

EDUCATION'S DIGEST

Editores - Editors
Rui Eduardo Lopes, Pedro V. Teixeira

Edição - Issue
Primavera 2026 - Spring 2026
Terceira Edição - Third Edition

Março 2026 a Agosto 2026 -
March '26 to August '26
Capítulo de Educação Português do IEEE
IEEE Education Society Portugal Chapter

microeletrónica
MENTES MACRO

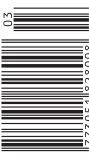
Na Educação do Amanhã



microelectronics
MACRO MINDS

In the Education of Tomorrow

SPRING 2026
#003 - 0.00€



IEEE
Education Society
Portugal Chapter

IEEE
PORTUGAL SECTION

EDUCATION'S DIGEST

EDITORS-IN-CHIEF Rui Eduardo Lopes
Pedro Veloso Teixeira

GRAPHIC DESIGN Rui Eduardo Lopes

PUBLISHER IEEE Portugal Section

NEWS MANAGER IEEE Education Society Portugal Chapter

INVITED CURATORS Pedro Rito

ADVERTISING PRODUCTION IEEE Portugal Section Communications

EDITORIAL CORRESPONDENCE IEEE Education Society Portugal Chapter, IEEE Portugal Section, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto, Portugal

COPYRIGHTS & TRADEMARKS Education's Digest is a brand created by the IEEE Education Society Portugal Chapter. Responsibility for the substance of articles rests upon the authors, not IEEE, the IEEE Education Society, its organizational units, or its members. Readers may post comments online; comments may be excerpted for publication. IEEE, its Education Society, and its Portuguese Chapter reserve the right to reject any advertising.



CHAIR Anikó Costa

VICE-CHAIRS Rui Eduardo Lopes
Pedro Veloso Teixeira

SECRETARY & TREASURER Pedro Pereira



CHAIR Carlos Ferreira

VICE-CHAIRS Davide Morgado
Eliana Silva
João Pedro Oliveira

SECRETARY Catarina Reis

TREASURER Diogo Pereira

SECTION COMMUNICATIONS communications@ieee-pt.org



PRESIDENT Arnold Pears

PRESIDENT-ELECT Diane Rover

JR. PAST PRESIDENT Martín Llamas Nistal

SR. PAST PRESIDENT Edmundo Tovar

SECRETARY Nael Barakat

TREASURER Abhishek Appaji

VP FOR CONF. & WORKSHOPS Diana Andone

VP FOR MEMBER. & GEO. ACTV. Rosa Maria Vasconcelos

VP FOR PUBLICATIONS Carina Soledad González

VP FOR ED. ACTIVITIES Babak D. Beheshti

VP FOR OUTREACH ACTIVITIES Ana Luna



DIRECTOR Dusanka Boskovic

DIRECTOR-ELECT Marko Delimar

PAST DIRECTOR Vincenzo Piuri

SECRETARY Ljupco Karadzinov

TREASURER Adam Jastrzebski

VICE-CHAIRS Habib Kammoun; Theodoros Panagiotis Chatzinikolaou; Tiziana Tambosso

ZONE REPRESENTATION Abdullateef Aliyu

EDITION Spring 2026 (3rd edition)

ISSN 3051-8288 (online) / 3051-8334 (print)

EDUCATION'S DIGEST (online ISSN 3051-8288 and print ISSN 3051-8334) is published biannually by The Institute of Electrical and Electronics Engineers Portugal Section. All rights reserved. © 2026 IEEE Portugal Section, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal. The editorial content of Education's Digest publication does not represent official positions of the IEEE or its organizational units. This publication cannot be sold. IEEE prohibits discrimination, harassment, and bullying. For more information, visit <https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p9-26.html>.

COVER (original image)
COVER (edition)
BACKGROUND IMAGE

Milad Fakurian, on Unsplash
Rui Eduardo Lopes
Beatriz Cattel on Unsplash



Nota Editorial

Editorial Note

Por Rui Eduardo Lopes e Pedro V. Teixeira · By Rui Eduardo Lopes and Pedro V. Teixeira.

doi: 10.5281/zenodo.18860683

Abrimos esta nova edição do Education's Digest depois do sucesso da edição anterior, de setembro de 2025, que nos conduziu não só para um aumento significativo de membros do Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE, como também conseguiu captar a atenção de mais de 500 leitores desde a sua publicação. Deixamos assim o nosso grande agradecimento a todos os leitores e membros que investiram em nós neste período, e para os quais nós esperamos continuar a atingir as expectativas.

Com este sucesso o Education's Digest toma uma nova forma, mais crescida e robusta, criando agora o conceito de linhas temáticas, para além de um conjunto de colunas que temos vindo a manter. Partindo de um conceito base, provocador, cujo mote é dado pela nossa capa, três primeiras linhas temáticas surgem assim a dar corpo ao nosso manifesto da educação como motor da engenharia: inclusão em educação; indústria na educação; e abordagens de ensino e aprendizagem. Cada uma destas linhas temáticas conta com um curador próprio que projeta, convida e alinha várias contribuições incluídas nesta edição.

O nosso primeiro curador convidado foi o Prof. Pedro Rito da Universidade de Aveiro e investigador no Instituto de Telecomunicações, que convidou, selecionou, reviu e alinou cinco excelentes contribuições na interação entre a Educação em Engenharia e a Indústria, nesta mais recente aproximação por vias da Microeletrónica. Partilha-se o comentário, opinião e a técnica de várias perspetivas, do mais local ao mais global, explorando as diversas aberturas e investimentos nacionais e europeus mais recentes, mas também os desafios que ainda restam fechar e resolver. Queremos expressar a nossa maior gratidão para este trabalho tão bem desempenhado de curadoria, que agora abre portas a novas edições e novas discussões e panoramas sobre a educação em engenharia.

Em relação à edição anterior aumentamos também o número de colunas, dando novos espaços, como uma coluna especial do grupo de afinidade dos Young Professionals.

A educação é, de facto, um dos grandes pilares de qualquer uma das engenharias, sendo ela também basilar na metodologia que define o nosso dia-a-dia pessoal e profissional, da academia à indústria. Desde a nossa primeira edição que tentamos dar corpo a esta ideia e esperamos que esta nova edição incorpore um pouco mais da relevância que ambos mundos partilham entre eles. É um fórum de discussão com a prova dos tempos: eis a terceira Education's Digest. 📧

We are launching this new edition of Education's Digest following the success of the previous edition, from September 2025, which led not only to a significant increase in members of the Portuguese Chapter of the IEEE Education Society, but also managed to capture the attention of more than 500 readers since its publication. We would like to express our sincere gratitude to all the readers and members who have invested in us during this period, and we hope to continue to meet their expectations.

With this success, Education's Digest takes on a new, larger and more robust form, now creating the concept of thematic lines, in addition to a set of columns that we have maintained. Starting from a basic, provocative concept, whose motto is given by our cover, three initial thematic lines emerge to embody our manifesto of education as an engine of engineering: inclusion in education; industry in education; and teaching and learning approaches. Each of these thematic lines has its own curator who designs, invites and aligns various contributions included in this edition.

Our first guest curator was Prof. Pedro Rito from the University of Aveiro and researcher at the Institute of Telecommunications, invited, selected, reviewed, and aligned five excellent contributions on the interaction between Engineering Education and Industry, in this most recent approach through Microelectronics. Commentary, opinion, and technique are shared from various perspectives, from the most local to the most global, exploring the various openings and most recent national and European investments, but also the challenges that still remain to be closed and resolved. We want to express our greatest gratitude for this well-performed curatorial work, which now opens doors for new editions and new discussions and panoramas on engineering education.

Compared to the previous edition, we have also increased the number of columns, giving new spaces, such as a special column for the Young Professionals affinity group.

Education is, in fact, one of the great pillars of any engineering field, and it is also fundamental to the methodology that defines our personal and professional daily lives, from academia to industry. Since our first edition, we have tried to give substance to this idea, and we hope that this new edition will incorporate a little more of the relevance that both worlds share. It is a discussion forum that has stood the test of time: this is the third Education's Digest. 📧

Licença · Licence

Este texto está protegido sob uma licença Creative Commons Attribution International 4.0.
This text is protected under a Creative Commons Attribution International 4.0 licence.





Notícias News

Nova Equipa do Capítulo de Educação toma posse para o biénio 2026-27 **6**

New Education Chapter Team takes office for the 2026-27 biennium

Artigos da Education's Digest passam a estar indexados por DOI **7**

Articles from Education's Digest are now indexed by DOI

O Capítulo Português tem uma nova Página Web com uma nova imagem **8**

The Portuguese Chapter has a new webpage and a new look

Estamos a organizar uma Sessão Especial na ICARSC 2026 **10**

We are organizing a Special Session for 2026 ICARSC

Chamada para Propostas em Projetos de Engenharia para a Comunidade **11**

Call for Proposals on Community Engineering Projects



LINHA TEMÁTICA
THEMATIC LINE

Inclusão Inclusion

Impactante Inclusão **12**

por Pedro V. Teixeira

Impactful Inclusion
by Pedro V. Teixeira

O desafio invisível da internacionalização universitária **14**

por Luis Lam

The invisible challenge of university internationalization
by Luis Lam

Uma Inclusão Tecnicamente Segura, Socialmente Desafiante **16**

por Alaa alZailaa

A Technically Safe, but Socially Challenging Inclusion
by Alaa alZailaa

Por detrás do Pipeline: A Repensar Desigualdades de Género nas STEM **18**

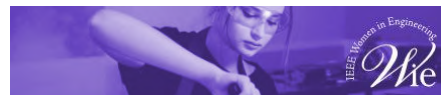
por Sanaz Nikghadam-Hojjati

Beyond the Pipeline: Rethinking Gender Inequality in STEM
by Sanaz Nikghadam-Hojjati



Coluna: Publicações da Sociedade de Educação em Destaque **28**

Column: Highlighted Publications from the Education Society



Coluna: Women in Engineering **32**

Women in Engineering Portugal: Conheça a Nossa Equipa

Column: Women in Engineering

Women in Engineering Portugal: Meet our Team

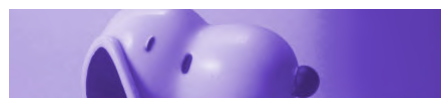


Coluna: Young Professionals **40**

Como a IA está a mudar o panorama do Ensino Superior

Column: Young Professionals

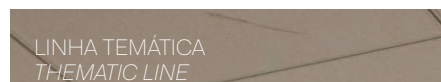
How AI is changing the Higher Education landscape



Coluna: Cartoon da Época **43**

por Rui Eduardo Lopes

Column: Cartoon of the Season
by Rui Eduardo Lopes



LINHA TEMÁTICA
THEMATIC LINE

Abordagens de Ensino e Aprendizagem Teaching and Learning Approaches

44

MUD cards como uma ferramenta de feedback **44**

por Rui Eduardo Lopes

MUD cards as a feedback learning tool

by Rui Eduardo Lopes

LINHA TEMÁTICA
THEMATIC LINE

Educação na Indústria *Education in Industry*

Microeletrónica *Microeletrónica*

curado por · curated by
Pedro Rito

54

**Microeletrónica e Semicondutores:
Construir o Futuro
com Talento e Curiosidade** 56
por Pedro Rito

*Microelectronics and Semiconductors:
Building the Future with Talent and
Curiosity*
by Pedro Rito

**Semicondutores em Portugal: conquistas,
desafios e o caminho para a próxima
década** 60
por Diogo Vaz

*Semiconductors in Portugal:
achievements, challenges, and the path to
the next decade*
by Diogo Vaz

**Europa garante futuro no setor dos
semicondutores com nova linha piloto
fotónica** 66
por Miguel Drummond

*Europe Secures Semiconductor Future with
New Photonic Pilot Line*
by Miguel Drummond

**Semicondutores em Portugal: O
Compromisso da Universidade de Aveiro
com o Futuro Tecnológico** 68
por Teresa Monteiro

*Semiconductors in Portugal: The
University of Aveiro's Commitment to the
Technological Future*
by Teresa Monteiro

HART: A Fazer Pontes 72
entre IA e Hardware

por Nuno Borges de Carvalho

*HART: Bridging the Gap Between AI and
Hardware*

by Nuno Borges de Carvalho

Ampliando o Acesso ao Desenho de Chips: 76
Desafios na Disponibilidade de

**Ferramentas EDA e o Aumento de
Ecossistemas em Código Aberto**
por Juan Moya

*Expanding Access to Chip Design:
Challenges in EDA Tool Availability and the
Rise of Managed Open-Source Ecosystems*
by Juan Moya



Coluna: Apoia-me 92

Apoia-me: Feedback a meio de um
semestre

Column: Support Me

Support Me: Mid-semester feedback



Coluna: Recomendações de Leitura 102
por Capítulo de Educação

Column: Reading Recommendations
by Education Chapter



Conferências com Apoio da Secção 108
Portuguesa

Portugal Section Supported Conferences



Agenda 110

Agenda



Nova Equipa do Capítulo de Educação toma posse para o biénio 2026-27

New Education Chapter Team takes office for the 2026-27 biennium

Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE · By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.18916566

Um novo ano começa, e sendo o início do biénio 2026-2027, ocorre uma nova tomada de posse por cada capítulo da Secção Portuguesa do IEEE (inclusive a própria). Não sendo exceção, a equipa do Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE renova a sua presença com os mesmos membros do biénio anterior.

Passaram-se dois anos de algumas conquistas, sendo que a maior foi o incrível aumento do número de membros associados, que atinge agora os 44, dos originais 30. Isto é reflexo não só da qualidade do trabalho que foi feito ao longo destes últimos dois anos, mas pelo esforço contínuo em tentar realçar o papel da Educação na jornada de quem se aventura pelo maravilhoso universo das Engenharias.

Ainda assim, 44 membros são poucos perante uma comunidade académica que é fortemente presente no contexto do IEEE e ainda menos perante os requisitos que são necessários ter estabelecidos para entrar no meio industrial: a Educação em Engenharia é essencial nestes dois ambientes. Esperamos, neste novo biénio, conquistar uma fatia maior deste nosso público-alvo e assim realçar o valor que todos, juntos, podemos criar.

Esta manutenção da equipa executiva do Capítulo vem com um sabor diferente: definiram-se pelouros por área da educação em engenharia por cada um dos seus membros executivos. Esta alteração confere-lhe capacidades para que possamos estabelecer, de um modo mais transversal, a discussão cada vez mais ativa da aprendizagem ao longo da vida. A Educação é um bem essencial que a sociedade cultiva desde o seu nascimento até ao fim dos nossos dias. A Educação em Engenharia deverá ser um reflexo desta visão e cultura, com os olhos postos na vida profissional (não necessariamente laboral).

A equipa do Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE é assim composta por Anikó Costa na posição de Chair, Rui Eduardo Lopes e Pedro Veloso Teixeira como Vice-Chairs, Pedro Pereira como Secretário e Tesoureiro, e Paulo Ferreira como Membro da Equipa Executiva. 📧

A new year begins, and as it is the start of the 2026-2027 biennium, each chapter of the IEEE Portuguese Section (including itself) is taking office again. Without exception, the team of the Portuguese Chapter of the IEEE Education Society renews its presence with the same members as in the previous biennium.

Two years of achievements have passed, the greatest of which was the incredible increase in the number of associate members, which now stands at 44, up from the original 30. This reflects not only the quality of the work that has been done over the last two years, but also the continuous effort to highlight the role of education in the journey of those who venture into the wonderful world of engineering.

Even so, 44 members are few in number compared to an academic community that is strongly present in the IEEE context, and even fewer in number compared to the requirements that must be met to enter the industrial environment: Engineering Education is essential in both of these environments. In this new two-year period, we hope to reach a larger portion of our target audience and thus highlight the value that we can all create together.

This maintenance of the Chapter's executive team comes with a different flavor: areas of responsibility for engineering education have been defined for each of its executive members. This change gives us the ability to establish, in a more cross-cutting way, an increasingly active discussion of lifelong learning. Education is an essential asset that society cultivates from birth to the end of our days. Engineering education should reflect this vision and culture, with an eye on professional life (not necessarily work).

The team of the Portuguese Chapter of the IEEE Education Society is composed of Anikó Costa as Chair, Rui Eduardo Lopes and Pedro Veloso Teixeira as Vice-Chairs, Pedro Pereira as Secretary and Treasurer, and Paulo Ferreira as Member of the Executive Team. 📧

Artigos da Education's Digest passam a estar indexados por DOI

Articles from Education's Digest are now indexed by DOI

Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE · By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.18916592

O Education's Digest está a crescer. Esta terceira edição é a primeira que é publicada com os seus diversos artigos antecipadamente registados com um digital object index (DOI), devidamente atribuído pelo Zenodo.

O trabalho que aqui é publicado, semestralmente, é fruto de uma contribuição de uma comunidade, aberta, que expõe opiniões e publica resultados de experiências conduzidas com relações com engenharia em educação. Desta forma, e com a devida aceitação dos seus autores (em tempo de submissão), cada artigo é publicado num repositório público e sob uma licença da Creative Commons CC BY-NC-ND (Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações). Esta licença é a mais restritiva das licenças Creative Commons, permitindo que outros descarreguem e partilhem a obra, mas não a modifiquem ou a utilizem comercialmente, exigindo, ao mesmo tempo, a devida atribuição.

O Zenodo é o repositório que não só nos faculta o armazenamento, como também a indexação e a atribuição dos DOI, que nos permitem a gestão de citações e outras referências dos artigos dentro da comunidade académica. Aquando do registo de uma submissão no Education's Digest, e opcionalmente por cada um dos autores, poderá inclusivamente ser feita a associação de ORCID aos artigos.

Esta é uma novidade que abre portas para um leque mais alargado de submissões, especialmente agora que abrimos o nosso portal de submissões para o público-geral. Para mais informações consulte a página oficial da nossa publicação em site.ieee.org/portugal-es/educations-digest.

Education's Digest is growing. This third edition is the first to be published with its various articles pre-registered with a digital object index (DOI), duly assigned by Zenodo.

The work published here, twice a year, is the result of contributions from an open community that expresses opinions and publishes the results of experiments conducted in relation to engineering in education. Thus, with the authors' consent (at the time of submission), each article is published in a public repository under a Creative Commons CC BY-NC-ND (Attribution-NonCommercial-NoDerivative) license. This license is the most restrictive of the Creative Commons licenses, allowing others to download and share the work, but not to modify or use it commercially, while requiring proper attribution.

Zenodo is the repository that not only provides us with storage, but also indexing and DOI assignment, which allows us to manage citations and other references to articles within the academic community. When registering a submission in Education's Digest, and optionally by each of the authors, ORCID can even be associated with the articles.

This is a new feature that opens the door to a wider range of submissions, especially now that we have opened our submission portal to the general public. For more information, visit the official page of our publication at site.ieee.org/portugal-es/educations-digest.

Figura 1 A página do Education's Digest no Zenodo.
Figure 1 The page of Education's Digest at Zenodo.

The screenshot shows the Zenodo interface for the 'Education's Digest' project. At the top, there's a search bar and navigation links for 'Communities' and 'My dashboard'. The project page includes a 'New upload' button and tabs for 'Records' and 'Members'. A search bar indicates '16 results found'. On the left, there are filters for 'Versions' (with 'September 1, 2025 (v1)' selected) and 'Access status' (with 'Open' selected). The main content area shows a record titled 'A Trip through the Education Society' with a description: 'IEEE Spanish Education Society Chapter: IEEE Portuguese Education Society Chapter'. It also notes 'No description', 'Part of Education's Digest', and 'Uploaded on January 15, 2026 | Published in: Education's Digest, 2, 22-27, 2025'. There are 22 views and 7 downloads for this record.

O Capítulo Português tem uma nova Página Web com uma nova imagem

The Portuguese Chapter has a new webpage and a new look

Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE - By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.18916609

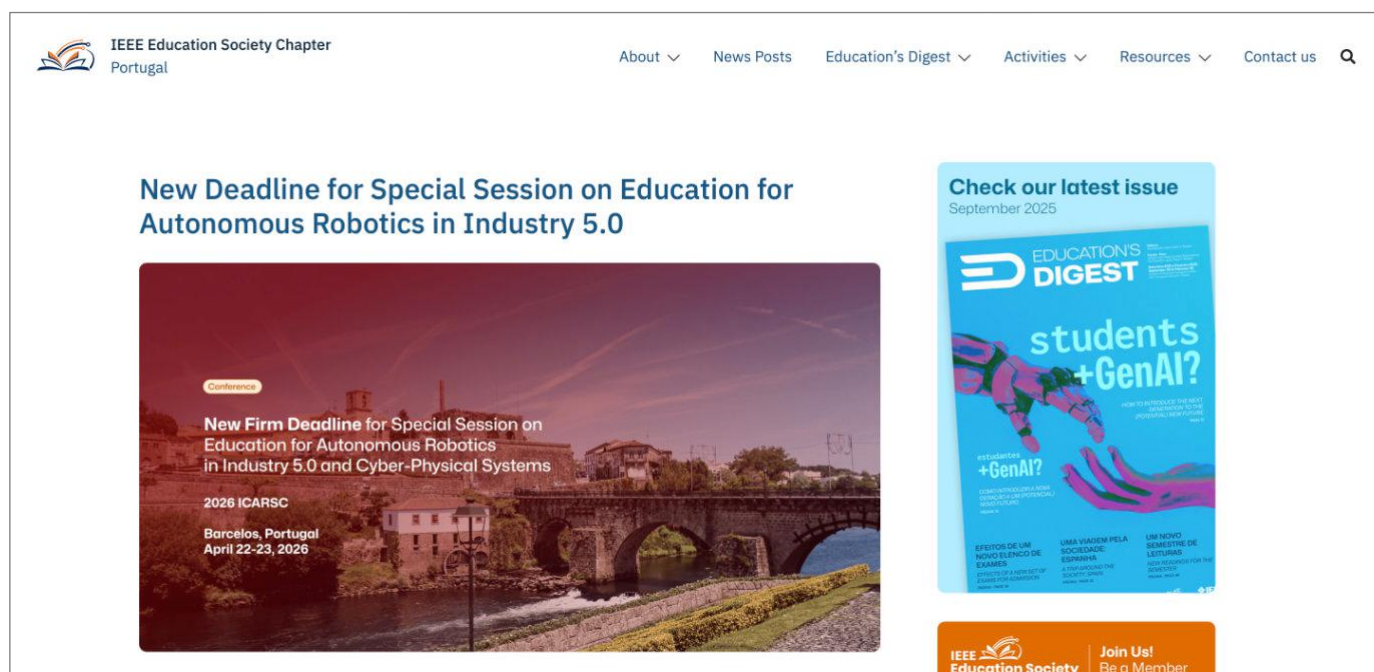


Figura 1 A nova página principal do Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE.

Figure 1 The new homepage of the IEEE Portuguese Education Society Chapter.

Com o arranque do mais recente mandato em 2026, e depois da experiência já consolidada de anos anteriores, o Capítulo Português da Sociedade de Educação voltou a investir na sua imagem e nos seus canais de comunicação, apresentando-se novamente com uma cara mais fresca à comunidade através da sua nova página web.

A nossa página, acessível em site.ieee.org/portugal-es exhibe agora, e de forma regular, vários conteúdos promovidos pelo Capítulo de Educação e por outros capítulos da Secção Portuguesa do IEEE, assim como outras entidades relacionadas, desde que relativas à temática de Engenharia e Educação.

Acompanhada da página oficial no LinkedIn, a página oficial do Capítulo não só contará com atualizações das várias atividades e eventos, como também tem agora uma página exclusiva para assuntos relacionados com o Education's Digest, a nossa publicação semestral, e páginas exclusivas para os vários *Call for Papers* e *Call for Submissions* que executaremos ao longo do tempo.

