, L., Dias de Figueiredo, A., Mousoulides, N., Pawley, A.L., Schifellite, C., Stevens, R., Svinicki, M., Trenor, J.M., & Wilson, D.M. (2011). Multiple Perspectives on Engaging Future Engineers. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 48-88.
- Aoki, T. (1991). Interests, knowledge, and evaluation: Alternative approaches to curriculum evaluation. In D. Hlynka & J. Belland (Eds.), *Paradigms regained* (pp. 23-35). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publication.
- Baillie (2009a). *Engineering and society: working towards social justice. part I: engineering and society*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers
- Baillie (2009b). *Engineering and society: working towards social justice part II: engineering: decisions in the 21st century*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers.
- Baillie (2009c). *Engineering and society: workingtowards social justice part III: engineering: windows on society*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers
- Beddoes, K., & Borrego, M. (2011). Feminist theory in three engineering education journals: 1995-2008. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 281-303.
- Borrego, M. (2007). Development of engineering education as a rigorous discipline: a study of the patterns of four coalitions. *Journal of Engineering Education*, 96(1), 5-18.
- Borrego, M., & Olds, B. (2011). Analysis of trends in United States National Science Foundation funding of engineering education: 1990-2010. *Proceedings of the*

*Research in Engineering Education Symposium* (pp. 168-175). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Douglas, E.P., Koro-Ljungberg, M., & Borrego, M. Challenges and promises of overcoming epistemological and methodological partiality: Advancing engineering education through acceptance of diverse ways of knowing. *European Journal of Engineering Education*, 35(3), 247-257.

Duderstadt, J. (2008). *Engineering for a changing world: a roadmap to the future of engineering practice, research and education*. Ann Arbor: The University of Michigan.

Fensham, P.J. (2004). *Defining an identity: the evolution of science education as a field of research*. New York. Springer Publishing Company.

Fernandes Teixeira, J. C., Ferreira da Silva, J., Flores, P. (2007). Development of mechanical engineering curricula at the University of Minho. *European Journal of Engineering Education*, 32(5), 539-549.

Fernandes, S. (2010). *Aprendizagem baseada em projectos no contexto do Ensino Superior: avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia*. Tese de doutoramento. Braga: Universidade do Minho.

Fortenberry, N. (2006). Guest editorial: an extensive agenda for engineering education research. *Journal of Engineering Education*, 95(1), 3-5.

Haghighi, K. (2005). Quiet no longer: birth of a new discipline. *Journal of Engineering Education*, 94 (4), 351-353.

Jesiek, , B.K., Borrego, M., Beddoes, K., Hurtado, M., Rajendran, P., & Sangam, D. (2011). Mapping Global Trends in Engineering Education Research, 2005–2008. *International Journal of Engineering Education*, 27(1), 77–90.

- Jesiek, B., Borrego, M., & Beddoes, K. (2010). Advancing global capacity for engineering education research: relating research to practice, policy and industry. *European Journal of Engineering Education*, 35(2), 117-134.
- Johri, A., & Olds, B. (2011). Situated Engineering Learning: Bridging Engineering Education Research and the Learning Sciences. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 151-185.
- Jonassen, D.H., Young, H.C. (2011). Fostering argumentation while solving engineering ethics problems. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 680-702.
- Leite, C., Mouraz, A., Trindade, R., Martins Ferreira, J.M., Faustino, A., Villate, J.E. (2011). A place for arguing in engineering education: a study on students' assessments. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 607-616.
- National Academy of Engineering. (2005). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Mesquita, D., Flores, M.A., & Lima, R.M. (2012, fevereiro). *Elementos para a análise do currículo no contexto do Ensino Superior. Um estudo de caso no Curso de Engenharia e Gestão Industrial*. Comunicação apresentada no XIX Colóquio Afirse, Lisboa.
- National Research Council. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oliveira, J.M & Estima de Oliveira, J.P. (2010). Important Problem Features for the Promotion of Conceptual Understanding in Introductory Electronics. In K.

- Rešetová (Ed.), *Proceedings of the Joint International IGIP-SEFI Annual Conference 2010*. Trnava: SEFI.
- Pinho-Lopes, M., Macedo, J., & Bonito, F. (2011). Cooperative learning in a Soil Mechanics course at undergraduate level. *European Journal of Engineering Education*, 36(2), 119-135.
- Radcliffe, D. (2006). Guest editorial: shaping the discipline of engineering education. *Journal of Engineering Education*, 95 (4), 263-264.
- Special report. The research agenda for the new discipline of engineering education. (2006). *Journal of Engineering Education*, 95(4), 259-261.
- van Hattum-Janssen, N. (2004). *A study of the influence of assessment on quality of student learning in engineering education*. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho.
- Verbeek, P.P. (2006). Tecnopólis: a vida pública dos artefactos tecnológicos. *Análise Social*, XLI(181), 1105-1125.
- Vieira, F., Almeida, J., & Silva, J. (2010). Transformar a Pedagogia: um percurso de indagação pedagógica na Universidade do Minho. In J.L Coelho-Silva, F. Vieira, A.A. Carvalho, M.A., Flores, I. Viana, I., J.C. Morgado, L.R. Oliveira, M.A. Moreira, S.M. da Silva, N van Hattum-Janssen, & P. Alves (Eds.). (Eds.), *Atas do Congresso Ibérico Ensino Superior em Mudança: Tensões e Possibilidades*. Braga: CIEed.
- Williams, B., & Figueiredo, J. (2011). Engineering practice – an empirical study. In J. Bernardino & J.C. Quadrado (Eds.), *Proceedings of the SEFI Annual Conference*. Lisbon: SEFI.

Zandvoort, H. (2008). Preparing engineers for social responsibility. *European Journal of Engineering Education*, 33(2), 133-140.