Não obstante, na nossa página também poderá, a partir de agora, encontrar o resultado de várias iniciativas que agora iniciamos de coleção de recursos úteis para a aplicação de abordagens ao ensino e ferramentas de apoio, assim como outras associações e sociedades relacionadas com a educação e a engenharia, quer dentro, como fora do IEEE.

With the start of our latest term in 2026, and following on from the consolidated experience of previous years, the Portuguese Chapter of the Education Society has once again invested in its image and communication channels, presenting itself to the community with a fresh new look through its new website.

Our website, accessible at site.ieee.org/portugal-es, now regularly displays various content promoted by the Education Chapter and other chapters of the Portuguese Section of the IEEE, as well as other related entities, provided that they are related to the theme of Engineering and Education.

Accompanied by the official LinkedIn page, the Chapter's official website will not only feature updates on various activities and events, but also now has an exclusive page for matters related to Education's Digest, our biannual publication, and exclusive pages for the various *Calls for Papers* and *Calls for Submissions* that we will be running over time.

Nevertheless, on our page you will also be able to find the results of various initiatives we are now starting to collect useful resources for the application of teaching approaches and support tools, as well as other associations and societies related to education and engineering, both within and outside the IEEE.

If you have not yet visited our page, please accept our invitation and visit us at site.ieee.org/portugal-es. If

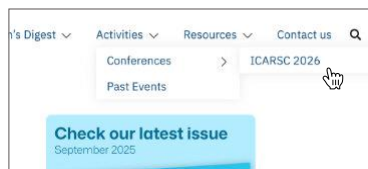


Figura 2 Informações sobre as nossas atividades têm agora um destaque na menu da página.

Figure 2 Information about our activities are now highlighted in the top bar of the page.



Figura 3 A Education's Digest tem agora uma página própria com todas as informações para autores, leitores, e uma plataforma de submissão.

Figure 3 Education's Digest now have its own page with information for authors, readers, and also a submission platform.

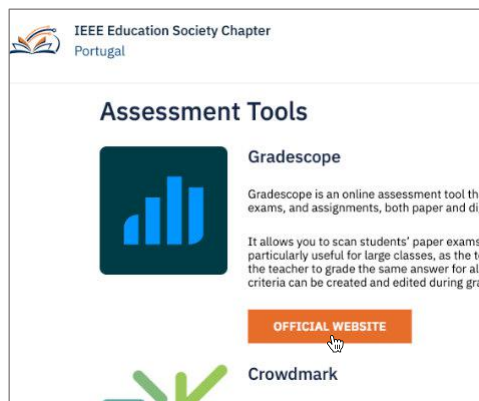


Figura 4 Vários recursos educativos, assim como plataformas, como as referidas na coluna "Apoia-me", do Education's Digest, estarão sempre listadas numa página própria.

Figure 4 Several educational resources, as well as platforms, such as those mentioned in the "Support Me" column, will always be listed in its proper page.

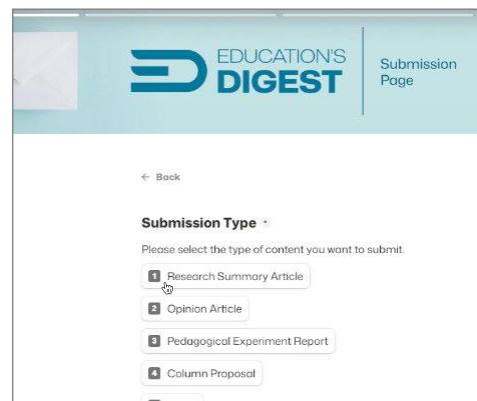


Figura 5 A plataforma de submissão permite que haja resposta às chamadas de submissão abertas para novos artigos e propostas de conteúdo para a Education's Digest.

Figure 5 The submission platform allows responses to open calls for submissions for new articles and content proposals for Education's Digest.

IEEE Education Society

A IEEE Education Society foi fundada em 1957, sendo uma sociedade mundial de milhares de profissionais dedicados a garantir educação de alta qualidade em ciência e engenharia. Os nossos membros envolvem os alunos todos os dias, pesquisam e propõem novas teorias nos processos de ensino-aprendizagem em ciência, desenvolvendo novas tecnologias e inovações na prática em sala de aula.

Junta-se na nossa comunidade como membro é uma porta para o diálogo que a sociedade ajuda a promover. Se for professor, aluno ou tiver qualquer outro perfil que veja a educação como algo contínuo na vida de um Engenheiro, então desafiamos a que se junte a nós, permitindo-nos que possamos trabalhar em comunidade por um melhor impacto da educação em ciência e engenharia.

A adesão à Sociedade dura um ano civil, de 1 de janeiro a 31 de dezembro. É possível aderir a qualquer momento, com taxas proporcionais ao mês de adesão.

Subscrição para Membro Profissional: \$22.00

Subscrição para Estudante: \$1.00

Subscrição para não-membro IEEE: \$103.00

Junte-se a nós! Join us!

The IEEE Education Society was founded in 1957 and is a global society of thousands of professionals dedicated to ensuring high-quality science and engineering education. Our members engage students every day, research and propose new theories in science teaching and learning, and develop new technologies and innovations in the classroom.

Joining our community as a member is a gateway to the dialogue that the society helps to promote. If you are a teacher, student, or have any other profile that sees education as an ongoing part of the life of an engineer, then we invite you to join us, allowing us to work together to improve the impact of science and engineering education.

Education Society membership lasts one calendar year, from January 1 to December 31. You can join anytime, with fees prorated according to your start month.

Professional Member Membership: \$22.00

Student Membership: \$1.00

Non-IEEE Member Membership: \$103.00

Estamos a organizar uma Sessão Especial na ICARSC 2026

We are organizing a Special Session for 2026 ICARSC


Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE · By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.19065877

Repetindo a nossa contribuição na realização do IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC) de 2025, este ano voltámos a criar uma sessão especial, desta feita orientada ao tópico "Education for Autonomous Robotics in Industry 5.0 and Cyber-Physical Systems".

O mundo tem tornado cada vez mais relevante a tendência da automação das coisas, criando assim muito comum a aplicação de paradigmas de sistemas ciber-físicos em meios quer industriais, quer mais comuns, como são os cenários de cidades inteligentes, transportes públicos, entre outros. Assim encontramos esta necessidade de explorar esta temática no contexto desta conferência onde a robótica é o pano de fundo natural.


Apesar dos esforços, o ano passado não exibiu um resultado muito positivo em termos de número de artigos apresentados e publicados, resultado que acabou por se tornar um pouco mais negativo nesta mais recente edição, em que apenas 1 artigo foi aceite na nossa Sessão Especial e será apresentado nos próximos dias 22 e 23 de abril, em Barcelos, Portugal.

Não obstante, há que deixar o nosso devido agradecimento à equipa do *program committee* que, mais uma vez, se pautou pela excelência e rigor na hora de rever os vários trabalhos que foram submetidos. Deixamos assim o nosso agradecimento a Pedro Pereira (da Universidade Nova de Lisboa), Pedro Teixeira (da XX), Benedita Malheiro (do Instituto Superior de Engenharia do Porto e do INESC TEC), Manuel Silva (do Instituto Superior de Engenharia do Porto e do INESC TEC), e Fernando Silva (da Universidade Portucalense). 

Repeating our contribution to the organization of the 2025 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), this year we have once again created a special session, this time focused on the topic "Education for Autonomous Robotics in Industry 5.0 and Cyber-Physical Systems".

The world has made the trend of automating things increasingly relevant, thus making the application of cyber-physical systems paradigms very common in both industrial and more common environments, such as smart cities, public transport, among others. Thus, we found this need to explore this theme in the context of this conference where robotics is the natural backdrop.

Despite the efforts, last year did not show a very positive result in terms of the number of papers presented and published, a result that ended up becoming a little more negative in this most recent edition, in which only 1 paper was accepted in our Special Session and will be presented on April 22nd and 23rd in Barcelos, Portugal.

Nevertheless, we must express our sincere gratitude to the program committee team, which once again demonstrated excellence and rigor in reviewing the various submitted works. We would like to thank Pedro Pereira (from Universidade Nova de Lisboa), Pedro Teixeira (from XX), Benedita Malheiro (from Instituto Superior de Engenharia do Porto and INESC TEC), Manuel Silva (from Instituto Superior de Engenharia do Porto and INESC TEC), and Fernando Silva (from Universidade Portucalense). 



Chamada para Propostas em Projetos de Engenharia para a Comunidade


Call for Proposals on Community Engineering Projects

Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE · By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.19065991


O EPICS do IEEE está a convidar os estudantes a submeter propostas para projetos de engenharia inovadores, liderados por estes, que abordem as necessidades tecnológicas específicas das suas comunidades locais. Este programa incentiva as equipas a conceber e implementar soluções técnicas que criem impacto local identificável, ao mesmo tempo que promovem o bem social. Para participar, os estudantes formam equipas e devem identificar um desafio na sua comunidade, assim como estabelecer uma parceria com uma organização local sem fins lucrativos para desenvolver uma solução viável.

Para apoiar estas iniciativas, os projetos selecionados podem receber até \$10.000 de financiamento, além do acesso a uma mentoria profissional e recursos técnicos. Todos os projetos propostos devem ser concebidos para serem concluídos no prazo de um ano e devem envolver membros do IEEE. Além disso, o programa incentiva fortemente a colaboração com as Secções do IEEE (como a Portuguesa), e o Capítulo Português da Sociedade de Educação está disponível para apoiar submissões de propostas em colaboração connosco.

O período formal para a submissão de propostas é de 1 de março a 1 de maio de 2026. Os estudantes interessados em candidatar-se podem encontrar mais informações em epics.ieee.org/resources e podem enviar-nos uma mensagem caso desejem a nossa colaboração na sua proposta. 

EPICS in IEEE is currently inviting students to submit proposals for innovative, student-driven engineering projects that address the specific technological needs of their local communities. This program encourages teams to design and deploy technical solutions that create a measurable local impact while fostering social good. To participate, student teams must identify a challenge within their community and partner with a local non-profit organization to develop a viable solution.

To support these initiatives, selected projects are eligible to receive up to US\$10,000 in funding, along with access to professional mentorship and technical resources. All proposed projects must be designed for completion within a one-year timeframe and must involve IEEE members. Furthermore, the program strongly encourages collaboration with local IEEE Sections, and the Portuguese Education Society Chapter is available for such support on the proposal.

The formal window for submitting proposals is from March 1 to May 1, 2026. Students interested in applying can look for more information on epics.ieee.org/ resources and may send us a message if they want us to collaborate on the proposal. 



IEEE Education Week™

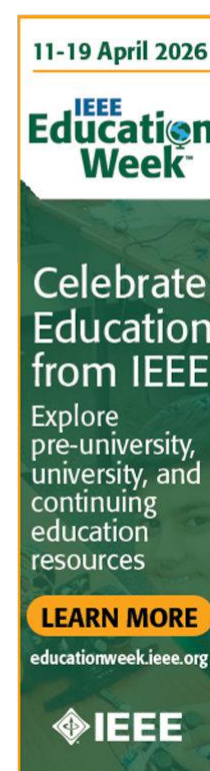
A celebrar o impacto do IEEE nas STEM Pré-Universitárias, nas Universidades, e na Educação Profissional Contínua.

Celebrating IEEE's impact in Pre-University STEM, University and Continuing Professional Education.

- Aumentar a visibilidade de ofertas educativas ao juntar-se a +100 OUs globais
- Coleção de eventos educativos ao vivo/virtuais
- Ofertas especiais e descontos nas iniciativas de educação do IEEE
- Destaques de recursos educativos pelo IEEE
- Focado dentro de educationweek.ieee.org

- Increase visibility of educational offerings by joining 100+ IEEE Operating Units globally
- Collection of live/virtual educational events
- Special offers and discounts on IEEE education
- Resources highlighting education endeavors across IEEE
- Centered around educationweek.ieee.org

Para mais informações contactar · For more information contact: educationweek@ieee.org



11-19 April 2026


IEEE Education Week™

Celebrate Education from IEEE

Explore pre-university, university, and continuing education resources

LEARN MORE

educationweek.ieee.org



Impactante Inclusão

Impactful Inclusion

Edição da Linha Temática em Inclusão por Pedro Veloso Teixeira
Editing of the Thematic Line on Inclusion by Pedro Veloso Teixeira

This image is courtesy of Nadine E. on Unsplash.



Há que saber receber, para saber fazer valer

One must know how to receive, to know how to make it count

Poucos são os tópicos que se mantêm em discussão contínua como a inclusão. No meio de um conceito tão universal, é comum cometermos o erro de olhar apenas para as suas dimensões mais debatidas mediaticamente, como a integração de migrantes ou a discriminação de género. No meio educativo, e no ensino superior em particular, os problemas de inclusão assumem contornos muitas vezes invisíveis, mas com profundo impacto na vida dos estudantes.

Este debate ramifica-se em várias direções. Por um lado, enfrentamos o desafio da **internacionalização**, em que a mobilidade global traz alunos de contextos económicos e tecnológicos muito distintos. A inclusão não se resume a abrir portas e a aumentar as estatísticas de alunos estrangeiros. É fundamental garantir que estes estudantes, muitas vezes oriundos de sistemas com escassez de recursos mas com elevada

Few topics remain under continuous discussion like inclusion. Amidst such a universal concept, it's common to make the mistake of focusing only on its most debated dimensions in the media, such as the integration of migrants, or gender discrimination. In the educational environment, and in higher education in particular, inclusion issues often take on invisible forms, but with a profound impact on students' lives.

This debate branches out in several directions. On the one hand, we face the challenge of internationalization, where global mobility brings students from very different economic and technological backgrounds. Inclusion is not just about opening doors and increasing the number of foreign students. It is fundamental to ensure that these students, often from resource-scarce systems but with high technical capacity, receive the necessary support to adapt to a

capacidade técnica, recebam o apoio necessário para se adaptarem a um ecossistema de alta tecnologia, sem comprometer a sua integração ou os padrões de excelência europeus.

Por outro lado, persiste a **desigualdade de gênero**, especialmente flagrante nas áreas STEM. Embora o meio acadêmico tente assentar sobre o mérito, a realidade mostra que estruturas institucionais antigas, enviesamentos culturais e expectativas estereotipadas continuam a criar obstáculos invisíveis. A verdadeira equidade no ensino superior vai muito além da igualdade de oportunidades formais; exige uma transformação dos sistemas para que todos os talentos se sintam representados e justamente avaliados.

Num primeiro artigo, Luis Lam relata a sua experiência como estudante oriundo de Cuba, um país onde o acesso generalizado à Internet se tornou realidade apenas em 2018. O autor destaca o *choque tecnológico* sentido por muitos estudantes internacionais de países em desenvolvimento ao chegarem aos laboratórios

high-tech ecosystem without compromising their integration or European standards of excellence.

On the other hand, gender inequality persists, especially blatantly in STEM fields. Although academia attempts to base itself on merit, reality shows that outdated institutional structures, cultural biases, and stereotypical expectations continue to create invisible obstacles. True equity in higher education goes far beyond formal equality of opportunity; it requires a transformation of systems so that all talents feel represented and fairly evaluated.

In an initial article, Luis Lam recounts his experience as a student in Cuba, a country where widespread internet access only became a reality in 2018. The author highlights the technological shock experienced by many international students from developing countries upon arriving at advanced European laboratories. Lam argues that the transition is not immediate and advocates for the creation of adaptation programs, reminding us that internationalization should be measured by the quality of the academic experience, not just the number of enrollments.



avançados europeus. Lam argumenta que a transição não é imediata e defende a criação de programas de adaptação, lembrando-nos que a internacionalização deve ser medida pela qualidade da experiência acadêmica, e não apenas pelo número de matrículas.

Esta reflexão é complementada por Alaa alZailaa, que aborda a sua transição acadêmica da Síria para Portugal. Sublinha-se que os estudantes com recursos limitados desenvolvem fortes bases teóricas e resiliência na resolução de problemas, mas deparam-se com enormes exigências ao entrarem num ecossistema tecnológico mais avançado. Neste contexto, alZailaa foca-se na dimensão social da integração, salientando que o incentivo a atividades extracurriculares e a atitude naturalmente acolhedora dos estudantes portugueses são pontes essenciais para o sucesso dos recém-chegados.

Por fim, Sanaz Nikghadam-Hojjati redireciona a discussão para as barreiras às mulheres nas ciências e tecnologias. Desconstrói-se o fenómeno do *pipeline com fugas*, analisando como sinais culturais precoces, preconceitos subtis na sala de aula e culturas de trabalho inflexíveis, contribuem para o abandono do talento feminino. Para combater esta realidade, olhamos para iniciativas como a WoSTEM, pela importância crítica de construir redes de mentoria, recordando-nos que equipas diversas geram soluções mais criativas e impulsionam a inovação técnica.

This reflection is complemented by Alaa alZailaa, who discusses her academic transition from Syria to Portugal. It is noteworthy that students with limited resources develop strong theoretical foundations and resilience in problem-solving, but face enormous demands when entering a more advanced technological ecosystem. In this context, alZailaa focuses on the social dimension of integration, highlighting that the encouragement of extracurricular activities and the naturally welcoming attitude of Portuguese students are essential bridges to the success of newcomers.

Finally, Sanaz Nikghadam-Hojjati redirects the discussion to the barriers faced by women in science and technology. The phenomenon of the leaky pipeline is deconstructed, analyzing how early cultural signals, subtle classroom biases, and inflexible work cultures contribute to the abandonment of female talent. To combat this reality, we look to initiatives like WoSTEM, for the critical importance of building mentoring networks, reminding us that diverse teams generate more creative solutions and drive technical innovation.

O desafio invisível da internacionalização universitária

The invisible challenge of university internationalization

Por Luis Lam · By Luis Lam

doi: 10.5281/zenodo.18916922



Luis Lam

Luis Lam obteve a Licenciatura em Engenharia Automática pela Universidade Tecnológica de Havana (UTH), Cuba, em 2017, onde também trabalhou como professor. Mestre pela Universidade de Jaén, Espanha, em 2022, atualmente, é candidato a Doutor no Centro de Investigação CISTER, no Porto, Portugal.

Luis Lam received the bachelor's degree in Automatic Engineering from the Technological University of Havana (UTH), Cuba, in 2017, where he also served as professor. He received the M.Sc. degree from the University of Jaén, Spain, in 2022. He is currently a Ph.D. candidate at the CISTER Research Centre, Porto, Portugal.

Todos os anos, as universidades portuguesas abrem as suas portas a um número crescente de estudantes estrangeiros. Chegam de diferentes partes do mundo com uma expectativa comum: aceder a uma educação de qualidade, própria de um país desenvolvido, com padrões académicos reconhecidos a nível europeu. Portugal tornou-se, assim, um destino atrativo não apenas pela sua história e cultura, mas também pela solidez do seu sistema de ensino superior.

No entanto, por detrás desta internacionalização celebrada em números e estatísticas, existe uma realidade menos visível: o profundo choque tecnológico enfrentado por muitos destes estudantes.

Uma parte significativa do corpo discente internacional provém de países do chamado Terceiro Mundo ou de nações em vias de desenvolvimento, onde o acesso a recursos tecnológicos tem sido historicamente limitado. Não se trata de falta de talento ou de motivação, mas de contextos estruturais profundamente distintos. Em muitos casos, a formação universitária constrói-se sobre a base da escassez.

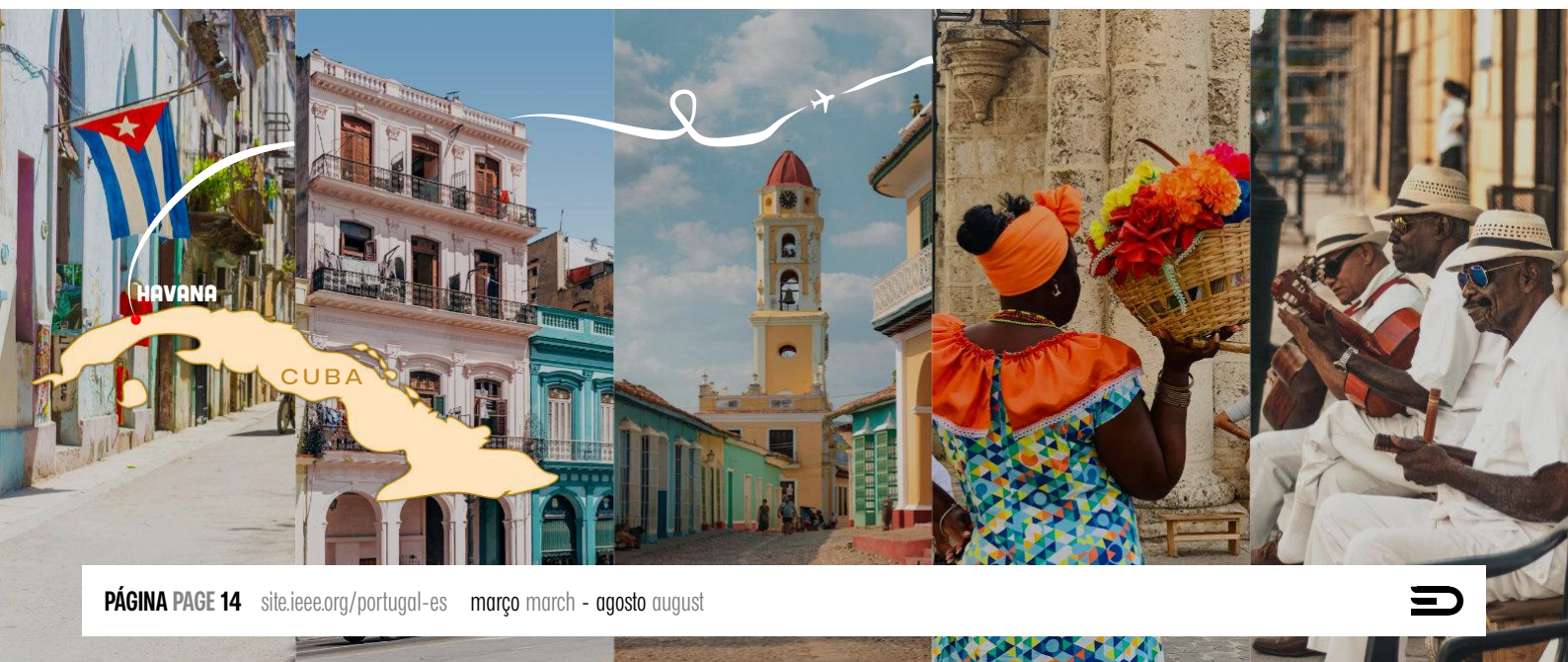
A minha própria experiência é

Every year, Portuguese universities open their doors to a growing number of foreign students. They arrive from different parts of the world with a common expectation: to access quality education, typical of a developed country, with academic standards recognized at European level. Portugal has thus become an attractive destination not only for its history and culture, but also for the strength of its higher education system.

However, behind this internationalization celebrated in numbers and statistics, there is a less visible reality: the profound technological shock faced by many of these students.

A significant portion of the international student body comes from so-called Third World countries or developing nations, where access to technological resources has historically been limited. It is not a question of lack of talent or motivation, but of profoundly different structural contexts. In many cases, university education is built on a foundation of scarcity.

My own experience is an example of this. I am from Cuba, a country where widespread access to the Internet only became a reality in 2018. I learned to



exemplo disso. Sou oriundo de Cuba, um país onde o acesso generalizado à Internet só se tornou uma realidade em 2018. Aprendi a programar utilizando microcontroladores dos anos 80 e a trabalhar com PLCs exclusivamente através de simuladores, pois não existia acesso a equipamentos reais. A criatividade e a capacidade de adaptação tornaram-se ferramentas essenciais para suprir aquilo que a tecnologia não podia oferecer.

Por essa razão, a entrada numa universidade de um país desenvolvido representa muito mais do que uma mudança de idioma ou de costumes. É, sobretudo, um salto tecnológico abrupto. Laboratórios totalmente equipados, plataformas digitais avançadas, acesso ilimitado a bibliografia online e ferramentas que antes existiam apenas em teoria. Para muitos estudantes estrangeiros, esta transição não é imediata ou simples.

Coloca-se então uma questão fundamental: estarão as universidades preparadas para acompanhar este processo sem comprometer a excelência académica?

Uma educação verdadeiramente inclusiva não significa baixar o nível nem abdicar dos padrões europeus que caracterizam o ensino superior em Portugal. Significa, antes, reconhecer a diversidade dos pontos de partida e garantir que todos os estudantes tenham uma oportunidade real de assimilar as novas tecnologias. Programas de adaptação, formação inicial em ferramentas essenciais e uma maior sensibilidade institucional podem fazer a diferença entre a integração efetiva e uma exclusão silenciosa.

A internacionalização universitária não deve ser medida apenas pelo número de estudantes estrangeiros matriculados, mas pela qualidade da sua experiência académica. Integrar é também ensinar a navegar num ambiente tecnológico desconhecido, construir pontes e não apenas exigir resultados.

Porque por detrás de cada estudante estrangeiro existe uma história de esforço, de aprendizagem em condições adversas e de aspirações legítimas. Reconhecer esse percurso não fragiliza a universidade: fortalece-a, torna-a mais justa e, acima de tudo, mais humana. 📧

program using microcontrollers from the 1980s and to work with PLCs exclusively through simulators, as there was no access to real equipment. Creativity and adaptability became essential tools to make up for what technology could not offer.

For this reason, entering a university in a developed country represents much more than a change of language or customs. Above all, it is an abrupt technological leap. Fully equipped laboratories, advanced digital platforms, unlimited access to online bibliographies, and tools that previously existed only in theory. For many foreign students, this transition is neither immediate nor simple.

This raises a fundamental question: are universities prepared to accompany this process without compromising academic excellence?

A truly inclusive education does not mean lowering standards or abandoning the European standards that characterize higher education in Portugal. Rather, it means recognizing the diversity of starting points and ensuring that all students have a real opportunity to assimilate new technologies. Adaptation programs, initial training in essential tools, and greater institutional sensitivity can make the difference between effective integration and silent exclusion.

University internationalization should not be measured solely by the number of foreign students enrolled, but by the quality of their academic experience. Integrating also means teaching students to navigate an unfamiliar technological environment, building bridges, and not just demanding results.

Because behind every foreign student there is a story of effort, of learning in adverse conditions, and of legitimate aspirations. Recognizing this journey does not weaken the university: it strengthens it, makes it fairer, and, above all, more humane. 📧

Imagens • Images

Alexander Kunze, Daniel Seßler, XH_S, Spencer Everett, Jana Vandamme, Ban Yido, K. Mitch Hodge, Andres Garcia, Eugene Zhyvchik and Jorge Fernández Salas, on Unsplash.



Uma Inclusão Tecnicamente Segura, Socialmente Desafiante

A Technically Safe, but Socially Challenging Inclusion

Por Alaa alZailaa · By Alaa alZailaa

doi: 10.5281/zenodo.19055834



Alaa alZailaa

Alaa alZailaa licenciou-se em Engenharia de Tecnologias de Informação pela Universidade de Damasco, na Síria, em 2014, e é Mestre em Engenharia Informática e Telemática pela Universidade de Aveiro. Frequenta o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica na Universidade de Aveiro e é Investigador no Instituto de Telecomunicações. Os seus interesses incluem a gestão de recursos orientada por IA, arquiteturas *fog* e *cloud*, IoT e sistemas RAN inteligentes.

Alaa alZailaa received his Bachelor's degree in Information Technology Engineering from Damascus University, Syria, in 2014. Master in Computer and Telematics Engineering from the University of Aveiro, Portugal, currently is pursuing a Ph.D. in Electrical Engineering at the University of Aveiro. Researcher at the Instituto de Telecomunicações in Aveiro. His interests include AI-driven resource management, fog-cloud architectures, IoT, and intelligent RAN systems.

O meu caminho rumo à engenharia começou na Síria, onde o desejo de compreender e construir sistemas tecnológicos necessitava, muitas vezes, de crescer num contexto de recursos limitados.

Em muitas universidades e institutos técnicos sírios, a aprendizagem de conceitos de engenharia depende frequentemente da criatividade e da persistência. A programação e os sistemas de controlo, por exemplo, eram frequentemente praticados através de ferramentas de simulação, *software* de código aberto e plataformas educacionais, em vez de um amplo acesso a equipamentos laboratoriais modernos. Havia equipamentos, mas eram antigos em comparação com os modernos.

Apesar destas limitações, os alunos desenvolvem bases teóricas sólidas e competências de resolução de problemas, aprendendo a adaptar-se e a inovar com as ferramentas disponíveis. Para muitos de nós, frequentar estudos no estrangeiro não é apenas uma ambição académica, mas também uma oportunidade de experienciar tecnologias e infraestruturas que anteriormente existiam principalmente em ambientes teóricos ou simulados.

A chegada a Portugal representou uma grande transição académica e tecnológica. As universidades aqui oferecem laboratórios bem equipados, amplos recursos digitais e acesso aberto à literatura científica, o que cria excelentes condições para o ensino da engenharia. Ao mesmo tempo, esta transição pode ser exigente para os estudantes internacionais, que precisam de se adaptar não só a uma nova língua e cultura, mas também a um ecossistema tecnológico muito mais avançado. Da minha experiência, as universidades portuguesas já fazem esforços significativos para apoiar esta adaptação, mas ainda há espaço para reforçar os programas de integração que ajudam os estudantes internacionais a familiarizarem-se com as ferramentas essenciais e os

My path toward engineering began in Syria, where the desire to understand and build technological systems often had to grow within a context of limited resources.

In many Syrian universities and technical institutes, learning engineering concepts frequently relies on creativity and persistence. Programming and control systems, for example, were often practiced through simulation tools, open-source software, and educational platforms rather than extensive access to modern laboratory equipment. There was equipment, but it was old compared to the modern ones.

Despite these constraints, students develop strong theoretical foundations and problem-solving abilities, learning to adapt and innovate with the tools that are available. For many of us, pursuing studies abroad is therefore not only an academic ambition but also an opportunity to experience technologies and infrastructures that previously existed mostly in theoretical or simulated environments.

Arriving in Portugal represented a major academic and technological transition. Universities here provide well-equipped laboratories, broad digital resources, and open access to scientific literature, which create excellent conditions for engineering education. At the same time, this transition can be demanding for international students who must adapt not only to a new language and culture but also to a much more advanced technological ecosystem. From my experience, Portuguese universities already make meaningful efforts to support this adaptation, yet there is still room to strengthen integration programs that help international students become familiar with essential tools and laboratory environments early in their studies.

Inclusion in higher education should therefore be understood in a broader sense. It involves ensuring that students coming from different

ambientes de laboratório logo no início dos seus estudos.

A inclusão no ensino superior deve, por isso, ser entendida num sentido mais amplo. Envolve garantir que os estudantes provenientes de diferentes contextos tecnológicos e educativos possam participar eficazmente no mesmo ambiente académico sem baixar os padrões. A formação introdutória estruturada, as iniciativas de mentoria e os projetos colaborativos podem ajudar a colmatar estas lacunas iniciais. Igualmente importante é a dimensão social da integração. Incentivar atividades académicas e extracurriculares conjuntas, em que os estudantes portugueses e internacionais interajam mais de perto, pode melhorar significativamente a experiência global de estudo no estrangeiro.

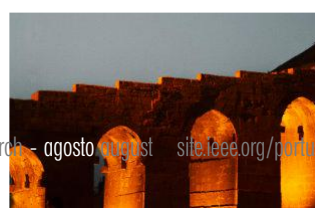
A este respeito, importa reconhecer que os próprios estudantes portugueses são, muitas vezes, extremamente prestáveis e acolhedores. Muitos oferecem ajuda não só dentro da sala de aula, mas também no dia-a-dia fora da universidade, o que facilita bastante a adaptação dos recém-chegados. O reforço das oportunidades para estas formas naturais de colaboração e interação poderá reforçar ainda mais o carácter inclusivo do ensino superior português. ➡

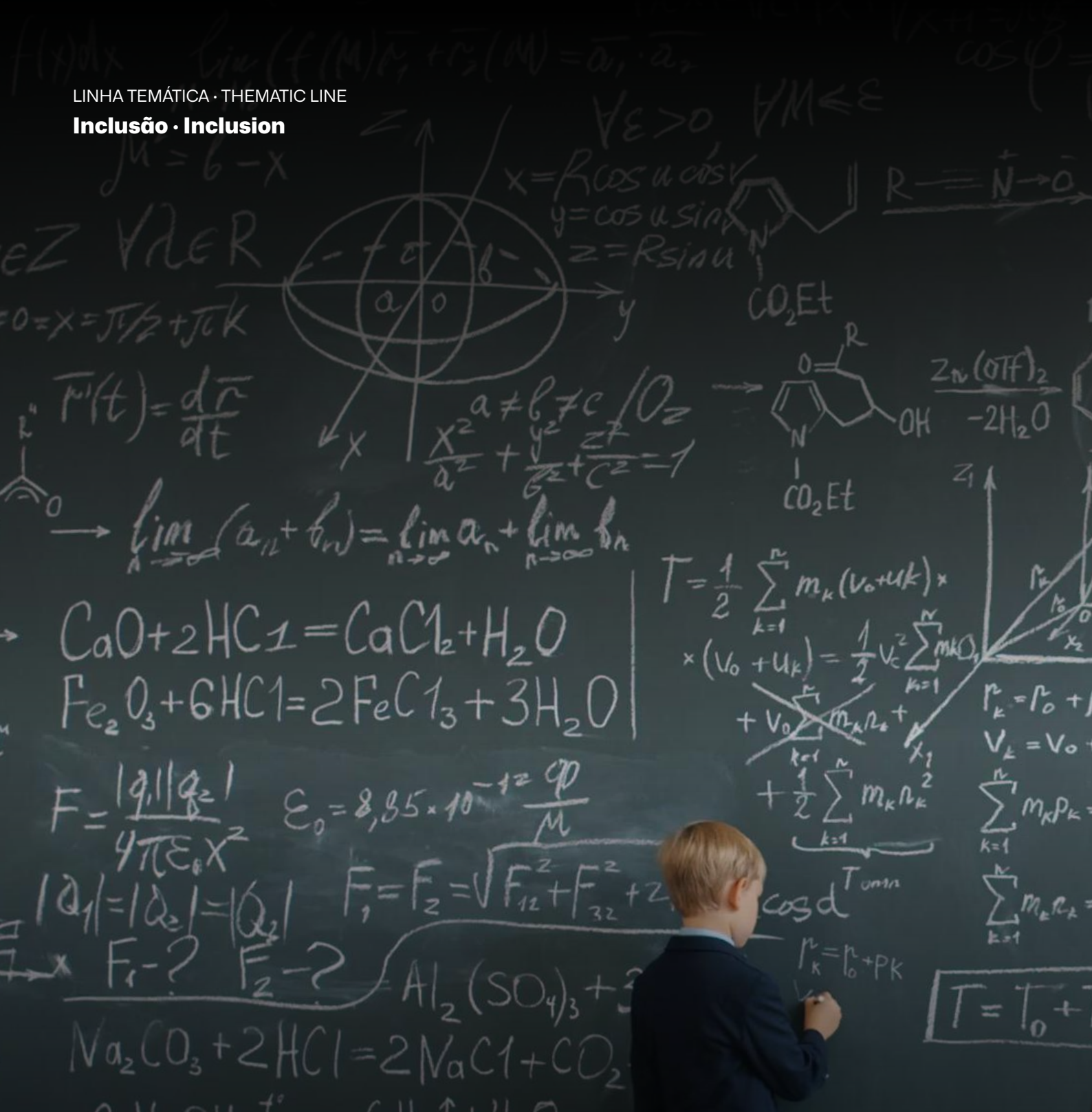
technological and educational contexts can effectively participate in the same academic environment without lowering standards. Structured introductory training, mentorship initiatives, and collaborative projects can help bridge these initial gaps. Equally important is the social dimension of integration. Encouraging joint academic and extracurricular activities where Portuguese and international students interact more closely can significantly improve the overall experience of studying abroad.

In this regard, it is important to recognize that Portuguese students themselves are often extremely supportive and welcoming. Many offer help not only inside the classroom but also in everyday life outside the university, which greatly facilitates adaptation for newcomers. Strengthening opportunities for these natural forms of collaboration and interaction could further enhance the inclusive character of Portuguese higher education. ➡

Imagens - Images

T Foz, JOE Planas, Essa Mhmad, Mahmoud Sulaiman and Ricardo Resende, on Unsplash.





Por detrás do Beyond the PIPELINE

A Repensar Desigualdades de Género nas STEM
Rethinking Gender Inequality in STEM

Igualdade e Equidade

Equality and Equity

Pensamos todos em igualdade, mas não deveremos apontar para equidade? Perceba as diferenças ►

We all think about equality, but shouldn't we think about equity? Read more about these differences in this article ►

Curadoria de Pedro V. Teixeira · Curated by Pedro V. Teixeira



1. $(\int f(x) dx)' = f(x), d\int f(x) dx = f(x) dx$
2. $\int F'(x) dx = F(x) + C$
3. $\int f(x) dx = F(x) + C$

$$\int f(ax+b) dx = \frac{1}{a} F(ax+b) + C, a \neq 0$$

$$4. \int \alpha f(x) + \beta g(x) dx = \alpha \int f(x) dx + \beta \int g(x) dx, \alpha^2 + \beta^2 \neq 0$$

$$\sin x = a \quad (|a| \leq 1) \Rightarrow x = (-1)^k \arcsin a + \pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$\sin x = 0 \Rightarrow x = \pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$\sin x = 1 \Rightarrow x = \frac{\pi}{2} + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$\sin x = -1 \Rightarrow x = \frac{3\pi}{2} + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$\cos x = a \quad (|a| \leq 1) \Rightarrow x = \pm \arccos a + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$\delta(\epsilon) > 0, \forall M, \Rightarrow |f(M) - \bar{a}| < \epsilon$$

$$(M) = \bar{a}_i \quad (i = 1, 2, \dots)$$

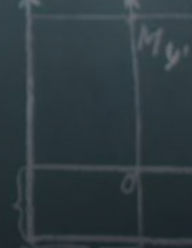
$$\lim_{M \rightarrow M_0} (f(M))$$

$$\lim_{M \rightarrow M_0} (\bar{r}_1(M))$$

$$\lim_{M \rightarrow M_0} (\bar{r}_1(M) - \bar{r}_2(M))$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$$

$$\begin{cases} x = x' + a \\ y = y' + b \end{cases}$$



$$\begin{cases} x = x' \cos \alpha - y' \sin \alpha \\ y = x' \sin \alpha + y' \cos \alpha \end{cases}$$



Sanaz Nikghadam-Hojjati

Doutorada em Gestão de Tecnologias de Informação. Diretora da WoSTEM (Women in STEM). Professora Assistente no Departamento de Engenharia Eletrónica e de Computadores da Universidade Nova de Lisboa. Investigadora Sénior na UNINOVA-CTS (Centre of Technology and Systems).

PhD in Information Technology Management. Director of WoSTEM (Women in STEM). Assistant Professor at Nova University Lisbon, Department of Electrical and Computer Engineering. Senior Researcher at UNINOVA-CTS (Centre of Technology and Systems).

Figura 1 (em baixo)
 Percentagem de mulheres no total de investigadores, em 2018 ou próximo (adaptado de [1]).

Figure 1 (bottom)
 Women as a share of total researchers, 2018 or closest year (adapted from [1]).

Nos laboratórios, nas escolas de engenharia e nas empresas tecnológicas, as áreas STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) orgulham-se frequentemente de um princípio fundamental: que o mérito, por si só, determina o sucesso. O conhecimento científico deve ser objetivo. Espera-se que a evidência, a lógica e a inovação importem mais do que a identidade.

No entanto, os números contam uma história mais complexa.

As mulheres representam aproximadamente um terço dos investigadores do mundo, segundo a UNESCO, e a sua representação continua a ser particularmente baixa na engenharia, ciência da computação e na física [1]. Mesmo nos países onde as mulheres obtêm um grande número de graus universitários, a sua presença cai drasticamente nos níveis mais elevados na academia e da liderança técnica [2].

A persistência deste desequilíbrio levanta uma questão que se torna desconfortável: se a ciência está construída sobre a meritocracia, porque é que as disparidades continuam tão visíveis?

A resposta não reside numa única barreira, mas numa cadeia de influências que moldam quem entra nas áreas STEM, quem permanece e

In laboratories, engineering schools, and technology companies, STEM (science, technology, engineering, and mathematics) fields often take pride in a defining principle: that merit alone determines success. Scientific knowledge is meant to be objective. Evidence, logic, and innovation are expected to matter more than identity.

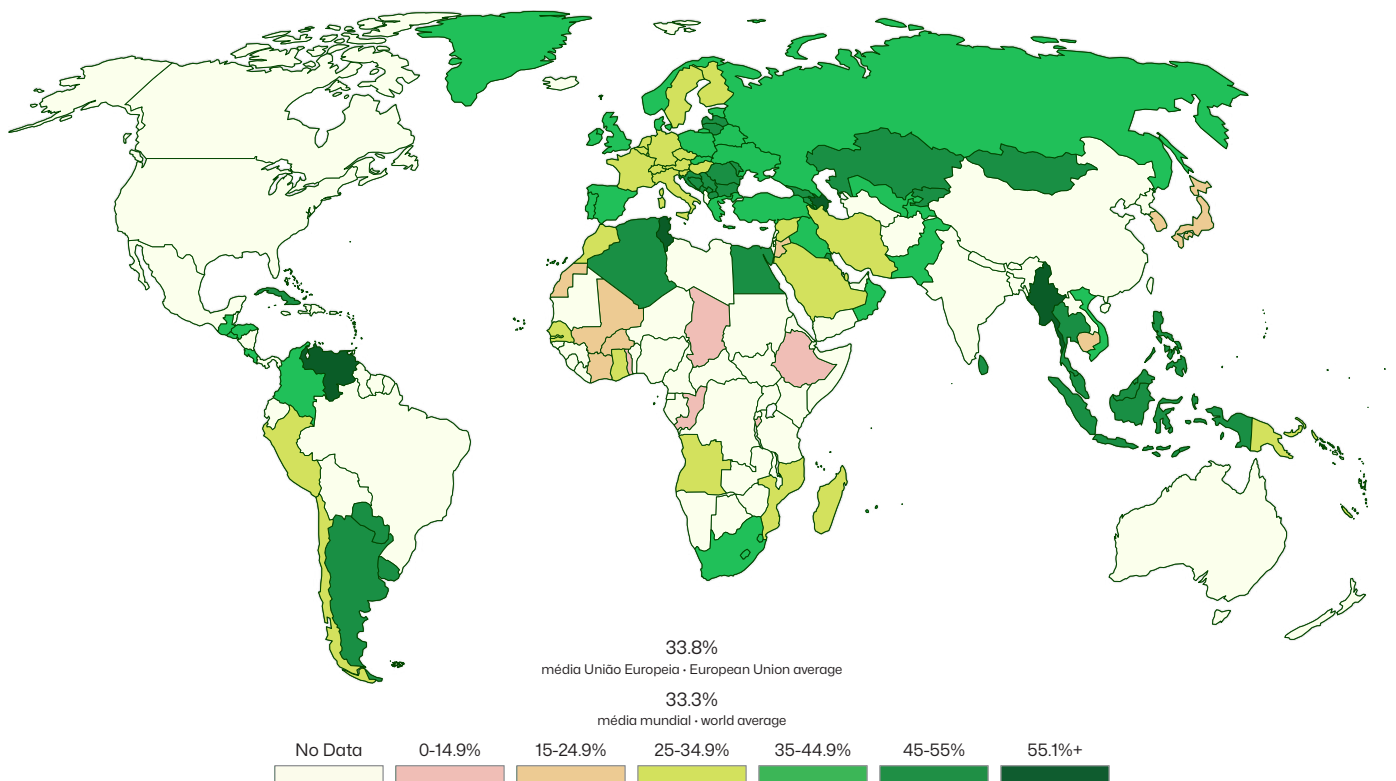
Yet the numbers tell a more complicated story.

Women make up roughly one-third of the world’s researchers, according to UNESCO, and their representation remains particularly low in engineering, computer science, and physics [1]. Even in countries where women earn large numbers of university degrees, their presence drops sharply at higher levels of academia and technical leadership [2].

The persistence of this imbalance raises an uncomfortable question: if science is built on meritocracy, why do disparities remain so visible?

The answer lies not in a single barrier, but in a chain of influences that shape who enters STEM fields, who stays, and who ultimately leads.

Researchers often describe this pathway as the *STEM “pipeline”* [3], the long path that runs from childhood curiosity through education, training, and professional careers. At each stage,



quem, em última instância, lidera.

Os investigadores descrevem frequentemente este caminho como o *"pipeline" STEM* [3], a longa trajetória que vai da curiosidade infantil à educação, à formação e às carreiras profissionais. Em cada etapa, sinais culturais subtis e estruturas institucionais influenciam quem continua no caminho e quem o abandona silenciosamente.

Compreender a desigualdade de género nas STEM exige, portanto, olhar para além das escolhas individuais para examinar os ambientes onde essas escolhas são feitas.

Onde a História Começa

Muito antes dos estudantes escolherem uma área de estudo na universidade, as ideias sobre ciência e engenharia começam a ganhar forma.

Em muitas culturas, as disciplinas técnicas têm sido historicamente associadas a características masculinas: pensamento lógico, habilidade mecânica e resolução autónoma de problemas. Estas associações raramente são reforçadas deliberadamente, mas moldam silenciosamente a forma como os jovens imaginam os seus futuros.

A investigação em psicologia educacional sugere que as crianças começam a formar ideias sobre a capacidade intelectual em idades surpreendentemente precoces [4]. Na adolescência, muitos estudantes já absorveram pressupostos culturais sobre quem é naturalmente adequado para matemática, computação ou engenharia [5,6].

Nas salas de aula, estas perceções podem ser reforçadas de formas subtis. Os professores e os pais podem, sem intenção, incentivar os rapazes com mais intensidade nas disciplinas técnicas ou presumir que os alunos do sexo masculino seguirão carreiras de engenharia. Com o tempo, estes sinais influenciam a confiança tanto como a capacidade. Como explicou uma estudante de STEM e membro do IEEE:

"...até os meus antigos professores me subestimaram. Eu adorava a escola por causa do conhecimento, mas odiava-a porque era sempre julgada. Achavam que a engenharia era mais adequada para os rapazes do que para as raparigas e que eu não teria sucesso nesta área."

O resultado não é a falta de talento. É uma diferença na forma como os alunos se veem e sentem que pertencem ao mundo da ciência e da tecnologia.

O Pipeline com Fugas

A metáfora do *"pipeline"* descreve uma ideia simples: os alunos passam da escola para a universidade e depois para carreiras profissionais em ciência e engenharia.

Na realidade, o *pipeline* estreita-se em quase todas as etapas.

A participação em matemática e ciências é,

subtle cultural signals and institutional structures influence who continues along the path and who quietly exits it.

Understanding gender inequality in STEM therefore requires looking beyond individual choices to examine the environments where those choices are made.

Where the Story Begins

Long before students choose a university major, ideas about science and engineering begin to take shape.

Across many cultures, technical disciplines have historically been associated with masculine traits: logical thinking, mechanical skill, and solitary problem-solving. These associations are rarely enforced deliberately, yet they quietly shape how young people imagine their futures.

Research in educational psychology suggests that children begin forming beliefs about intellectual ability at surprisingly early ages [4]. By adolescence, many students have already absorbed cultural assumptions about who is naturally suited to mathematics, computing, or engineering [5,6].

In classrooms, these perceptions can be reinforced in subtle ways. Teachers and parents may unintentionally encourage boys more strongly in technical subjects or assume that male students will pursue engineering careers. Over time, such signals influence confidence as much as capability. As one female STEM student and an IEEE member explained:

"...even my past teachers underestimated me. I loved school because of the knowledge, but I hated it because I was always judged. They thought engineering was better suited for boys than girls and that I could not be successful in it."

The result is not a shortage of talent. It is a difference in how students see themselves and whether they feel they belong in the world of science and technology.

The Leaky Pipeline

The *"pipeline"* metaphor describes a simple idea: students move from school to university to professional careers in science and engineering.

In reality, the flow narrows at nearly every stage.

Participation in mathematics and science is often relatively balanced during early schooling [5]. At the university level, women earn a large share of degrees in life sciences and several STEM-related disciplines across Europe and beyond [7,8].

But the pattern changes in engineering, computing, and technical leadership roles. Women remain underrepresented in many engineering programs and frequently leave the field during graduate training or early career stages (see [7]).

Researchers describe this as a *"leaky pipeline"* [9]. Talent does not disappear because of a single dramatic

INCLUSÃO: POR DETRÁS DO PIPELINE: A REPENSAR DESIGUALDADES DE GÊNERO NAS STEM

normalmente, relativamente equilibrada durante os primeiros anos de escolaridade [5]. A nível universitário, as mulheres conquistam uma grande quota de diplomas em ciências da vida e em diversas disciplinas relacionadas com as STEM na Europa e noutros países [7,8].

Mas o padrão muda na engenharia, computação e cargos de liderança técnica. As mulheres continuam a estar sub-representadas em muitos programas de engenharia e abandonam frequentemente a área durante a pós-graduação ou no início da carreira (ver [7]). Os investigadores descrevem-no como um “*pipeline com fugas*” [9]. O talento não desaparece por causa de uma única barreira drástica. Em vez disso, os indivíduos afastam-se gradualmente à medida que se acumulam pequenos obstáculos, como mentoria limitada, preconceitos subtis e culturas de trabalho que recompensam trajetórias de carreira ininterruptas.

O que começa como uma série de pequenos atritos pode, em última análise, remodelar toda a força de trabalho.

Sinais na Sala de Aula

As salas de aula universitárias desempenham um papel poderoso na formação do sentido de pertença dos alunos em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Considere os exemplos utilizados nos manuais e nas aulas. Quando os casos de estudo apresentam predominantemente cientistas do sexo masculino ou se centram em setores tradicionalmente masculinos, podem, involuntariamente, sinalizar quem se espera que tenha sucesso na área.

A representatividade importa não porque altera as leis da física, mas porque molda a forma como os alunos se imaginam dentro dessas disciplinas.

As práticas de ensino também importam. A investigação em educação STEM tem mostrado que a resolução colaborativa de problemas, as discussões inclusivas em sala de aula e os exemplos diversos podem aumentar significativamente o envolvimento entre os alunos que, de outra forma, poderiam sentir-se à margem da área [10-12].

As expectativas do corpo docente também podem influenciar os resultados de formas subtis. Estudos descobriram que trabalhos idênticos podem ser avaliados de forma diferente dependendo do género que tenha sido percebido do aluno [13,14]. Estes enviesamentos raramente são intencionais, mas os seus efeitos cumulativos na educação podem influenciar as notas, as oportunidades de mentoria e as recomendações de carreira.

Para muitos estudantes, a persistência nas STEM não é determinada apenas pela capacidade. Muitas vezes, depende de se sentirem reconhecidos e apoiados no meio académico.



barrier. Instead, individuals gradually step away as smaller obstacles accumulate, such as limited mentorship, subtle biases, and workplace cultures that reward uninterrupted career paths.

What begins as a series of small frictions can ultimately reshape the entire workforce.

Signals in the Classroom

University classrooms play a powerful role in shaping students' sense of belonging in STEM.

Consider the examples used in textbooks and lectures. When case studies overwhelmingly feature male scientists or focus on traditionally masculine industries, they can unintentionally signal who is expected to succeed in the field.

Representation matters not because it changes the laws of physics, but because it shapes how students imagine themselves within those disciplines.

Teaching practices also matter. Research in STEM education has shown that collaborative problem-solving, inclusive classroom discussions, and diverse examples can significantly increase engagement among students who might otherwise feel peripheral to the field [10-12].

Faculty expectations can also influence outcomes in subtle ways. Studies have found that identical work may be evaluated differently depending on the perceived gender of the student [13,14]. These biases are rarely intentional, yet their cumulative effect can shape grades, mentorship opportunities, and career recommendations.

For many students, persistence in STEM is not determined by ability alone. It often depends on whether they feel recognized and supported within the academic environment.

Da Universidade para a Indústria

A transição da educação para o mercado de trabalho introduz um novo conjunto de pressões.

Os setores da engenharia e da tecnologia são frequentemente definidos por uma concorrência intensa, inovação rápida e horários de trabalho exigentes. Estas condições podem criar oportunidades extraordinárias, mas também recompensam as trajetórias de carreira construídas em torno da mobilidade geográfica, dos longos horários de trabalho e dos extensos períodos de formação.

Tais expectativas foram estabelecidas durante décadas em que as carreiras científicas eram muito menos diversificadas. Como resultado, podem, involuntariamente, desfavorecer os indivíduos que enfrentam diferentes circunstâncias de vida, incluindo as responsabilidades de cuidado pessoal.

Os economistas laborais também documentaram disparidades salariais persistentes entre géneros em determinados campos técnicos, mesmo quando a educação e a experiência são comparáveis [7,15,16].

Nenhuma destas dinâmicas reflete necessariamente uma exclusão deliberada. No entanto, em conjunto, moldam os contornos de quem progride dentro das instituições científicas.

Além da Neutralidade

Durante muitos anos, as instituições abordaram as disparidades de género através de uma filosofia de neutralidade: tratar todos da mesma forma e a justiça virá como consequência. Nesta perspetiva, por vezes descrita como “*neutralidade de género*” ou “*cegueira de género*” [17], esperava-se que regras idênticas produzissem igualdade de oportunidades.

A experiência tem demonstrado é que regras idênticas nem sempre produzem resultados iguais. Quando os indivíduos iniciam as suas carreiras em diferentes contextos sociais e institucionais, as políticas formalmente neutras podem ainda reproduzir as desigualdades existentes.

Como resultado, os decisores políticos e os investigadores distinguem cada vez mais entre várias abordagens [18,19]. A “*igualdade de género*” centra-se em garantir as mesmas oportunidades e tratamento para todos. A “*equidade de género*” vai um passo mais além, reconhecendo que os indivíduos podem necessitar de diferentes formas de apoio para alcançar resultados genuinamente comparáveis.

As abordagens mais recentes vão além da justiça nas regras e olham para os próprios sistemas. As políticas “*sensíveis ao género*” [17] examinam como as práticas institucionais, tais como os critérios de contratação, as estruturas de promoção ou os horários de carreira, afetam os diferentes grupos e ajustam-nas em conformidade.

From University to Industry

The transition from education to the workforce introduces another set of pressures.

Engineering and technology sectors are often defined by intense competition, rapid innovation, and demanding work schedules. These conditions can create extraordinary opportunities, but they also reward career trajectories built around geographic mobility, long working hours, and extended training periods.

Such expectations were established during decades when scientific careers were far less diverse. As a result, they can unintentionally disadvantage individuals who navigate different life circumstances, including caregiving responsibilities.

Labour economists have also documented persistent gender wage gaps in certain technical fields, even when education and experience are comparable [7,15,16].

None of these dynamics necessarily reflect deliberate exclusion. Yet together they shape the contours of who advances within scientific institutions.

Beyond Neutrality

For many years, institutions approached gender disparities through a philosophy of neutrality: treat everyone the same and fairness will follow. Under this view, sometimes described as “gender neutrality” or “gender blindness” [17], identical rules were expected to produce equal opportunities.

Experience has shown that identical rules do not always produce equal outcomes. When individuals begin their careers within different social and institutional contexts, formally neutral policies can still reproduce existing inequalities.

As a result, policymakers and researchers increasingly distinguish between several approaches [18,19]. “Gender equality” focuses on ensuring the same opportunities and treatment for everyone. “Gender equity” goes a step further, recognizing that individuals may require different forms of support in order to achieve genuinely comparable outcomes.

More recent approaches look beyond fairness in rules to the systems themselves. “Gender-responsive” [17] policies examine how institutional practices, such as hiring criteria, promotion structures, or career timelines, affect different groups, and adjust them accordingly.

At the most ambitious end of this spectrum are “gender-transformative” [17] approaches, which seek to reshape the cultural norms and organizational structures that have historically shaped STEM careers.

In STEM fields, this evolving perspective has prompted universities and research organizations to rethink

INCLUSÃO: POR DETRÁS DO PIPELINE: A REPENSAR DESIGUALDADES DE GÉNERO NAS STEM

No extremo mais ambicioso deste espectro estão as abordagens “*transformadoras de género*” [17], que procuram remodelar as normas culturais e as estruturas organizacionais que historicamente moldaram as carreiras em STEM.

Nos campos das STEM, esta perspetiva em constante evolução levou as universidades e as unidades de investigação a repensarem a mentoria, as estruturas de carreira e os percursos de liderança, indo além da neutralidade passiva, em direção a sistemas concebidos para apoiar uma gama mais ampla de talentos.

Construir Redes de Apoio

Iniciativas como a WoSTEM (Women in STEM) [20] ilustram como as instituições estão a começar a abordar estes desafios.

Desenvolvida através da colaboração entre instituições académicas e unidades de investigação, incluindo a UNINOVA-CTS e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, a WoSTEM pretende ampliar os percursos para as mulheres nas STEM, fortalecendo as redes profissionais, as oportunidades de mentoria e o desenvolvimento de liderança.

Grande parte deste trabalho é realizado por voluntárias, muitas delas mulheres, que trabalham em áreas STEM, e que partilham a sua experiência com as gerações mais jovens que ingressam nas disciplinas. *Workshops*, plataformas de *networking* e eventos colaborativos ligam estudantes e investigadores em início de carreira a mentores, colegas e parceiros da indústria.

A iniciativa também visa professores, decisores e partes institucionais interessadas através de seminários e sessões de formação que aumentam a

mentorship, career structures, and leadership pathways, moving beyond passive neutrality toward systems designed to support a wider range of talent.

Building Support Networks

Initiatives such as WoSTEM (Women in STEM) [20] illustrate how institutions are beginning to address these challenges.

Developed through collaboration among academic institutions and research organizations, including UNINOVA-CTS and the NOVA School of Science and Technology, WoSTEM aims to broaden pathways for women in STEM by strengthening professional networks, mentorship opportunities, and leadership development.

Much of this work is carried out by volunteers, many of them women working in STEM fields, who share their experience with younger generations entering the discipline. Workshops, networking platforms, and collaborative events connect students and early-career researchers with mentors, peers, and industry partners.

The initiative also targets professors, decision-makers, and institutional stakeholders through seminars and training sessions that raise awareness of the structural factors behind the STEM “leaky pipeline,” including gender-blind pedagogical materials, unconscious bias in teaching and evaluation, and classroom environments that shape students’ sense of belonging.

By creating visible professional communities, initiatives like WoSTEM help participants navigate the complex environments of scientific research and engineering careers. Equally important, they contribute to cultural change by expanding perceptions of who belongs in STEM.



consciencialização sobre os fatores estruturais por detrás do "pipeline com fugas" nas STEM, incluindo materiais pedagógicos que não têm em conta o género, os enviesamentos inconscientes no ensino e na avaliação, e os ambientes de sala de aula que moldam o sentido de pertença dos alunos.

Ao criar comunidades profissionais visíveis, iniciativas como a WoSTEM ajudam os participantes a navegar pelos ambientes complexos da investigação científica e das carreiras de engenharia. Igualmente importante, contribuem para a mudança cultural, ampliando as perceções de quem pertence à área STEM.

A Diversidade como Motor da Inovação

A defesa da inclusão nas STEM vai para além da equidade.

Os desafios tecnológicos modernos, desde a infraestrutura sustentável à inteligência artificial ética, são extraordinariamente complexos. Resolvê-los exige não só conhecimentos técnicos, mas também perspetivas diversas.

A investigação em estudos de inovação sugere que as equipas com formações variadas geralmente geram soluções mais criativas e identificam pontos cegos que os grupos mais homogéneos ignoram [21–23].

Quando os engenheiros e os cientistas trazem experiências diferentes para a discussão, alargam o leque de questões colocadas e as abordagens consideradas.

Para as organizações que competem num panorama tecnológico em rápida evolução, o desenvolvimento inclusivo de talentos é, portanto, essencial e tanto uma prioridade social como estratégica.

O Futuro das STEM

À medida que a procura global de conhecimento nas STEM continua a crescer, a questão que se coloca às universidades, instituições de investigação e sociedades profissionais não é simplesmente como recrutar mais estudantes para as áreas técnicas. É como construir sistemas que permitam que todo o espectro de talentos prospere.

Os educadores desempenham um papel crucial na formação de ambientes de aprendizagem inclusivos que incentivem os estudantes diversificados a seguir carreiras na engenharia e nas ciências. As universidades e as instituições de investigação podem implementar políticas que apoiem a progressão equitativa na carreira, processos de avaliação transparentes e oportunidades de mentoria.

Sociedades profissionais como o IEEE podem ampliar estes esforços, fomentando redes que liguem educadores, investigadores e líderes da indústria em diversas disciplinas e regiões.

Iniciativas como a WoSTEM demonstram como programas direcionados podem contribuir para esta transformação, criando comunidades de apoio,

Diversity as an Engine of Innovation

The case for inclusion in STEM extends beyond fairness.

Modern technological challenges, from sustainable infrastructure to ethical artificial intelligence, are extraordinarily complex. Solving them requires not only technical expertise but also diverse perspectives.

Research in innovation studies suggests that teams with varied backgrounds often generate more creative solutions and identify blind spots that more homogeneous groups overlook [21–23].

When engineers and scientists bring different experiences to the table, they expand the range of questions asked and the approaches considered.

For organizations competing in a rapidly evolving technological landscape, inclusive talent development is therefore both a social priority and a strategic one.

The Future of STEM


As the global demand for STEM expertise continues to grow, the question facing universities, research institutions, and professional societies is not simply how to recruit more students into technical fields. It is how to build systems that allow the full spectrum of talent to thrive.

Educators play a crucial role in shaping inclusive learning environments that encourage diverse students to pursue engineering and scientific careers. Universities and research institutions can implement policies that support equitable career progression, transparent evaluation processes, and mentorship opportunities.

Professional societies such as IEEE can amplify these efforts by fostering networks that connect educators, researchers, and industry leaders across disciplines and regions.


Initiatives like WoSTEM demonstrate how targeted programs can contribute to this transformation by creating communities of support, visibility, and leadership development.

Ultimately, the goal is not to abandon the principles of merit and excellence that define scientific progress. Rather, it is to ensure that those principles operate within systems capable of recognizing and cultivating talent in all its forms.

In a world facing unprecedented technological and environmental challenges, the future of innovation will depend not only on the ideas we generate, but also on the diversity of the people empowered to generate them. 

visibilidade e desenvolvimento de liderança.

Em última análise, o objetivo não é abandonar os princípios de mérito e excelência que definem o progresso científico. Em vez disso, é garantir que estes princípios operam dentro de sistemas capazes de reconhecer e cultivar o talento em todas as suas formas.

Num mundo que enfrenta desafios tecnológicos e ambientais sem precedentes, o futuro da inovação dependerá não só das ideias que gerarmos, mas também da diversidade das pessoas capacitadas para as gerar. 

References

- UNESCO. *Share of women among total researchers by country, 1996–2018 (%)* [Internet]. UNESCO. 2021 [cited 2026 Mar 7]. <https://www.unesco.org/reports/science/2021/en/dataviz/share-women-researchers-radial>. Accessed 7 Mar 2026
- European Commission. *She Figures 2024* [Internet]. Brussels; 2025. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c246671a-78b6-11f0-9af8-01aa75ed71a1>. Accessed 7 Mar 2026
- Edwards D, Buckley S, Chiavaroli N, Rothman S, McMillan J. *The STEM pipeline: pathways and influences on participation and achievement of equity groups*. Journal of Higher Education Policy and Management. 2023;45. DOI: 10.1080/1360080X.2023.2180169
- Heyman GD, Dweck CS. *Children's Thinking about Traits: Implications for Judgments of the Self and Others*. Child Dev. 1998;69. DOI: 10.1111/j.1467-8624.1998.tb06197.x
- Cvencek D, Meltzoff AN, Greenwald AG. *Math-Gender Stereotypes in Elementary School Children*. Child Dev. 2011;82. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2010.01529.x
- Eccles J. *Who am i and what am i going to do with my life? Personal and collective identities as motivators of action*. Educ Psychol. 2009;44. DOI: 10.1080/00461520902832368
- European Commission. *She Figures 2021 Gender in Research and Innovation: Statistics and Indicators*. European Commission. 2021.
- Masi G, Kosec T, Cacciotti I, Krawczak P. *Editorial: Women in science: materials 2023*. Front Matter. 2025;11. DOI: 10.3389/fmats.2024.1549094
- Blickenstaff JC. *Women and science careers: Leaky pipeline or gender filter?* Gend Educ. 2005;17. DOI: 10.1080/09540250500145072
- Johnson DW, Johnson RT. *An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning*. Educational Researcher. 2009;38. DOI: 10.3102/0013189X09339057
- Theobald EJ, Hill MJ, Tran E, Agrawal S, Nicole Arroyo E, Behling S, et al. *Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math*. Proc Natl Acad Sci U S A. 2020;117. DOI: 10.1073/pnas.1916903117
- Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, et al. *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proc Natl Acad Sci U S A. 2014;111. DOI: 10.1073/pnas.1319030111
- Moss-Racusin CA, Dovidio JF, Brescoll VL, Graham MJ, Handelsman J. *Science faculty's subtle gender biases favor male students*. Proc Natl Acad Sci USA. 2012;109. DOI: 10.1073/pnas.1211286109
- MacNell L, Driscoll A, Hunt AN. *What's in a Name: Exposing Gender Bias in Student Ratings of Teaching*. Innov High Educ. 2015;40. DOI: 10.1007/s10755-014-9313-4
- Ceci SJ, Ginther DK, Kahn S, Williams WM. *Women in academic science: A changing landscape*. Psychological Science in the Public Interest, Supplement. 2014;15. DOI: 10.1177/1529100614541236
- Blau FD, Kahn LM. *The gender wage gap: Extent, trends, & explanations*. J Econ Lit. 2017;55. DOI: 10.1257/jel.20160995
- UNICEF. *Joint Evaluation of the UNFPA-UNICEF Joint Programme on the Elimination of Female Genital Mutilation: Accelerating Change Phase III (2018-2021)* [Internet]. New York; 2019. https://www.unfpa.org/sites/default/files/admin-resource/thematic%20note%201_gender_final.pdf. Accessed 12 Mar 2026
- Nikghadam-Hojjati S, Marchetti E, Gustavsson M, Ferrada F, Oliveira AI, Halvarsson Lundqvist A, et al. *Gender-Responsive Research and Innovation: Issues and Initiatives*. Sustainability (Switzerland). 2025;17. DOI: 10.3390/su17136215
- Oliveira AI, Nikghadam-Hojjati S, Ferrada F. *Responsible Research and Innovation Through Gender-Responsive Collaborative Virtual Hubs*. 2022. p. 675–86. DOI: 10.1007/978-3-031-14844-6_54
- Nikghadam-Hojjati S. *WoSTEM* [Internet]. Robotics and Industrial Complex Systems. 2020 [cited 2026 Mar 12]. <https://www.rics-uninova.com/wostem>. Accessed 12 Mar 2026
- Page SE. *The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies*. 2008. DOI: 10.5860/choice.45-1534
- Østergaard CR, Timmermans B, Kristinsson K. *Does a different view create something new? the effect of employee diversity on innovation*. Res Policy. 2011;40. DOI: 10.1016/j.respol.2010.11.004
- Hong L, Page SE. *Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers*. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004;101. DOI: 10.1073/pnas.0403723101

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

Nota do Editor • Editor's Note

A versão original deste artigo foi submetida em Inglês, e a respetiva tradução para Português foi feita pela equipa editorial. Este artigo segue o acordo ortográfico em vigor.

The original version of this article was submitted in English, and its translation to Portuguese was performed by the editing team.

Nomeie já hoje! *Nominate today!*

As nomeações para os Prémios da Sociedade de Educação 2026 já estão abertas. Todas as nomeações devem ser submetidas online através do site da Sociedade de Educação **até 30 de junho de 2026**.

Assim que um Formulário de Nomeação para um prémio for enviado, o autor da nomeação receberá uma cópia de confirmação por e-mail, e as referências listadas receberão instruções sobre como preencher os Formulários de Carta de Referência necessários.

Reconhecer os membros que contribuíram significativamente para a Sociedade de Educação é uma forma vital da Sociedade demonstrar apreço pelas suas realizações profissionais e dedicação à área. Encorajamos o leitor a indicar os seus colegas para estas prestigiadas homenagens.

Prémios da Sociedade

- Distinguished Member Award

Este prémio reconhece serviços excecionais de longa data à Sociedade de Educação do IEEE e contribuições significativas numa Área de Interesse do IEEE. Os agraciados devem ser membros da Sociedade há pelo menos dez anos e são selecionados pela sua liderança, contribuições inovadoras e importantes, serviços prestados, dedicação e realizações técnicas.

- Edwin C. Jones Jr. Meritorious Service Award

Este prémio é atribuído a um membro da Sociedade de Educação do IEEE em reconhecimento das contribuições pioneiras para os esforços administrativos da Sociedade ao longo de vários anos, comprovadas pela dedicação, esforço e contribuições.

- IEEE William E. Sayle Award for Achievement in Education

Este prémio é atribuído a um membro da Sociedade em reconhecimento das contribuições significativas ao longo de vários anos numa das Áreas de Interesse da Sociedade.

- Mac Van Valkenburg Early Career Teaching Award

Este prémio reconhece os membros da Sociedade de Educação do IEEE que fizeram contribuições excecionais para o ensino num início de carreira profissional invulgar, comprovadas pelo desempenho docente, desenvolvimento de novos métodos de ensino e inovação curricular em áreas de interesse da Sociedade.

- Student Leadership Award

Este prémio reconhece uma contribuição excepcional para a Sociedade de Educação por uma pessoa que era membro estudante de pós-graduação ou estudante do IEEE no momento em que a contribuição excepcional foi realizada.

- Chapter Achievement Award

Para reconhecer um capítulo que oferece atividades técnicas exemplares, serviços aos membros e atividades aos seus membros.

- Distinguished Chapter Leadership Award

Para reconhecer um membro da Sociedade que, ao longo de um período prolongado, deu um contributo excepcional à Sociedade, que se manifestou num capítulo local.

- IEEE Bhagawandas and Rajani Lathi Award for Excellence in Engineering Textbooks

Para reconhecer a excelência nos manuais escolares impressos em inglês, de primeira edição, utilizados para o ensino da engenharia elétrica e eletrónica a estudantes de licenciatura avançada e de pós-graduação.

Nominations for the 2026 Education Society Awards are now open. All nominations must be submitted online through the Education Society website **by 30 June 2026**.

Once an Award Nomination Form is submitted, the nominator will receive a confirmation copy via email, and the listed references will be sent instructions on how to complete the required Reference Letter Forms.

Recognizing members who have contributed significantly to the Education Society is a vital way for the Society to show appreciation for their professional accomplishments and dedication to the field. We encourage you to nominate your colleagues for these prestigious honors.

Society Awards

- Distinguished Member Award

This award recognizes outstanding long-term service to the IEEE Education Society and significant contributions in an IEEE Field of Interest. Recipients must have been members of the Society for at least ten years and are selected for leadership quality, innovative and important contributions, service, dedication, and technical achievements.

- Edwin C. Jones Jr. Meritorious Service Award

This Award is given to a member of the IEEE Education Society to recognize pioneering contributions to the administrative efforts of the Society over a period of years, as evidenced by dedication, effort, and contributions.

- IEEE William E. Sayle Award for Achievement in Education

This Award is given to a member of the IEEE Education Society to recognize significant contributions over a period of years in one of the Fields of Interest of the IEEE Education Society.

- Mac Van Valkenburg Early Career Teaching Award

This award recognizes members of the IEEE Education Society who have made outstanding contributions to teaching unusually early in their professional careers, as evidenced by teaching performance, development of new teaching methods, and curricular innovation in fields of interest to the IEEE Education Society.

- Student Leadership Award

This Award recognizes an exceptional contribution to the Education Society by a person who was an IEEE Graduate Student Member or an IEEE Student Member at the time the exceptional contribution was made.

- Chapter Achievement Award

To recognize a chapter that provides exemplary technical activities, membership services, and societal activities to its members.

- Distinguished Chapter Leadership Award

To recognize a Society member who has, over a sustained period of time, made an exceptional contribution to the Society, which has manifested itself at a local chapter.

- IEEE Bhagawandas and Rajani Lathi Award for Excellence in Engineering Textbooks

To recognize excellence in first-edition English language printed textbooks used to teach electrical and electronics engineering to advanced undergraduates and graduate students.

Chatbot Baseado em LLM para o Ensino Superior para Bases de Dados e Sistemas de Informação

An LLM-Driven Chatbot in Higher Education for Databases and Information Systems



Vol. 68, #1
February 2025
Pages 103-116

Por-By A. T. Neumann, Y. Yin, S. Sowe, S. Decker and M. Jarke

doi: 10.1109/TE.2024.3467912

Contributo: Esta investigação explora os benefícios e desafios do desenvolvimento, implementação e avaliação de um chatbot baseado num modelo de linguagem de grande escala (LLM, na sigla em inglês), o MoodleBot, em salas de aula de ciência da computação. Destaca o potencial da integração de LLMs em sistemas de gestão da aprendizagem (LMS, na sigla em inglês), como o Moodle, para apoiar a aprendizagem autorregulada (SRL, na sigla em inglês) e a procura de ajuda.

Contexto: Os educadores de ciência da computação enfrentam imensos desafios ao incorporar novas ferramentas em LMSs para criar um ambiente de aprendizagem envolvente e de apoio. O MoodleBot aborda este desafio oferecendo uma plataforma interativa tanto para alunos como para professores.

Questões de investigação: Apesar de problemas como o enviesamento, as alucinações e a resistência dos professores e educadores à adoção de novas tecnologias (de inteligência artificial), esta investigação investiga duas questões: (RQ1) Em que medida os alunos aceitam o MoodleBot como uma ferramenta valiosa para o apoio à aprendizagem? (RQ2) Qual a precisão das respostas geradas pelo MoodleBot e qual a congruência dessas respostas com o conteúdo estabelecido do curso?

Metodologia: Este estudo revê a literatura pedagógica sobre chatbots baseados em IA e adota a abordagem de geração aumentada por recuperação (RAG) para o design e processamento de dados do MoodleBot. O modelo de aceitação da tecnologia (TAM) avalia a aceitação do utilizador através de constructos como a utilidade percebida (UP) e a facilidade de utilização. Participaram quarenta e seis alunos, sendo que 30 preencheram o questionário TAM.

Contribution: This research explores the benefits and challenges of developing, deploying, and evaluating a large language model (LLM) chatbot, MoodleBot, in computer science classroom settings. It highlights the potential of integrating LLMs into LMSs like Moodle to support self-regulated learning (SRL) and help-seeking behavior.

Background: Computer science educators face immense challenges incorporating novel tools into LMSs to create a supportive and engaging learning environment. MoodleBot addresses this challenge by offering an interactive platform for both students and teachers.

Research Questions: Despite issues like bias, hallucinations, and teachers' and educators' resistance to embracing new (AI) technologies, this research investigates two questions: (RQ1) To what extent do students accept MoodleBot as a valuable tool for learning support? (RQ2) How accurately does MoodleBot churn out responses, and how congruent are these with the established course content?

Methodology: This study reviews pedagogical literature on AI-driven chatbots and adopts the retrieval-augmented generation (RAG) approach for MoodleBot's design and data processing. The technology acceptance model (TAM) evaluates user acceptance through constructs like perceived usefulness (PU) and Ease of Use. Forty-six students participated, with 30 completing the TAM questionnaire.

Findings: LLM-based chatbots like MoodleBot can significantly improve the teaching and learning process. This study revealed a high accuracy rate (88%) in providing course-related assistance. Positive responses from students attest to the efficacy and applicability of AI-driven educational tools. These

Resultados: Os chatbots baseados em LLM, como o MoodleBot, podem melhorar significativamente o processo de ensino e aprendizagem. Este estudo revelou uma elevada taxa de precisão (88%) na prestação de assistência relacionada com o curso. As respostas positivas dos alunos atestam a eficácia e aplicabilidade das ferramentas educativas baseadas na IA. Estes resultados indicam que os chatbots educacionais são adequados para integração em cursos para melhorar a aprendizagem personalizada e reduzir a carga administrativa do professor, embora sejam necessárias melhorias na verificação automatizada de factos.

findings indicate that educational chatbots are suitable for integration into courses to improve personalized learning and reduce teacher administrative burden, although improvements in automated fact-checking are needed.

Previsão do Desempenho Académico Usando Abordagens de Machine Learning: um Survey

Academic Performance Prediction Using Machine Learning Approaches: A Survey



Vol. 18
March 2025
Pages 351-368

Por-By J. Pan, Z. Zhao and D. Han

doi: 10.1109/TLT.2025.3554174

Prever corretamente o desempenho académico dos alunos é crucial para elevar os resultados educativos em diversas disciplinas. Através de previsões de desempenho precisas, as escolas podem identificar rapidamente os alunos com dificuldades e fornecer materiais didáticos personalizados, adequados às suas necessidades específicas de aprendizagem. A dependência da experiência dos professores para prever o desempenho académico dos alunos tem-se mostrado menos precisa e eficiente do que o desejado. Consequentemente, a última década testemunhou um aumento significativo na utilização de técnicas de *machine learning* e de mineração de dados para prever o desempenho dos alunos. No entanto, a comunidade académica ainda não chegou a um consenso sobre o algoritmo mais eficaz para prever os resultados académicos. Ainda assim, realizar uma análise e comparação dos algoritmos existentes nesta área continua a ser relevante. Além disso, serão fornecidas recomendações para a seleção de um algoritmo apropriado, com base nas necessidades específicas dos investigadores e educadores interessados. Este artigo revê a literatura mais recente sobre previsões de desempenho académico utilizando abordagens de *machine learning*. Detalha as variáveis analisadas, os algoritmos implementados, os conjuntos de dados utilizados e as métricas de avaliação aplicadas para medir a eficácia do modelo. O diferencial deste trabalho reside na análise e comparação de pesquisas relevantes realizadas nos últimos 10 anos, destacando os seus contributos e métodos de revisão. Além disso, comparámos a precisão de vários modelos de *machine learning* utilizando conjuntos de dados populares de acesso aberto e determinámos os algoritmos com melhor desempenho entre eles. O nosso conjunto de dados e códigos-fonte estão disponíveis para futuras comparações e avaliações de algoritmos nesta comunidade.

Properly predicting students' academic performance is crucial for elevating educational outcomes in various disciplines. Through precise performance prediction, schools can quickly pinpoint students facing challenges and provide customized educational materials suited to their specific learning needs. The reliance on teachers' experience to predict students' academic performance has proven to be less accurate and efficient than desired. Consequently, the past decade has witnessed a marked surge in employing machine learning and data mining techniques to forecast students' performance. However, the academic community has yet to agree on the most effective algorithm for predicting academic outcomes. Nonetheless, conducting an analysis and comparison of the existing algorithms in this field remains meaningful. Furthermore, recommendations for selecting an appropriate algorithm will be provided to interested researchers and educators based on their specific requirements. This article reviews the state-of-the-art literature on academic performance predictions using machine learning approaches in recent years. It details the variables analyzed, the algorithms implemented, the datasets utilized, and the evaluation metrics applied to assess model efficacy. What makes this work different is that relevant surveys in the past 10 years are also analyzed and compared, highlighting their contributions and review methods. In addition, we compared the accuracy of various machine learning models using popular open-access datasets and determined the best-performing algorithms among them. Our dataset and source codes are released for future algorithm comparisons and evaluations in this community.

Aprendizagem Orientada por Dados e IA no Ensino Superior: uma Revisão Sistemática.

Data-Driven Learning Analytics and Artificial Intelligence in Higher Education: A Systematic Review



Vol. 20
September 2025
Pages 440-451

Por: By L. I. González-Pérez, F. J. García-Peñalvo and A. J. Argüelles-Cruz

doi: 10.1109/RITA.2025.3615512

A integração responsável da Inteligência Artificial na Educação (IAED) oferece uma oportunidade estratégica para alinhar os ambientes de aprendizagem com os princípios da Sociedade 5.0, fomentando a sinergia entre os humanos e a tecnologia no apoio à educação de qualidade e ao bem-estar social. Este estudo apresenta uma revisão sistemática de 36 artigos revistos por pares (2021–2025) focados em aplicações educacionais que empregam análise de aprendizagem (AA) através de abordagens orientadas a dados e integram modelos de aprendizagem automática (AM) como parte das suas evidências empíricas. Cada estudo foi analisado de acordo com três dimensões principais: o contexto da aplicação da IAED, a abordagem orientada a dados adotada e o modelo de AM implementado. Os resultados revelam uma persistente desconexão entre os modelos de IA empíricos e os dados educativos disponíveis, que em muitos casos se limitam a registos de acesso ou notas registadas manualmente, que não captam processos cognitivos mais profundos. Esta limitação restringe tanto a formação eficaz dos modelos de AM como a sua utilidade pedagógica para fornecer intervenções significativas, tais como trajetórias de aprendizagem personalizadas, *feedback* em tempo real, deteção precoce de dificuldades de aprendizagem e ferramentas de monitorização e visualização. Outra descoberta significativa é a ausência de estruturas psicopedagógicas integradas em padrões de qualidade e governação de dados, que são essenciais para o avanço de abordagens prescritivas e éticas alinhadas com os objetivos de aprendizagem. Recomenda-se, portanto, que os líderes educacionais incentivem aplicações de IA na educação fundamentadas em estruturas de governação de dados e ética, garantindo métricas válidas e fiáveis que possam impulsionar uma educação mais equitativa e inclusiva.

The responsible integration of Artificial Intelligence in Education (AIED) offers a strategic opportunity to align learning environments with the principles of Society 5.0, fostering human–technology synergy in support of quality education and social well-being. This study presents a systematic review of 36 peer-reviewed articles (2021–2025) focused on educational applications that employ learning analytics (LA) through data-driven approaches and integrate machine learning (ML) models as part of their empirical evidence. Each study was analyzed according to three key dimensions: the context of AIED application, the data-driven approach adopted, and the ML model implemented. The findings reveal a persistent disconnect between the AI models employed and the available educational data, which in many cases are limited to access logs or manually recorded grades that fail to capture deeper cognitive processes. This limitation constrains both the effective training of ML models and their pedagogical utility for delivering meaningful interventions such as personalized learning pathways, real-time feedback, early detection of learning difficulties, and monitoring and visualization tools. Another significant finding is the absence of psychopedagogical frameworks integrated with quality standards and data governance, which are essential for advancing prescriptive and ethical approaches aligned with learning goals. It is therefore recommended that educational leaders foster AIED applications grounded in data governance and ethics frameworks, ensuring valid and reliable metrics that can drive a more equitable and inclusive education.

Submit a Paper

Publish with the IEEE Education Society



IEEE Transactions on Education

The IEEE Transactions on Education (ToE) publishes scholarly contributions to education in electrical engineering, computer engineering, computer science, and other fields within the scope of interest of IEEE. IEEE Transactions on Education accepts manuscript submissions under three areas of scholarship, based on Boyer's model. During submission, authors must select one area that applies to their manuscript. Authors should, therefore, familiarize themselves with these three areas of scholarship by following the links below:

Scholarship of Application – application, in an electrical or computer engineering context, of prior educational research.

Scholarship of Discovery – new knowledge in the field of education in an electrical or computer engineering context

Scholarship of Integration – multidisciplinary, integrative, and/or interpretive syntheses across prior research to identify patterns, themes, trends, needs, and opportunities, still within an electrical or computer engineering context, upon which other scholars can build.

IEEE Transactions on Learning Technologies

The IEEE Transactions on Learning Technologies (TLT) covers all advances in learning technologies and their development, including but not limited to the following topics: innovative online learning systems; intelligent tutoring software; educational games and simulations; virtual, augmented, and mixed reality technologies for education and training; mobile, pervasive, and ubiquitous learning technologies; wearable devices and interfaces for learning; personalized and adaptive learning systems; remote and virtual laboratories; computer support for collaborative learning and/or peer tutoring; “just-in-time” workplace learning and performance support tools; social networks and infrastructures for learning and knowledge sharing; tools for formative and summative assessment; tools for learning analytics and educational data mining; ontologies for learning systems; standards and web services that support learning; authoring tools/platforms for learning content; and creation and management of shareable, reusable learning objects and learning designs.

For articles whose main intended contributions relate to curriculum, pedagogy, assessment, and/or other aspects of education in electrical and electronics engineering, computer engineering, computer science, and other fields within the scope of interest of IEEE, authors should instead consider submission to TLT's sister journal, the IEEE Transactions on Education.

IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje

IEEE-RITA covers technological applications and research in education including design and research in new learning tools that focus on teaching and learning. The scope includes learning applications, methods, materials and new experiences as they relate to engineering learning. The journal maintains a consistent focus on the IEEE environment inside Electrical Engineering, Electronic Technology, Telecommunications and Computer Science. Main areas include technological applications and research in Education covering the design and research in new learning tools, techniques and materials that focus on teaching and learning as well as learning applications, methods and materials and new experiences of engineering learning, always focusing on the teaching/learning of the IEEE fields inside Electrical Engineering, Electronic Technology, Telecommunications and Computer Science and Engineering.

Women in Engineering Portugal: Conheça a Nossa Equipa

Women in Engineering Portugal: Meet our Team



Por-By Susana Vieira, Fernanda Coutinho, Ana Lopes, Joana Santos, Sarah Joosab

doi: 10.5281/zenodo.19051627

Resumo

O Grupo de Afinidade *Women in Engineering* (WiE) do IEEE Portugal inicia um novo mandato em 2026 com uma equipa executiva recém-eleita, composta por cinco membros que representam diferentes instituições académicas e áreas da engenharia. Apresentamos aqui a equipa e a sua visão para fortalecer a comunidade WiE em Portugal, promovendo a diversidade, a inclusão e a igualdade de oportunidades na engenharia e tecnologia. O grupo pretende reconectar-se com os Student Branches do IEEE, fomentar oportunidades de mentoria e networking, e organizar iniciativas de divulgação que incentivem os jovens estudantes, particularmente as raparigas, a considerarem carreiras em STEM. Através de webinars, atividades colaborativas e envolvimento com as comunidades académicas e profissionais, o WiE Portugal procura um ambiente de apoio onde as mulheres em diferentes fases da sua carreira se possam conectar, partilhar experiências e crescer profissionalmente. Ao fortalecer os laços comunitários e aumentar a visibilidade das mulheres engenheiras e investigadoras, a iniciativa contribui para o avanço da igualdade de género e inspira a próxima geração de profissionais de engenharia.

Abstract

The IEEE Women in Engineering (WiE) Affinity Group Portugal begins a new term in 2026 with a newly elected leadership team composed of five members representing different academic institutions and engineering areas. The team and its vision to strengthen the WiE community in Portugal while promoting diversity, inclusion, and equal opportunities in engineering and technology, is introduced. The group aims to reconnect with IEEE Student Branches, foster mentoring and networking opportunities, and organize outreach initiatives that encourage young students, particularly girls, to consider careers in STEM. Through webinars, collaborative activities, and engagement with academic and professional communities, WiE Portugal seeks to create a supportive environment where women at different stages of their careers can connect, share experiences, and grow professionally. By strengthening community ties and increasing visibility of women engineers and researchers, the initiative contributes to advancing gender equality and inspiring the next generation of engineering professionals.

A *Women in Engineering* (WiE) é uma rede global de membros e voluntárias do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) dedicada a promover mulheres engenheiras e cientistas e a inspirar raparigas de todo o mundo a seguir interesses académicos e carreiras em engenharia e ciência.

A WiE foi oficialmente estabelecida em 1994 como um comité do Conselho do IEEE e, desde então, cresceu e tornou-se uma comunidade mundial com mais de 58 000 membros [1]. Em 2010, foi criado em Portugal o Grupo de Afinidade IEEE WiE Portugal [2], tornando-se uma iniciativa nacional com o objetivo de apoiar o recrutamento, a retenção e o avanço das mulheres nas áreas da engenharia.

Nos últimos dezasseis anos, a representação feminina nas áreas da ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) aumentou significativamente, e os contributos das mulheres para a ciência e a engenharia desempenharam um papel importante em Portugal. No entanto, esta representação continua a ser desigual: a participação é ainda menor nas áreas das tecnologias de informação e comunicação (TIC) em comparação com outras áreas científicas. Além disso, as mulheres continuam a enfrentar desafios e barreiras em diferentes fases da sua educação e carreiras profissionais. Por estas razões, a missão da WiE

Women in Engineering (WiE) is a global network of members and volunteers within the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) dedicated to promoting women engineers and scientists and inspiring girls around the world to pursue academic interests and careers in engineering and science.

WiE was officially established in 1994 as a committee of the IEEE Board and has since grown into a worldwide community of more than 58,000 members [1]. In 2010, the IEEE WiE Portugal Affinity Group was created in Portugal [2], becoming a national initiative aimed at supporting the recruitment, retention, and advancement of women in engineering.

Over the past sixteen years, female representation in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) fields has increased significantly, and women's contributions to science and engineering have played an important role in Portugal. However, this representation remains uneven: participation is still lower in information and communication technology (ICT) fields compared to other scientific areas. Furthermore, women continue to face challenges and barriers at different stages of their education and professional careers. For these reasons, the mission of WiE remains as relevant today as ever.

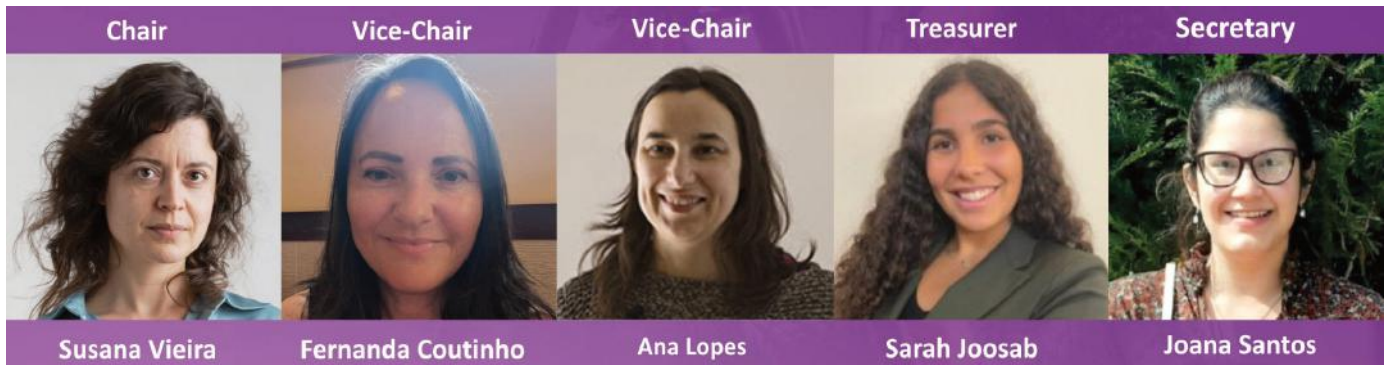


Figura 1 Equipa do Grupo de Afinidade IEEE WiE Portugal para 2026.
Figure 1 IEEE WiE Affinity Group Portugal team for 2026.

continua tão relevante hoje como sempre.

Em 2026, o Grupo de Afinidade IEEE WiE Portugal inicia um novo capítulo com uma equipa de liderança recém-eleita. Representando diferentes instituições de ensino superior, áreas de engenharia e fases de carreira, a equipa partilha um objetivo comum: fortalecer a comunidade WiE em Portugal e promover um ecossistema de engenharia mais inclusivo e diversificado.

Como parte da rede global IEEE WiE, a WiE Portugal contribui para o avanço das mulheres na engenharia e tecnologia através do desenvolvimento profissional, mentoria, divulgação e envolvimento comunitário. Ao conectar estudantes, investigadores e profissionais, o grupo pretende criar oportunidades de colaboração e inspiração entre gerações de engenheiros.

Neste artigo, apresentamos o novo Comité Executivo do Grupo de Afinidade IEEE WiE Portugal, descrevemos o papel da IEEE WiE Portugal e os seus objetivos, destacamos a colaboração com os *Student Branches (SB)* e discutimos iniciativas que visam o avanço da igualdade e o aumento da participação das mulheres no mercado de trabalho.

A Equipa do Grupo de Afinidade IEEE WiE Portugal - 2026

A equipa executiva do Grupo de Afinidade WiE do IEEE Portugal para 2026 é constituída por cinco membros: uma Presidente, duas Vice-Presidentes, uma Tesoureira e uma Secretária (Figura 1). Juntas, representam uma vasta gama de conhecimentos em engenharia, desde a inteligência artificial e a robótica aos sistemas biomédicos e às tecnologias energéticas.

Susana Vieira, Presidente, é docente no Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, na área da engenharia mecânica, e investigadora em inteligência artificial e sistemas inteligentes aplicados à engenharia.

Fernanda Coutinho, Vice-Presidente, é docente no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, nas áreas de engenharia eléctrica e biomédica, e investigadora em robótica médica e sistemas embebidos.

Ana Lopes, Vice-Presidente, é docente na Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico

In 2026, the IEEE WiE Affinity Group Portugal begins a new chapter with a newly elected leadership team. Representing different higher education institutions, engineering disciplines, and career stages, the team shares a common goal: to strengthen the WiE community in Portugal and promote a more inclusive and diverse engineering ecosystem.

As part of the global IEEE WiE network, WiE Portugal contributes to advancing women in engineering and technology through professional development, mentoring, outreach, and community engagement. By connecting students, researchers, and professionals, the group aims to create opportunities for collaboration and inspiration across generations of engineers.

In this article, we present the new Executive Committee of the IEEE WiE Portugal Affinity Group, outline the role of IEEE WiE Portugal and its objectives, highlight collaboration with Student Branches (SB), and discuss initiatives aimed at advancing equality and increasing women's participation in the workforce.

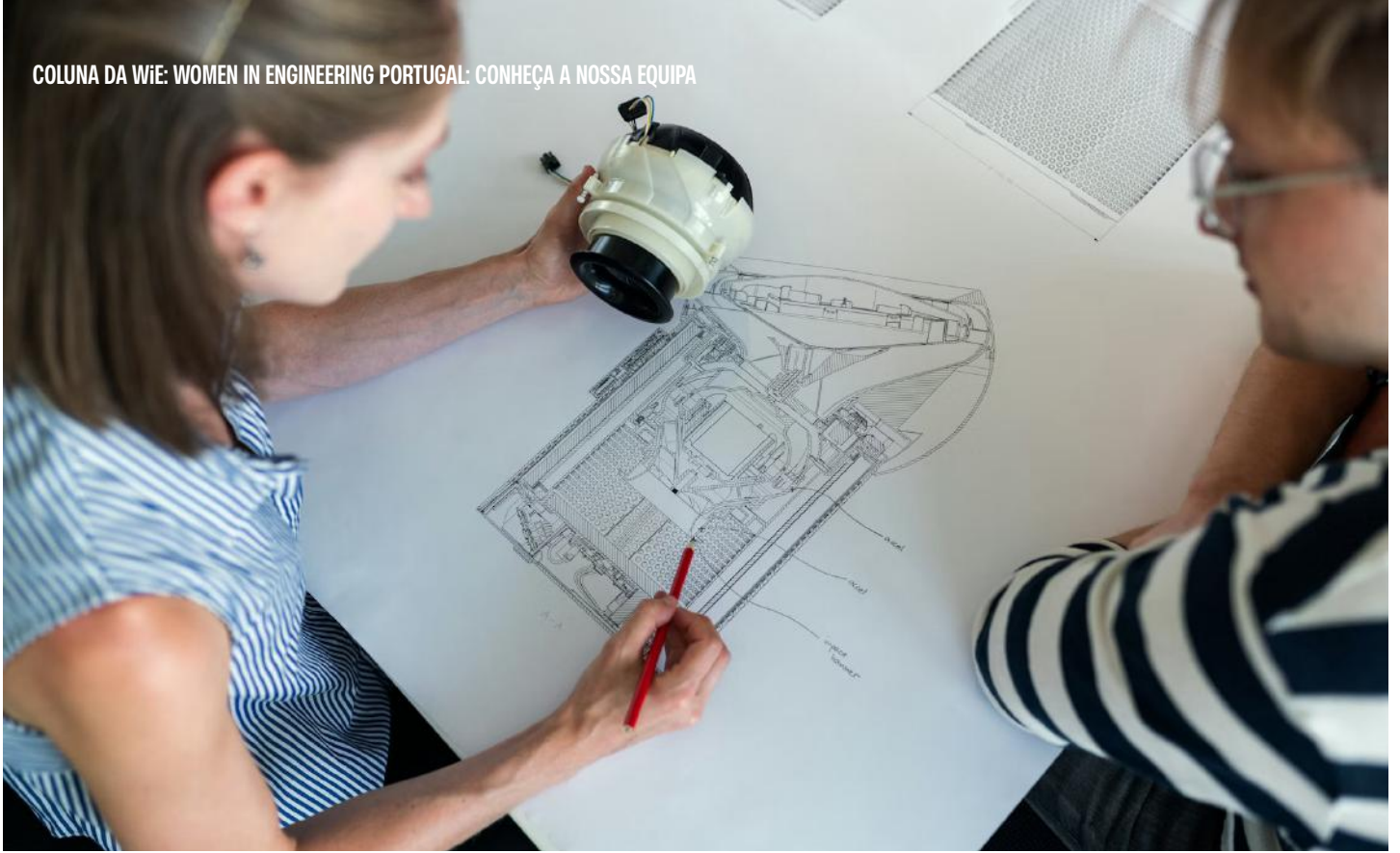
IEEE WiE Affinity Group Portugal Team - 2026

The IEEE WiE Affinity Group Portugal leadership team for 2026 consists of five members: a Chair, two Vice-Chairs, a Treasurer, and a Secretary. (Fig. 1). Together, they represent a broad range of expertise across engineering, from artificial intelligence and robotics to biomedical systems and energy technologies.

Susana Vieira, Chair, is a professor at Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, in the field of mechanical engineering, and a researcher in artificial intelligence and intelligent systems applied to engineering.

Fernanda Coutinho, Vice-Chair, is a professor at the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, in the fields of electrical and biomedical engineering, and a researcher in medical robotics and embedded systems.

Ana Lopes, Vice-Chair, is a professor at Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, in the field of electrical and computer engineering, and a researcher in the fields of robotics



de Tomar, na área da engenharia electrotécnica e de computadores, e investigadora nas áreas da robótica e dos sistemas inteligentes.

Sarah Joosab, Tesoureira, é estudante do último ano de mestrado em engenharia mecânica no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, com experiência académica internacional e envolvimento ativo em iniciativas do IEEE que promovem as mulheres na investigação em STEM e transição energética.

Joana Santos, Secretária, é docente na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, na área da informática, e investigadora em inteligência artificial aplicada a dados de saúde.

O Papel da IEEE WiE Portugal

Como parte da rede global IEEE WiE, a IEEE WiE Portugal desempenha um papel importante na promoção de uma comunidade de engenharia inclusiva, diversificada e representativa. O nosso propósito não é apenas apoiar as mulheres nas áreas das STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), mas também promover a criação de ambientes onde o talento, a criatividade e a determinação possam prosperar, independentemente do género.

Além disso, a nossa missão é melhorar a igualdade e a diversidade. A ciência é feita por todos nós e só se estivermos unidos poderemos melhorar a tecnologia.

O nosso objetivo é representar as mulheres nas várias fases das suas vidas e carreiras, de forma a criar um sistema de apoio e um exemplo a seguir para as dificuldades e desafios que ainda enfrentamos no nosso dia a dia enquanto mulheres e profissionais.

and intelligent systems.

Sarah Joosab, Treasurer, is a final-year Master's student in mechanical engineering at Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, with international academic experience and active involvement in IEEE initiatives promoting women in STEM and energy transition research.

Joana Santos, Secretary, is a professor at the Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, in the field of informatics, and a researcher in artificial intelligence applied to health data.

The Role of IEEE WiE Portugal

As part of the global IEEE WiE network, IEEE WiE Portugal plays an important role in promoting an inclusive, diverse, and representative engineering community. Our purpose is not only to support women in STEM, but also to promote the creation of environments where talent, creativity and determination can thrive regardless of gender.

Additionally, our mission is to improve equality and diversity. Science is made by all of us and only if we become united we can improve technology.

We aim to represent women in the various stages of their lives and careers in order to create a support system and example setting for the difficulties and challenges that we still handle in our daily lives as women and professionals.

Science and engineering benefit from diverse perspectives, and inclusive environments allow ideas and solutions to emerge more effectively. By encouraging collaboration and representation across academia, industry, and education, WiE Portugal seeks to contribute to a more equitable and innovative

A ciência e a engenharia beneficiam de diversas perspetivas, e os ambientes inclusivos permitem que as ideias e as soluções surjam de forma mais eficaz. Ao incentivar a colaboração e a representatividade na academia, na indústria e na educação, a WiE Portugal procura contribuir para um panorama tecnológico mais equitativo e inovador.

O Que Pretendemos Fazer

A nossa missão é promover a inclusão, o empoderamento e as oportunidades nas áreas da engenharia e da tecnologia. Procuramos incentivar as mulheres em diferentes fases dos seus percursos, académicos e profissionais, abrindo oportunidades de conexão, mentoria e inspiração. Temos também como objetivo criar *webinars* ao longo do ano, nos quais são abordados e discutidos temas relevantes, dando espaço para que as participantes possam contribuir. Acreditamos que, ao partilhar histórias e experiências de outras pessoas, podemos orientar e inspirar as gerações mais jovens.

Colaboração com *Student Branches*: Atividades e Iniciativas

Uma das principais prioridades da nova equipa é reforçar as ligações dentro do ecossistema IEEE em Portugal, particularmente com os SBs do IEEE. Estes ramos representam uma rede vibrante de estudantes e jovens profissionais que desempenham um papel fundamental na formação da futura comunidade de engenharia.

Ao promover uma colaboração mais forte entre a WiE Portugal e os *Student Branches*, o grupo pretende apoiar os Grupos de Afinidade WiE locais, incentivar a participação em iniciativas do IEEE e criar uma rede nacional mais conectada de mulheres engenheiras e aliadas.

A Inspirar a Próxima Geração de Engenheiras

Outro foco central da WiE Portugal é a divulgação junto das estudantes mais jovens, particularmente as do ensino secundário que estão a começar a explorar possíveis carreiras.

Muitas estudantes desconhecem a vasta gama de oportunidades disponíveis em engenharia e tecnologia. Através de eventos de divulgação, palestras e iniciativas educativas, a WiE Portugal procura tornar a engenharia mais visível e acessível, ajudando as estudantes a compreender o que os estudos de engenharia envolvem e o impacto social que as engenheiras podem ter.

A partilha de experiências pessoais e percursos profissionais é uma forma importante de inspirar as estudantes e encorajar as jovens mulheres a seguir carreiras em STEM.

Promover a Igualdade e a Participação das Mulheres no Mercado de Trabalho

A WiE Portugal defende também uma maior igualdade e representatividade nos ambientes de trabalho de

technological landscape.

What We Aim to Do

Our mission is to promote inclusion, empowerment and chances within engineering and technology fields. We aim to encourage women at different stages of their paths, academic and professional, by opening opportunities for connection, mentoring and inspiration. We also have the goal to create webinars along the year where relevant topics are approached and discussed, giving space for the participants to step in. We believe that by sharing other people's stories and situations we can guide and create enthusiasm among the younger generations.

Collaboration with Student Branches: Activities and Initiatives

A key priority for the new team is to strengthen connections within the IEEE ecosystem in Portugal, particularly with IEEE SBs. These branches represent a vibrant network of students and young professionals who play a critical role in shaping the future engineering community.

By fostering stronger collaboration between WiE Portugal and Student Branches, the group aims to support local WiE Affinity Groups, encourage participation in IEEE initiatives, and create a more connected national network of women engineers and allies.

Inspiring the Next Generation of Engineers

Another central focus of WiE Portugal is outreach to younger students, particularly those in secondary education who are beginning to explore potential career paths.

Many students are unaware of the wide range of opportunities available in engineering and technology. Through outreach events, talks, and educational



Image by Sora Photography, on Unsplash

As Nossas Biografias



Susana Vieira
Presidente
Chair

Susana Vieira (Presidente) é atualmente Professora Associada com Habilitação no Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade de Lisboa e Investigadora Sénior no Centro de Sistemas Inteligentes do IDMEC e da LAETA. Obteve o Doutoramento em Engenharia Mecânica pelo IST da Universidade de Lisboa em 2010. É Editora Associada do IEEE Transactions on Fuzzy Systems, como General Chair do Fuzz-IEEE 2026 e membro do IEEE Fuzzy Systems Technical Committee. A sua investigação centra-se na inteligência computacional, inteligência artificial, aprendizagem automática, otimização e meta-heurísticas, sistemas *fuzzy*, indústria inteligente e apoio à decisão baseado em dados na área da saúde. É membro do IEEE, da IEEE Computational Intelligence Society, da IEEE Women in Engineering e da IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society. Contacte-a através do endereço susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt.

Our Biographies

Susana Vieira (Chair) is currently an Associate Professor with Habilitation at Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, and a Senior Researcher with the Intelligent Systems Center of IDMEC and LAETA. She received the Ph.D. degree in Mechanical Engineering from IST, University of Lisbon, in 2010. She serves as an Associate Editor for IEEE Transactions on Fuzzy Systems, as General Chair of Fuzz-IEEE 2026, and is a member of the IEEE Fuzzy Systems Technical Committee. Her research focuses on computational intelligence, artificial intelligence, machine learning, optimization and metaheuristics, fuzzy systems, smart industry, and data-driven decision support in healthcare. She is a member of IEEE, the IEEE Computational Intelligence Society, IEEE Women in Engineering and IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society. Contact her at susana.vieira@tecnico.ulisboa.pt.



Fernanda Coutinho
Vice-Presidente
Vice-Chair

Fernanda Coutinho (Vice-Presidente) é Professora Coordenadora no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), Instituto Politécnico de Coimbra, e investigadora e membro fundador do Centro de I&D em Gestão de Ativos e Engenharia de Sistemas (RCM2+). É doutorada em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Coimbra, Portugal. Atualmente, preside ao Conselho do ISEC, coordena o Mestrado em Engenharia Biomédica do ISEC e é a representante nacional no comité europeu de normalização para dispositivos médicos implantáveis ativos. Os seus interesses de investigação incluem sistemas embebidos em tempo real, robótica médica e colaborativa. Colabora com a Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia. Contacte-a através do endereço fermaco@isec.pt.

Fernanda Coutinho (Vice-Chair) is a Coordinating Professor at the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), Instituto Politécnico de Coimbra, and a researcher and founding member of the R&D Center for Asset Management and Systems Engineering (RCM2+). She received a PhD in Electrical Engineering from Universidade de Coimbra, Portugal. She currently serves as President of the ISEC Council, Coordinator of the ISEC MSc in Biomedical Engineering, and is the national representative in the European standardization committee for active implantable medical devices. Her research interests include real-time embedded systems, medical and collaborative robotics. She collaborates with the "Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia". Contact her at fermaco@isec.pt.



Ana Lopes
Vice-Presidente
Vice-Chair

Ana Lopes (Vice-Presidente) é Professora Adjunta no Instituto Politécnico de Tomar, Portugal. Obteve o Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e Informática pela Universidade de Coimbra em 2013. É investigadora integrada no Centro de Investigação em Cidades Inteligentes e investigadora colaboradora ativa no Instituto de Sistemas e Robótica da Universidade de Coimbra. A sua investigação centra-se na robótica centrada no ser humano, na interação humano-robô e na computação afetiva. Recebeu o prémio de IEEE SMC Best Transactions Paper Award em 2022. Foi General Chair e Program Chair do IEEE ICARSC e organizou o Festival Nacional de Robótica 2023 com mais de 400 participantes e 10 000 visitantes. É também Vice-Presidente do Capítulo Português de Robótica e Automação do IEEE. Contacte-a através do endereço anacris@ipt.pt.

Ana Lopes (Vice-Chair) is an Adjunct Professor at the Instituto Politécnico de Tomar, Portugal. She received the Ph.D. in Electrical and Computer Engineering from the Universidade de Coimbra in 2013. She is an integrated researcher at the Smart Cities Research Center and an active collaborating researcher at the Institute of Systems and Robotics of the University of Coimbra. Her research focuses on human-centered robotics, human-robot interaction and affective computing. She received the 2022 IEEE SMC Best Transactions Paper Award. She served as General Chair and Program Chair of the IEEE ICARSC, and organized the Festival Nacional de Robótica 2023 with over 400 participants and 10,000 visitors. She also serves as Vice-Chair of the IEEE Portuguese Robotics and Automation Chapter. Contact her at anacris@ipt.pt.



Sarah Joosab
Tresoureira
Treasurer

Sarah Joosab (Tresoureira) é aluna do último ano do Mestrado em Engenharia Mecânica, com especialização em Energia, no Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. O seu percurso académico internacional inclui estudos na Universidade Técnica de Munique e no Politécnico de Milão. Os seus interesses académicos e técnicos centram-se fortemente na transição energética, nas energias renováveis, na sustentabilidade e na descarbonização dos sistemas energéticos. A sua dissertação de mestrado explora a integração de fontes de calor renováveis nas redes de aquecimento urbano. Paralelamente ao seu trabalho académico, ocupou cargos de liderança no IEEE, incluindo a vice-presidência do IEEE WiE IST, e foi a criadora e organizadora do EmpowHER, uma iniciativa dedicada à promoção das mulheres nas STEM. Foi também galardoada com o prémio IEEE Portugal Section Outstanding Student Member Award 2024. Contacte-a pelo e-mail sarah.joosab@ieee-pt.org.

Sarah Joosab (Treasurer) is a final-year Master's student in Mechanical Engineering, specializing in Energy, at Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Her international academic path includes studies at the Technical University of Munich and Politecnico di Milano. Her academic and technical interests are strongly focused on the energy transition, renewable energy, sustainability, and the decarbonization of energy systems. Her master's thesis explores the integration of renewable heat sources into district heating networks. Alongside her academic work, she has held leadership roles within IEEE, including Vice-Chair of IEEE Women in Engineering IST, and was the creator and organizer of EmpowHER, an initiative dedicated to promoting women in STEM. She was also awarded the IEEE Portugal Section Outstanding Student Member Award 2024. Contact her at sarah.joosab@ieee-pt.org.



Joana Santos
Secretária
Secretary

Joana Santos (Secretária) é Professora Auxiliar no Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Obteve o Doutoramento em Engenharia Informática pela Universidade de Coimbra em 2025 e tem formação em Engenharia Biomédica. A sua investigação centra-se no desenvolvimento de métodos de *machine learning* e orientados por dados para lidar com dados imperfeitos e incompletos, com particular ênfase nos desafios da falta de dados em imagem médica. Recebeu o prémio de Melhor Artigo de Aplicação na conferência IEEE DSAA e desempenhou também funções de liderança no ramo estudantil do IEEE na Universidade de Coimbra. Contacte-a através do endereço jcsantos@ciencias.ulisboa.pt.

Joana Santos (Secretary) is an Assistant Professor at the Departamento de Informática, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. She earned her Ph.D. in Informatics Engineering from the Universidade de Coimbra in 2025 and holds a background in Biomedical Engineering. Her research focuses on developing machine learning and data-driven methods to address imperfect and incomplete data, with particular emphasis on missing data challenges in medical imaging. She has received the Best Application Paper Award at the IEEE DSAA conference and also held leadership roles in the IEEE Student Branch at the Universidade de Coimbra. Contact her at jcsantos@ciencias.ulisboa.pt.

engenharia e no meio académico.

O talento e a inovação não são definidos por género. Ambientes de trabalho inclusivos que permitam a todos os indivíduos contribuir, colaborar e liderar são essenciais para o avanço da tecnologia e para a resolução de desafios globais complexos. Ao promover o diálogo, a mentoria e a visibilidade das mulheres engenheiras, a WiE Portugal espera contribuir para uma força de trabalho de engenharia mais equilibrada e representativa.

Conclusão

Através da colaboração, mentoria, divulgação e envolvimento comunitário, o Grupo de Afinidade WiE do IEEE Portugal pretende fortalecer a comunidade nacional de engenharia e inspirar as futuras gerações de engenheiras.

Com a sua nova equipa de liderança e um renovado compromisso com a inclusão e a diversidade, o WiE Portugal espera expandir as suas atividades e criar oportunidades significativas para estudantes, investigadoras e profissionais de todo o país. 📧

initiatives, WiE Portugal seeks to make engineering more visible and accessible, helping students understand what engineering studies involve and the societal impact engineers can have.

Sharing personal experiences and professional journeys is an important way to inspire students and encourage young women to pursue careers in STEM.

Advancing Equality and Women's Participation in the Workforce

WiE Portugal also advocates for greater equality and representation in engineering workplaces and academic environments.

Talent and innovation are not defined by gender. Inclusive work environments that enable all individuals to contribute, collaborate, and lead are essential for advancing technology and addressing complex global challenges. By promoting dialogue, mentorship, and visibility of women engineers, WiE Portugal hopes to contribute to a more balanced and representative engineering workforce.

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

Nota do Editor • Editor's Note

A versão original deste artigo foi submetida em Inglês, e a respetiva tradução para Português foi feita pela equipa editorial. Este artigo segue o acordo ortográfico em vigor.

The original version of this article was submitted in English, and its translation to Portuguese was performed by the editing team.

Referências • References


1. Winnie Ye's Message – January 2026, IEEE Women in Engineering. Accessed in March 2026. URL: <https://wie.ieee.org/winnie-yes-message-january-2026/#:~:text=Membership%20Numbers:2058%2C486%2C%20a%2013.7%25%20increase%20over%20YoY>
2. IEEE WiE-Portugal Section History, IEEE WiE Portugal. Accessed in March 2026. URL: <https://site.ieee.org/portugal-wie/index.php/ieee-wie-portugal/historia/>

Imagem • Image

Imagem por • Image by Duy Pham, on Unsplash.

Conclusion

Through collaboration, mentoring, outreach, and community engagement, the IEEE WiE Affinity Group Portugal aims to strengthen the national engineering community and inspire future generations of engineers.

With its new leadership team and renewed commitment to inclusion and diversity, WiE Portugal looks forward to expanding its activities and creating meaningful opportunities for students, researchers, and professionals across the country. 

PRECISA DE VOLUNTÁRIOS? NÓS PODEMOS AJUDAR A ENCONTRÁ-LOS.

A IEEE Volunteering torna a procura de voluntários mais fácil. Através da nossa plataforma, os membros IEEE podem publicitar oportunidades de voluntariado—sejam a curto ou longo prazo, locais ou remotos, ou requerendo diferentes skills. Somos flexíveis!

NEED VOLUNTEERS? WE'LL HELP YOU FIND THEM.

IEEE Volunteering makes finding qualified participants easier. Through our platform, IEEE members can advertise their open volunteering opportunities—be it short or long-term, local or remote, or requiring different skills. We're flexible!

Para saber mais e começar já hoje, visite:

To learn more and get started today, visit:

volunteer.ieee.org



Conecta. Apoia. Inspira.

Connect.
Support.
Inspire.



IEEE Women in Engineering (WiE) é uma organização profissional global dedicada a inspirar, envolver e promover a mulher em disciplinas técnicas em todo o mundo.

IEEE Women in Engineering (WiE) is a global professional organization dedicated to inspiring, engaging and advancing women in technical disciplines globally.

Seja membro da IEEE Women in Engineering!

Inscreva-se gratuitamente como membro do grupo de afiliação IEEE WiE e não perca a oportunidade de contribuir.

Be a member of IEEE Women in Engineering!

Subscribe membership at no cost in the IEEE WiE affiliation group and don't lose the opportunity to contribute.



Como a IA está a mudar o panorama do Ensino Superior (e o que podemos fazer a esse respeito)

How AI is changing the Higher Education landscape (and what can we do about it)



Por-By Pedro Rodrigues Ribeiro, João Francisco Belo, Samuel Carvalho, José Almeida

doi: 10.5281/zenodo.19058132

A IEEE Young Professionals Portugal trabalha na vanguarda da academia e da indústria, colaborando com jovens engenheiros para construir conhecimento sólido e duradouro como base para uma carreira longa e sólida. Apresentamos aqui uma visão geral da GenAI, a tecnologia por detrás da mesma, o fenómeno e as suas implicações. Para nós, esta tecnologia não é apenas uma nova ferramenta, representa uma verdadeira mudança na forma como nós, enquanto jovens engenheiros, resolvemos problemas e definimos a nossa identidade profissional à medida que passamos da sala de aula para a indústria.

IEEE Young Professionals Portugal works at the forefront of academia and industry, working with young engineers to build lasting, durable knowledge as a baseline for a long-lasting and strong career. We present here a look into GenAI, the technology behind it, the phenomenon, and its implications. For us, this technology is not just a new tool, it represents a real shift in how we, as young engineers, solve problems and define our professional identity as we move from the classroom into the industry.

A 30 de novembro de 2022, o ChatGPT foi lançado como uma pré-visualização de pesquisa na sua versão 3.5 refinada. Pouco tempo depois, o GPT-4 foi lançado como um grande salto com a capacidade de processar imagens e o primeiro modelo a passar no exame da Ordem no percentil 90. Seguiram-se os modelos Omni, GPT-4o e 4o mini, concebidos para interação em tempo real em suportes multimodais. Logo, os modelos o1 forneceram os primeiros modelos de "raciocínio", utilizando o processamento *Chain-of-Thought* para

On November 30th, 2022, ChatGPT launched as a research preview in its fine-tuned 3.5 version. Not long after, GPT-4 launched as a major leap with the ability to process images and the first ever model to pass the bar exam in the 90th percentile. This was followed by the Omni models, GPT-4o and 4o mini, designed for real-time interaction across multimodal media. Soon, the o1 models provided the first "reasoning" models, using Chain-of-Thought processing to solve complex math and coding problems. Now, the GPT-5 models



Pedro Rodrigues Ribeiro

Investigador em Pós-Doutoramento no Human Neurobehavioral Laboratory da Universidade Católica Portuguesa. Docente de Estatística e Neurociências. Tesoureiro do IEEE Young Professionals Portugal.

Post-Doctoral Researcher at the Human Neurobehavioral Laboratory of Universidade Católica Portuguesa. Lecturer in statistics and Neurosciences. Treasurer for IEEE Young Professionals Portugal.



resolver problemas complexos de matemática e programação. Atualmente, os modelos GPT-5 possuem as maiores janelas de contexto entre os GPTs e uma arquitetura de encaminhamiento unificada para o processamento de dados complexos e de raciocínio. Mas será que a GenAI possui conhecimento, e o que acontece quando lhe imputamos o poder da cognição?

Na verdade, a GenAI é um *Next-Token Predictor*, tal como os LLMs anteriores a esta: recebe uma entrada, processa-a e devolve o próximo *token* da sequência, até decidir que o próximo *token* é o último da sequência. A diferença entre os novos modelos e os anteriores reside na tecnologia por detrás dos mesmos, o *Transformer*. A arquitetura *Transformer* permite a "compreensão" através de *embeddings* e geometria vetorial. Mas, apesar da "compreensão" do contexto, a GenAI não pensa, não sabe e não é imune a erros ou alucinações. Ainda assim, o ser humano presenteia a IA com a ilusão de cognição.

A literatura predominante aponta para utilizadores humanos que confundem fluência e correção gramatical com sapiência e factos. Isto leva a um perigo maior, o da perda da Responsabilidade Epistémica. Os utilizadores tendem a pegar na saída de uma IA e colá-la no seu próprio trabalho, sem análise ou pensamento crítico, renunciando aos processos metacognitivos. No ensino superior, isto é especialmente problemático, uma vez que a metacognição faz parte da aprendizagem e de aprender a aprender. Portanto, a preguiça metacognitiva e a servidão cognitiva à IA são perigos reais e iminentes dos nossos tempos.

No entanto, a IA veio para ficar e, na verdade, nem tudo é negro. A literatura tem apontado a GenAI como uma ferramenta pedagógica valiosa, promovendo um maior dinamismo e ligação com o programa de estudos. Mas, face às desvantagens da tecnologia e aos seus aparentes benefícios, o uso ilimitado não é possível. A implementação da GenAI no Ensino Superior exige uma adaptação das estratégias pedagógicas e de avaliação, incentivando os alunos a não cederem à servidão cognitiva. Já foram feitas algumas sugestões, como a inclusão ativa e guiada da GenAI nas tarefas de sala de aula e nos processos de avaliação, discutindo as desvantagens de forma ampla e honesta com os alunos. Neste contexto, a compreensão da tecnologia e dos seus perigos por parte dos docentes é de extrema importância.

hold the largest context windows across GPTs and a unified routing architecture for fat and reasoning-type processing. But is GenAI knowledgeable, and what happens when we impute in it the power of cognition?

In truth, GenAI is a Next-Token predictor, just like LLMs before it; it receives an input, processes it, and returns the next token in the sequence, up until it decides the next token is the last in the sequence. The difference between novel models and those that came before is the technology behind them, the Transformer. Transformer architecture allows for "understanding" through embeddings and vector geometry. But, despite the "understanding" of context, GenAI does not think, it does not know, and it is not immune to being wrong or to hallucinations. Even so, oftentimes, the human person gifts AI with the illusion of cognition.

The prevailing literature points to human users confusing fluency and grammatical correctness with sapience and fact. This leads to a greater danger, that of the loss of Epistemic Responsibility. Users tend to take an AI's output and paste it into their own work, without analysis or critical thought, foregoing metacognitive processes. In higher education this is especially problematic, metacognition is a part of learning, and a part of learning how to learn. Therefore, metacognitive laziness and cognitive servitude to AI are real and imminent dangers of our times.

Yet AI is here to stay, and in fact, not all is grim. Literature has pointed to GenAI as a valuable pedagogical tool, fostering greater dynamism and connection to the syllabus. But, in the face of the disadvantages of the technology and its apparent benefits, boundless use is not possible. The implementation of GenAI in Higher Education demands an adaptation of pedagogical and assessment strategies, incentivizing students not to give in to cognitive servitude. Some suggestions have already been made, the active and guided inclusion of GenAI in classroom tasks and assessment processes, discussing the disadvantages amply and honestly with students. In this, lecturers understanding of the technology and its danger is of extreme importance.

These and other topics related to the border between academia and industry are the focus of IEEE Young Professionals. Our team works to provide training on this and such topics



João Francisco Belo

Engenheiro Biomédico a trabalhar no setor farmacêutico como Gestor de Ofertas na Recipharm. Presidente do IEEE Young Professionals Portugal.

Biomedical Engineer working in the Pharmaceutical Sector as an Offer Manager in Recipharm. Chair for IEEE Young Professionals Portugal.



Samuel Carvalho

Engenheiro de software embebido a trabalhar nos setores da aviação, espaço e defesa (ASD) na Critical Software. Vice-presidente do IEEE Young Professionals Portugal.

Embedded software engineer working for aviation, space and defense (ASD) in Critical Software. Vice-Chair for IEEE Young Professionals Portugal.



José Almeida

Doutorando na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Investigador no INESC TEC (Porto), Centro Hospitalar Universitário de São João (Porto) e Hospital Universitário da Universidade Ludwig-Maximilian (Munique). Secretário do IEEE Young Professionals Portugal.

PhD Student at the Faculty of Engineering of the University of Porto and a Researcher at INESC TEC (Porto), Centro Hospitalar Universitário de São João (Porto), and University Hospital of the Ludwig-Maximilian University (Munich). Secretary for IEEE Young Professionals Portugal.

Estes e outros temas relacionados com a fronteira entre a academia e a indústria são o foco do YP do IEEE. A nossa equipa trabalha para proporcionar formação sobre este e outros temas através de eventos presenciais, webinars e conteúdos informativos. Ao manterem-se conectados através do YP do IEEE, garantimos que os jovens profissionais portugueses não são apenas espectadores desta revolução, mas sim os líderes do amanhã que compreendem os limites éticos e técnicos da IA na Engenharia.

Junte-se a nós na construção de uma carreira sólida e valiosa como engenheiro! 📧

Nota de Edição • Editor's Note

A versão original deste artigo foi submetida em Inglês, e a respetiva tradução para Português foi feita pela equipa editorial. Este artigo segue o acordo ortográfico em vigor.

The original version of this article was submitted in English, and its translation to Portuguese was performed by the editing team.

through in-person events, webinars, and informational content. By staying connected through the IEEE YP, we ensure that Portuguese Young Professionals are not just spectators of this revolution, but rather the leaders of tomorrow who understand the ethical and technical limits of AI in Engineering.

Join us in building a strong and valuable career as an engineer! 📧

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.



Chamada para Voluntários Call for Volunteers

O voluntariado com a IEEE Young Professionals é uma oportunidade de te juntares a uma comunidade global de profissionais motivados, criativos e focados no impacto. Trabalha com equipas internacionais, contribui para programas relevantes e desenvolve competências que vão muito além da tua área técnica.

Isto é mais do que apenas voluntariado: é experiência, visibilidade, liderança e colaboração global, tudo numa única viagem.

Volunteering with IEEE Young Professionals is your chance to step into a global community of driven, creative, and impact-focused professionals. Work with international teams, contribute to meaningful programs, and build skills that go far beyond your technical domain.

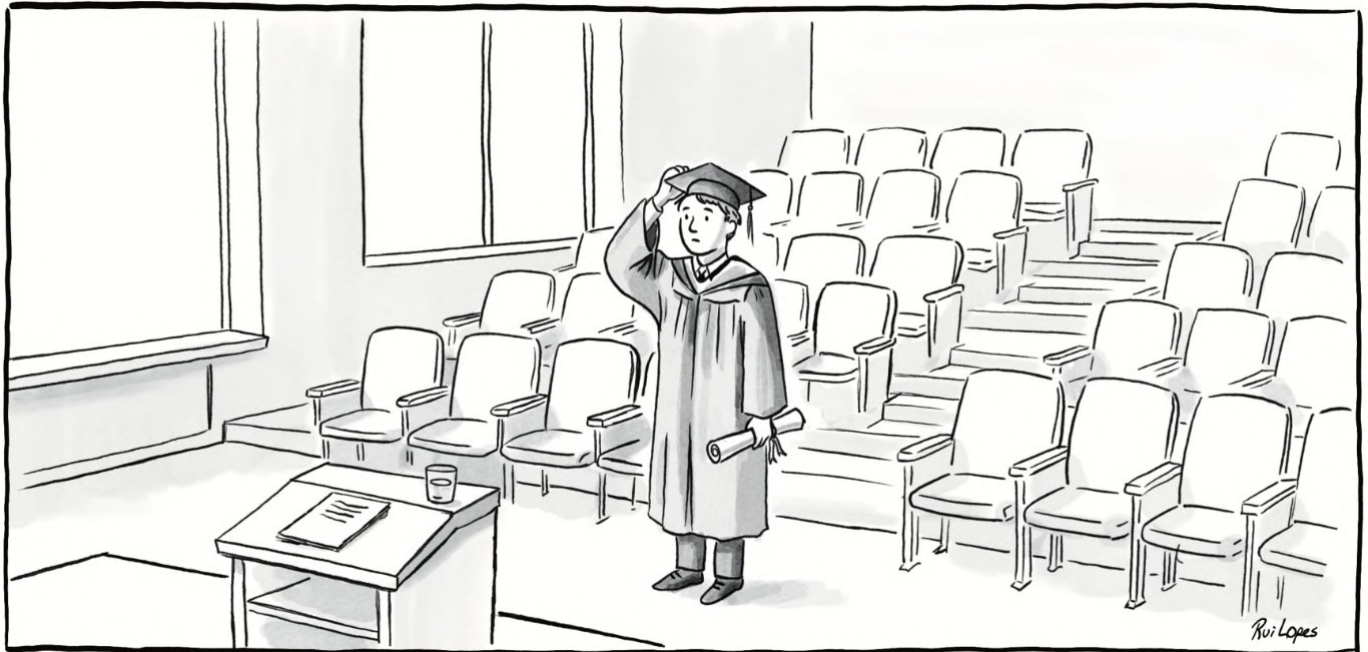
This is more than just volunteering: it's experience, exposure, leadership, and global collaboration all in one journey.

Cartoon da Época

Cartoon of the Season

Por Rui Eduardo Lopes - By Rui Eduardo Lopes

doi: 10.5281/zenodo.19467979



Defendi a minha tese. Tenho o diploma. Agora... onde está o curso sobre como estar à frente de trezentos alunos e não cair para o lado, simplesmente?

I have defended. I have the degree. Now... where is the orientation on how to stand in front of three hundred students and not immediately perish?

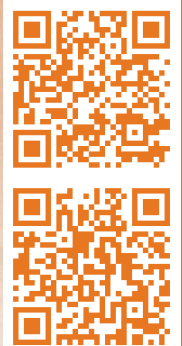
O **Capítulo de Educação** e o **Education's Digest** já estão nas redes sociais
Já nos segue no LinkedIn e no Instagram?

Both **Education Society Chapter** and **Education's Digest** are on the social networks.
Do you already follow us on LinkedIn and Instagram?

No · On Instagram:
[@ieeeducationpt](https://www.instagram.com/ieeeducationpt)
[@educationsdigest](https://www.instagram.com/educationsdigest)

No · On LinkedIn:
[linkedin.com/company/ieee-portugal-es](https://www.linkedin.com/company/ieee-portugal-es)

IEEE
Education
Society
Portugal
Chapter





MUD cards

como uma ferramenta de feedback
as a feedback learning tool

Os cartões MUD são uma ferramenta útil na aprendizagem ativa, permitindo que se faça a ponte entre diferentes aulas. Esta ferramenta oferece aos alunos a oportunidade de receber feedback específico sobre temas pouco claros, além de os incentivar a fazer perguntas de forma anónima, sem medo de serem julgados. Estas questões são depois respondidas pelo professor no início da aula ou sessão síncrona seguinte.

Para os professores, os cartões MUD fornecem informações valiosas sobre o progresso das suas turmas, permitindo-lhes adaptar os seus métodos de ensino para melhor se adequarem às necessidades dos seus alunos. Ajuda-os a encontrar o equilíbrio certo entre desafiar os alunos e manter um nível de dificuldade adequado.

Onde posso usar esta ferramenta?

Esta ferramenta poderá ser utilizada em aulas práticas e *workshops*, onde exista uma interação mais próxima entre professores e alunos, possibilitando um suporte mais individualizado. Embora este método seja facilmente compreensível para os alunos, também exige que os professores se envolvam num trabalho de preparação mais significativo nos bastidores, especialmente à medida que o número de alunos aumenta. No entanto, esta carga de trabalho pode ser reduzida eficazmente através da análise e categorização dos resultados por turma.

Esta ferramenta é particularmente eficaz em disciplinas que tenham uma forte continuidade temática entre aulas/sessões, uma vez que ajuda a minimizar a probabilidade de os alunos ficarem atrasados nos seus estudos. Ao promover a continuidade e a ligação entre as sessões do curso, os cartões MUD facilitam uma experiência de aprendizagem mais tranquila e a manter o ritmo.

O que preciso para começar a usar os cartões?

Os requisitos para usar os cartões MUD são mínimos. Tudo o que é necessário é ter um conjunto de folhas de tamanho A6, contendo perguntas orientadoras para os alunos responderem. As folhas podem incluir questões como: Qual foi o tema menos compreendido durante a aula? Há algum tema que gostaria que revisássemos? Há algo sobre o qual gostaria de saber mais, da aula ou relacionado com a programação? Há algo da aula anterior que sinta que não compreendeu? Ao fornecer aos alunos estas questões, estes podem facilmente dar *feedback* sobre o progresso das aulas. Opcionalmente, poder-se-á optar por introduzir uma pergunta separada especificamente para recolher *feedback*.

Ambas versões dos modelos de cartões MUD, em português e inglês, estão disponíveis publicamente para utilização (mais informações no final deste artigo).

Para além dos próprios cartões, pode ser útil criar uma folha de cálculo para categorizar os cartões com base nos tópicos, subtópicos, nível de detalhe e formato. Um modelo para esta folha de cálculo, em português e inglês, está igualmente disponível para uso. Mais adiante neste artigo faremos uma descrição detalhada sobre como categorizar os cartões de forma eficaz.

MUD cards serve as a useful tool in active learning, bridging the gap between different class sessions. They offer students a chance to receive specific feedback on unclear topics, while also encouraging them to ask questions anonymously without the fear of being judged. These questions are then addressed by the teacher at the beginning of the next session.

For teachers, MUD cards provide valuable insights into the progress of their classes, enabling them to adapt their teaching methods to better meet their students' needs. It helps them strike the right balance between challenging students and maintaining an appropriate level of difficulty.

Where can I use this tool?

This active learning tool is typically utilized in practical and workshop classes, where there is closer interaction between teachers and students, making it feasible to provide individualized assistance. While this method is easily comprehensible for students, it requires teachers to engage in significant preparatory work behind the scenes, especially as the number of participating students increases. However, this workload can be effectively reduced by analyzing and categorizing the results on a per-class basis.

This tool holds particular efficacy in courses that build upon previous sessions, as it helps minimize the likelihood of students falling behind in their studies. By fostering continuity and connection between course sessions, MUD cards facilitate a smoother learning experience and help students maintain their momentum.

What do I need to start using this tool?

In reality, the requirements for using MUD cards are quite minimal. All that is needed is a set of A6-sized paper sheets containing appropriate prompts for students to respond to. The prompts can include questions such as: "Which was the least understood topic during the class? Is there any topic you want us to review? Is there anything you want to know more about, from the class or related to programming? Is there anything from the class before you feel you did not get it?". By providing students with these prompts, they can easily provide feedback on the progress of the sessions. Optionally, you may choose to introduce a separate prompt specifically for gathering feedback.

Both versions of the MUD card templates, in Portuguese and English, are publicly available for use (more information in the end of this article).

In addition to the cards themselves, it may be helpful to create a spreadsheet to categorize the cards based on topics, subtopics, level of detail, and format. A template for this spreadsheet, in both Portuguese and English, is also available for reference. Later in this document, there will be a detailed explanation on how to categorize the cards effectively.

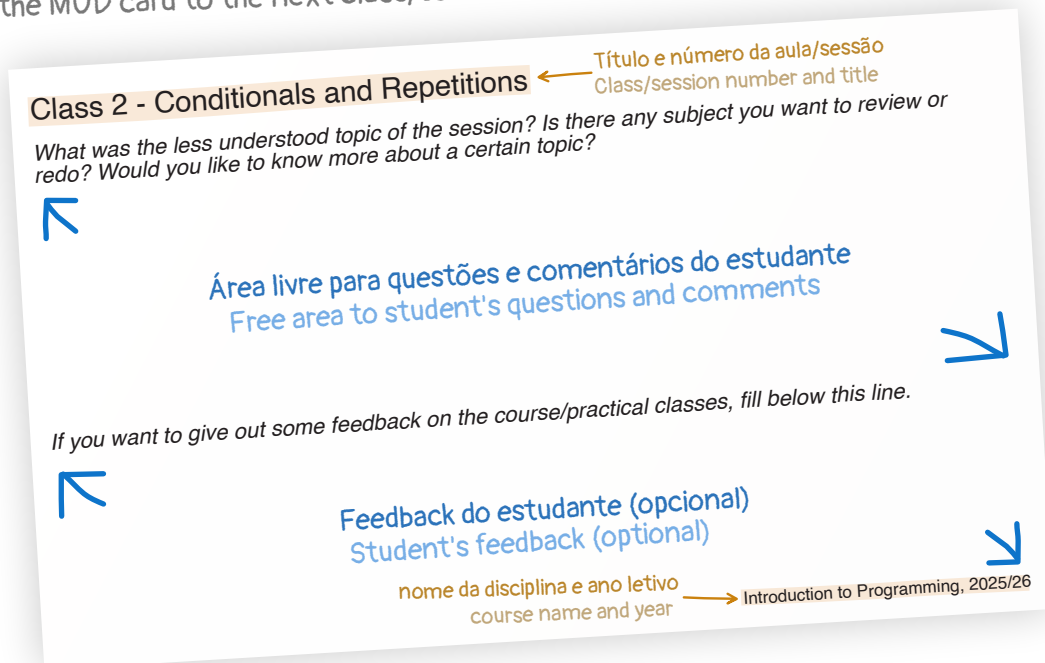
Protocolo da Ferramenta

O protocolo começa com os cartões MUD criados pelo professor para uma determinada aula. Consideremos assim, que um professor lecionará a segunda aula de um semestre sobre o tópico de “Condiçionais e Repetições”, no âmbito de uma disciplina de Introdução à Programação.

Tool Protocol

The protocol starts with the teacher creating a MUD card for a given session. Let us consider that a teacher will have the second class session of the semester on “Conditionals and Repetitions”, in the context of an Introduction to Programming course.

1 Editar o cartão MUD para a aula/sessão seguinte
Edit the MUD card to the next class/session



2 Entregar os cartões aos estudantes 30 minutos antes do fim da sessão
Hand-out MUD cards to students in the last 30 minutes of the session

Pedir para preencher os cartões sem mostrar ser obrigatório, mas sim altamente recomendável! Questões, desenhos, ...
Ask them to fill in questions, but tell them they are not mandatory, but highly recommended! Questions, drawings, ...

3 Pedir para que dobrem as folhas em 4
Request students to fold the MUD cards

Depois de dobrar, deixar num saco ou mesa à saída da sala.
After folding, leave them at a bag or teacher's desk, before exiting the classroom.



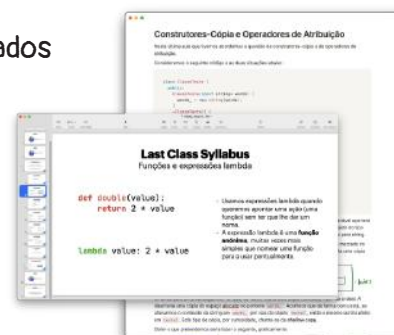
4 Analisar e Categorizar comentários
Analyze and Categorize comments

5 Obter estatísticas e resultados de progresso
Get statistics and progress results



6 Preparar exposição de resultados
Prepare result exposition

Preparar uma apresentação ou um documento de acesso fácil pelos alunos com as respostas às questões.
Prepare a simple presentation or an easy-to-access document with all the answers to the students questions.



Categorização do conteúdo dos cartões

Depois de recolher os cartões MUD dos alunos, o professor pode abri-los e organizar o seu conteúdo. Categorizar o conteúdo dos cartões em tópicos específicos pode ser particularmente útil. Os temas recomendados para categorização são os seguintes:

- **Conceito da aula atual:** A questão do aluno refere-se a um conceito recentemente introduzido e abordado na aula que decorreu.
- **Conceito da aula anterior:** A questão do aluno relaciona-se com um conceito que foi apresentado anteriormente na disciplina.
- **Conceito da próxima aula:** A questão do aluno está alinhada com um conceito que será abordado em aulas futuras.
- **Para além do curso ou curiosidade:** A questão do aluno abrange um conceito fora do tema, não diretamente relacionado com a disciplina em si, mas ligado à área de estudo.
- **Feedback:** A questão do aluno consiste num comentário ou sugestão sobre o progresso das aulas ou do curso como um todo.

Estes tópicos categorizados permitem ao professor obter uma compreensão geral do progresso dos alunos na assimilação do conteúdo ensinado. Ao analisar as percentagens de questões relativas a novos conceitos em comparação com conceitos anteriores, o professor pode obter uma avaliação inicial do progresso dos alunos de acordo com as expectativas, permitindo a resolução atempada dos problemas. Mais detalhes sobre este tipo de análise serão fornecidos posteriormente neste documento.

Para refinar ainda mais a identificação do conteúdo específico mencionado pelos alunos num conjunto de novos cartões MUD, pode ser benéfico incluir subtópicos. Estes subtópicos especificam o conceito ou a questão específica a que cada cartão MUD se refere. Por exemplo, se uma aula se focar em "Conditioais e Repetições", podem ser utilizados subtópicos como "declarações *if*" e "declarações *for*". A inclusão de subtemas auxilia o professor na organização e no esclarecimento das dúvidas durante a apresentação das respostas.

Além disso, é essencial indicar o nível de detalhe fornecido numa pergunta ou comentário. Este nível de detalhe pode ser avaliado através de uma escala pequena e eficaz, como valores baixo-médio-alto, permitindo ao professor avaliar a profundidade da compreensão de um conceito específico por parte de um aluno ou grupo de alunos. Por exemplo, voltando à sessão sobre "Conditioais e Repetições", uma questão com poucos detalhes poderia ser "Não percebi os *ifs*", uma questão com detalhes médios poderia ser "Porque temos instruções *for* se já temos instruções *while*?" e uma questão com muitos detalhes poderia ser "Estou familiarizado com linguagens que utilizam o casamento de padrões, como o Rust. A instrução *switch-case* nesta linguagem tem uma função semelhante?"

Por fim, uma vez que os alunos têm uma área designada nos cartões MUD para utilizarem como quiserem, é valioso manter um registo de como

Card content categorization

Once MUD cards have been collected from students, the teacher can proceed to open them and organize their content. Categorizing the card's contents into specific topics can be particularly helpful. The recommended topics for categorization are as follows:

- **Current class concept:** The student's issue pertains to a newly introduced concept covered in the most recent session.
- **Past class concept:** The student's issue relates to a concept that was previously introduced in the course.
- **Future class concept:** The student's issue is aligned with a concept that will be covered in future sessions.
- **Beyond-the-course or curiosity:** The student's issue encompasses an off-topic concept, not directly related to the course itself, but connected to the broader field of study.
- **Feedback:** The student's issue consists of a comment or suggestion regarding the progress of the sessions or the course as a whole.

These categorized topics enable the teacher to gain a high-level understanding of students' progress in grasping the taught content. By analyzing the percentages of questions relative to new concepts compared to past concepts, the teacher can obtain an initial assessment of students' progress in line with expectations, allowing for timely issue resolution. Further details on this type of analysis will be provided later in this document.

To further refine the identification of the specific content mentioned by students in a set of new MUD cards, it can be beneficial to include subtopics. These subtopics specify the particular concept or question that each MUD card is referring to. For example, if a class session focuses on "Conditionals and Repetitions," subtopics such as "*if* statements" and "*for* statements" could be used. The inclusion of subtopics assists the teacher in organizing and addressing the questions during the answer presentation.

Additionally, it is essential to indicate the level of detail provided in a question or comment. This level of detail can be assessed using a small and effective scale, such as low-medium-high values, enabling the teacher to gauge the depth of understanding of a specific concept by a student or group of students. For instance, referring back to the session on "Conditionals and Repetitions," a low-detailed issue could be "I didn't understand *ifs*," a medium-detailed issue could be "Why do we have *for* statements if we already have *while* statements?" and a highly detailed issue could be "I am familiar with languages that use pattern matching, like Rust. Does the *switch-case* statement in this language serve a similar purpose?"

Lastly, since students have a designated area on the MUD cards to use as they wish, it is valuable to keep a record of how students utilize that space. It is recommended to track the format of the question, distinguishing between text-based issues/comments and drawings. While the majority of cards may primarily contain text-based feedback, the inclusion of drawing or diagrams can provide alternative insights. For example, in subjects related to computational

ABORDAGENS: MUD CARDS COMO UMA FERRAMENTA DE FEEDBACK

utilizam esse espaço. Recomenda-se o acompanhamento do formato da questão, distinguindo entre questões/comentários baseados em texto e desenhos. Embora a maioria dos cartões possa conter principalmente feedback baseado em texto, a inclusão de desenhos ou diagramas pode fornecer informações alternativas. Por exemplo, em assuntos relacionados com o pensamento computacional, os desenhos ou diagramas podem transmitir ideias para a modelação ou resolução de problemas de forma eficaz.

Para acompanhar estes dados de forma eficaz, recomenda-se a utilização de uma folha de cálculo ou de uma tabela simples. A tabela deve incluir colunas como "número da turma", "conteúdo", "formato", "tópico", "subtópico" e "nível de detalhe" para manter registos completos.

thinking, drawings or diagrams can effectively convey ideas for modeling or problem-solving.

To effectively track this data, utilizing a spreadsheet or a simple table is highly recommended. The table should include columns such as "class number," "contents," "format," "topic," "subtopic," and "level of detail" to maintain comprehensive records.

Get statistics on content

Analyzing statistics using MUD card data is a straightforward task that provides valuable insights.

The first set of data to extract from the MUD cards is the level of student interest in the course. As the completion of cards should be optional, it is beneficial

Aula # Class #	Conteúdo Contents	Formato Format	Tópico Topic	Sub-tópico Sub-topic	Detalhe Detail
...
2	Como é que a instrução while funciona? <i>How does while work?</i>	Texto <i>Text</i>	Conceito de aula atual <i>Current class concept</i>	Expressão while <i>while expression</i>	Baixo <i>Low</i>
2	Eu gostaria de saber como é que eu poderia calcular diretamente com objetos de tempo como (seconds, minutes, hours) <i>I would like to know how could I directly compute with time objects such as (seconds, minutes, hours)</i>	Texto <i>Text</i>	Conceito de aula futura <i>Future class concept</i>	Estruturas de dados <i>Data Structures</i>	Alto <i>High</i>
2	Porque é que <code>print("{:2d}".format(6418))</code> não mostra só os primeiros 2 dígitos? <i>Why is <code>print("{:2d}".format(6418))</code> not showing just the first 2 digits?</i>	Texto <i>Text</i>	Conceito de aula anterior <i>Past class concept</i>	Formatação de Strings <i>String Formatting</i>	Alto <i>High</i>
2	A aula foi perfeitamente compreensível. <i>The class was very understandable.</i>	Texto <i>Text</i>	Feedback	Positivo <i>Positive</i>	Baixo <i>Low</i>
...

Tabela I Exemplo de categorização feita após uma segunda aula de Introdução à Programação.
Table I Categorization example done after a second of Introduction to Programming class.

Obter estatísticas sobre o conteúdo

Obter estatísticas através de dados obtidos pelos cartões MUD é uma tarefa simples e que fornece informações valiosas sobre os progressos e estado das aulas dadas na disciplina onde o método é praticado.

O primeiro conjunto de dados a ser extraído dos cartões MUD é o nível de interesse dos alunos pela disciplina. Como o preenchimento dos cartões deve ser opcional, é útil para os professores ir acompanhando o número de cartões que são deixados em branco ou cartões sem quaisquer dados registados. Monitorizar a evolução desta métrica ao longo das sessões permite, aos professores, avaliar possíveis problemas, quer do lado deles, quer do lado dos alunos.

De seguida, deve ser considerada a quantidade de cartões que descrevem conceitos de aula passados, atuais e futuros, de forma a avaliar o ritmo a que os alunos estão a progredir em relação ao conteúdo da disciplina. Esta informação pode esclarecer se os conceitos requerem esclarecimentos adicionais ou se os projetos discutidos apresentam desafios que precisam de ser abordados previamente a avançar mais nos conteúdos programáticos da unidade curricular.

for teachers to track the number of empty cards or cards without any recorded data. Monitoring the evolution of this metric across sessions allows teachers to assess potential issues either on their side or on the students' side.

Next, the quantity of cards that describe past, current, and future class concepts should be considered to evaluate the pace at which students are progressing in relation to the course content. This information can shed light on whether the concepts require additional clarification or if the projects pose challenges that need to be addressed.

Furthermore, the level of detail provided in each question can offer insights into students' comprehension of concepts and their ability to apply newly acquired knowledge in practical scenarios. This is particularly helpful for questions where students struggle to articulate their issues effectively.

Another metric to analyze is the predominance of specific subtopics in comparison to others. By ranking the subtopics and considering whether they relate to present or future class concepts, teachers can assess if there is a consensus among students regarding the

Mais, o nível de detalhe fornecido em cada questão pode oferecer *insights* sobre a compreensão dos alunos em relação aos conceitos e a sua capacidade de aplicar o conhecimento recém-adquirido em cenários práticos. Isto é particularmente útil para questões em que os alunos têm dificuldade em articular os seus problemas de forma eficaz.

Outra métrica a analisar é a predominância de subtópicos específicos em comparação com outros. Ao classificar os subtemas e considerar se estes se relacionam com os conceitos da aula atual ou outra futura, os professores podem avaliar se existe consenso entre os alunos em relação ao aspeto mais desafiante da aula.

Estas métricas permitem aos professores compreender melhor o envolvimento dos alunos, a sua compreensão dos conceitos e as áreas que podem necessitar de mais atenção.

Um aluno com necessidades educativas especiais

Durante a implementação experimental deste método, observou-se que um aluno com necessidades educativas especiais, especificamente perturbação do espectro do autismo, considerou a ferramenta dos cartões MUD altamente benéfica. Na perspetiva do aluno, o método proporcionou o anonimato desejado e um espaço claro para expressar a sua compreensão dos conceitos.

Na perspetiva do professor, a ferramenta serviu como um canal direto para o aluno comunicar ideias, facilitando o esclarecimento de dúvidas específicas e a proposta de exercícios práticos que ajudaram a elucidar conceitos teóricos mais complexos. Embora os cartões sejam anónimos, a quantidade e a qualidade de determinados cartões tornaram evidente para o professor quem era o autor, dado que o aluno consultava as respostas do professor no início das sessões seguintes.

É importante referir que esta conclusão se baseia numa única amostra e deve ser interpretada com cautela, uma vez que pode não ser representativa de todos os alunos com necessidades educativas especiais. De facto, o último comentário do aluno é o seguinte:

Estou aqui apenas para demonstrar a minha enorme satisfação com este método, pois sou um aluno tímido no que toca à participação nas aulas e o facto de podermos preencher um tópico ajudou-me bastante.

No entanto, são necessárias experiências futuras para explorar a fundo o impacto dos cartões MUD nos alunos com necessidades educativas especiais. Através da realização de estudos adicionais, será possível recolher dados e informações mais abrangentes sobre a eficácia desta ferramenta de aprendizagem ativa no apoio a alunos com diversas necessidades de aprendizagem.

Preparar a exposição das respostas

Depois de recolher, analisar e categorizar todas as

most challenging aspect of the lecture.

These metrics enable teachers to gain a better understanding of students' engagement, their grasp of concepts, and areas where further attention may be needed.

A special education student

During the experimental implementation of this method, it was observed that a student with special educational needs, specifically autism spectrum disorder, found the MUD card tool to be highly beneficial. From the student's perspective, the method provided the desired anonymity and a clear space to express their understanding of concepts.

From the teacher's perspective, the tool served as a direct channel for the student to communicate ideas, making it easier to address specific doubts and propose practical exercises that helped clarify more complex theoretical concepts. Although the cards are anonymous, the quantity and quality of certain cards made it evident to the teacher who the author was, as the student followed up with the teacher's answers at the beginning of subsequent sessions.

It is important to note that this conclusion is based on a single sample and should be interpreted with caution, as it may not be representative of all students with special educational needs. In fact, the student's last comment is as follows:

I'm just here to demonstrate my enormous satisfaction with this method as I'm a shy student when it comes to participating in classes and the fact that we can fill in a topic helped me a lot.

However, future experiments are necessary to thoroughly explore the impact of MUD cards on students with special educational needs. By conducting additional studies, it will be possible to gather more comprehensive data and insights on the effectiveness of this active learning tool in supporting students with diverse learning requirements.

Prepare the answer exposition

Once all the questions and comments from the MUD cards have been collected, analyzed, and categorized, the next step is to present the answers to the students. The method chosen for delivering the answers depends on the types of questions asked, but in most cases, it is convenient to use a presentation format, such as support slides, or update a FAQ-style document with new data on a per-session basis. Regardless of the chosen method, it is crucial to include some general statistics from the recent set of cards to provide students with an overview of the previous session's issues.

At the beginning of the class, it is advisable to highlight the number of blank cards and feedback cards, emphasizing the opportunity for students to ask questions to be answered in the next session. This reminder not only helps students stay focused during the presentation but also encourages them to actively

Figura 2 (à direita)

Exemplo de FAQ como artefacto para exposição de respostas aos alunos.

Figure 2 (to the right)

Example of FAQ as an artifact for displaying answers to students.



Rui Eduardo Lopes

Aluno de Doutoramento em Engenharia Informática pela Universidade de Aveiro e Investigador no Instituto de Telecomunicações na área de Redes Sensíveis ao Tempo e Cidades Inteligentes. Mestre em Engenharia de Computadores e Telemática desde 2019, foi Professor Assistente durante quatro anos na Universidade de Aveiro.

PhD Candidate in Computer Engineering at the Universidade de Aveiro and Researcher at Instituto de Telecomunicações in the area of Time-Sensitive Networks and Smart Cities. Master's degree in Computer Engineering and Telematics since 2019, he was Teaching Assistant for four years at the University of Aveiro.

Figura 3 (em baixo)

Exemplos de slides de exposição de respostas aos alunos no início das aulas seguintes.

Figure 3 (below)

Examples of slides showing answers to students at the beginning of the following classes.

(Novo!) Construtores-Cópia e Operadores de Atribuição

Nesta última aula que tivemos abordámos a questão de construtores-cópia e de operadores de atribuição. Consideremos o seguinte código e as duas situações abaixo:

```

class ClasseTeste {
public:
    ClasseTeste(const string* words) {
        words_ = new string(words);
    }
    ~ClasseTeste() {
        delete[] words_;
    }
    ...
private:
    string* words_;
};

int main() {
    string resultado = "hello";

    ClasseTeste teste1 = ClasseTeste(&resultado);
    ClasseTeste teste2 = teste1; // Situação 1.
    ClasseTeste teste3;
    teste3 = teste1; // Situação 2.
}
    
```

Olhando para a função `main()` acima podemos ver que primeiramente criamos uma variável que terá o valor de 42 nela inserida. Na segunda instrução desta função criamos um primeiro objeto do tipo `ClasseTeste` que recebe o endereço da variável para cumprir o atributo que é ponteiro para string.

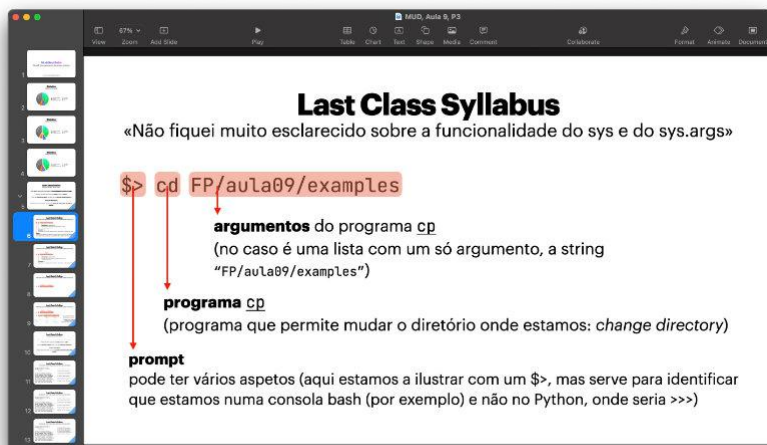
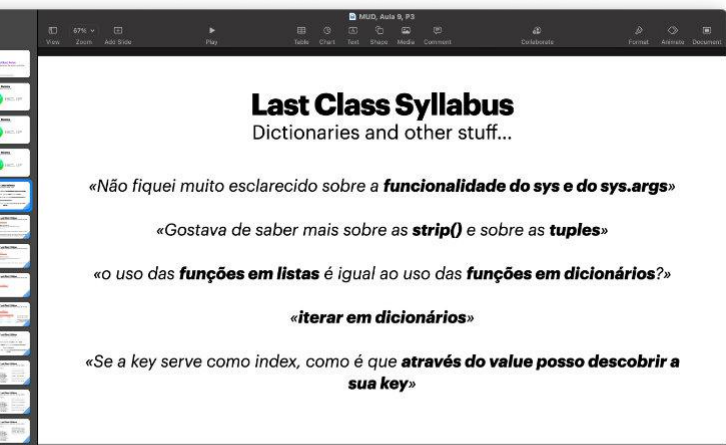
O problema começa a partir da terceira instrução, que corresponde à primeira situação marcada no código. Olhando para esta instrução conseguimos perceber que o intuito é que seja feita uma cópia do `teste1` para `teste2`. Mas a cópia feita coincide com a seguinte imagem:

perguntas e comentários dos cartões MUD, o próximo passo é apresentar as respostas aos alunos. O método escolhido para apresentar as respostas depende dos tipos de perguntas feitas, mas, na maioria dos casos, é conveniente usar um formato de apresentação, como *slides* de apoio, ou atualizar um documento no estilo FAQ com novos dados a cada sessão. Independentemente do método escolhido, é crucial incluir algumas estatísticas gerais do conjunto recente de cartões para fornecer aos alunos uma visão geral das questões da sessão anterior.

No início da aula, é aconselhável destacar o número de cartões em branco e cartões de *feedback*, enfatizando a oportunidade para os alunos fazerem perguntas que serão respondidas na próxima sessão. Este

engage with the method. It is recommended to start by addressing topics related to past class concepts, gradually moving towards the most recent class concepts. If there are questions related to future class concepts, the teacher may choose to address curiosity subtopics before delving into those concepts, creating a bridge between the MUD card answers presentation and the current class session.

These presentation moments should not exceed 15 minutes in length since they are not the main focus of the class. Additionally, the presentation should be uninterrupted, reserving students' questions for the end. Alternatively, instead of a presentation with slides, teachers can make use of a FAQ-style document available through learning management systems (LMS)



lembrete não só ajuda os alunos a manterem-se concentrados durante a apresentação, como também os incentiva a envolverem-se ativamente com o método. Recomenda-se começar abordando tópicos relacionados com conceitos de aulas anteriores, avançando gradualmente para os conceitos mais recentes. Se houver perguntas relacionadas com conceitos de aulas futuras, o professor pode optar por abordar subtópicos de curiosidade antes de se aprofundar nesses conceitos, criando uma ponte entre a apresentação das respostas dos cartões MUD e a sessão de aula atual. Esses momentos de apresentação não devem exceder 15 minutos de duração, uma vez que não são o foco principal da aula. Além disso, a apresentação deve ser ininterrupta, reservando as perguntas dos alunos para o final.

Como alternativa, em vez de uma apresentação com *slides*, os professores podem utilizar um documento no estilo FAQ disponível através de sistemas de gestão de aprendizagem (LMS) como o Moodle ou outras plataformas online que podem ser acessadas pelos alunos a qualquer momento. Neste contexto, novas perguntas devem ser claramente marcadas assim que forem atualizadas online. Na figura 2 podemos ver um exemplo de FAQ, com conteúdo em português, já que a aula foi dada em português.

É fundamental evitar repetir exemplos ou soluções que já tenham sido apresentados na aula ao fornecer respostas. Em vez disso, use o tempo de preparação para improvisar ou ilustrar melhor os conceitos, em vez de apenas abordar perguntas ou exercícios específicos.

Em alguns casos, pode ser relevante usar o momento da apresentação para introduzir uma pergunta que o professor deseja enfatizar, combinando-a com outras perguntas feitas pelos alunos. Essa abordagem pode ajudar a destacar respostas importantes e envolver ainda mais os alunos.

Ocasionalmente, os alunos podem optar por incluir os seus nomes nos cartões MUD, quebrando assim o anonimato do procedimento. Embora isso não seja inerentemente problemático, é importante respeitar as preferências dos alunos e oferecer-lhes a oportunidade de solicitar uma resposta rápida antes da próxima aula. Isso pode ser facilitado por meio de meios de comunicação, como e-mail ou outros canais designados.

like Moodle or other online platforms that can be accessed by students at any time. In this context, new questions should be clearly marked as soon as updates are made to them online. An example of such a page is shown on the left, featuring content in Portuguese, as the class was taught in Portuguese.

It is crucial to avoid repeating examples or solutions that have already been presented in the lecture when providing answers. Instead, use the preparation time to improvise or better illustrate concepts, rather than merely addressing specific questions or exercises.

In some cases, it may be relevant to use the presentation moment to introduce a question that the teacher wishes to emphasize, blending it with other questions posed by students. This approach can help highlight important answers and engage students further.

Occasionally, students may choose to include their names on the MUD cards, thereby breaking the anonymity of the procedure. While this is not inherently problematic, it is important to respect the students' preferences and offer them the opportunity to request a prompt response before the next class. This can be facilitated through means of communication such as email or other designated channels.

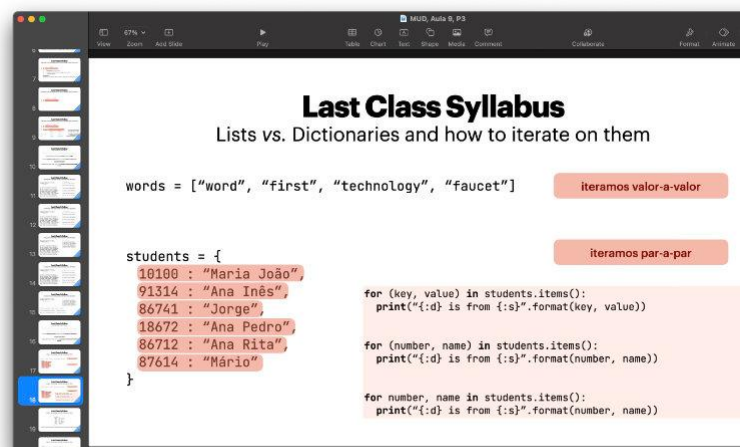
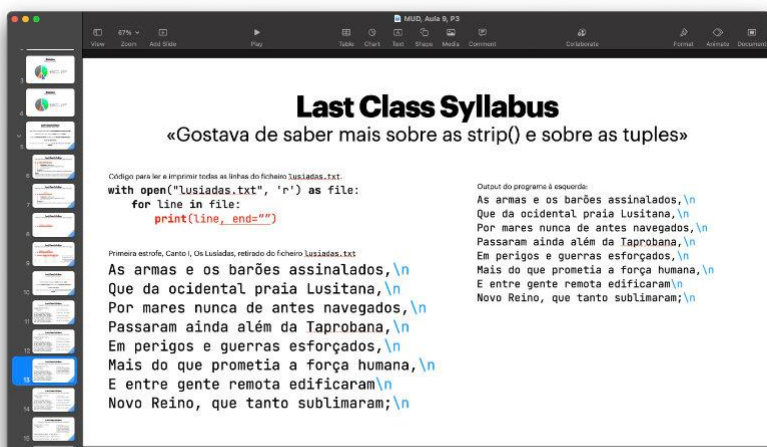
Acknowledgements

The execution of the works could only be done with the support of João Rodrigues, António Neves, and Daniel Corujo, all of them professors at Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática of Universidade de Aveiro.

Licença - License

Este texto está protegido sob uma licença Creative Commons Attribution International 4.0.

This text is protected under a Creative Commons Attribution International 4.0 licence.



Agradecimentos

A execução destes trabalhos só pôde ser realizada com os apoios de João Rodrigues, António Neves, e Daniel Corujo, professores do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Referências • References

1. Mosteller, F., "The 'Muddiest Point in Lecture' as a Feedback Device", On Teaching and Learning: The Journal of the Harvard-Danforth Center, Vol.3, 1989, pp. 10-21.
2. Angelo et al., "One-Minute Paper technique", Classroom assessment techniques, 2nd ed., Jossey-Bass.
3. Mid-semester Formative Feedback, MIT Teaching + Learning Lab, Accessed in March 2026. URL: <https://tll.mit.edu/teaching-resources/assess-teaching/mid-semester-formative-feedback/>



CRIE UM GRUPO ENTREPRENEURSHIP LOCAL DO IEEE

As **melhores ideias do Mundo** começam localmente.
Assim como o **empreendedorismo**.

LAUNCH AN IEEE ENTREPRENEURSHIP LOCAL GROUP

The world's **greatest ideas** start locally.
So does **entrepreneurship**.

Potencie inovadores, fundadores e futuros empreendedores na sua **comunidade local IEEE**.
Empower innovators, founders, and future entrepreneurs in your **local IEEE community**.

Seja um dos primeiros! Be among the first!

\$500 USD SEED FUNDING

PARA OS PRIMEIROS 15 GRUPOS LOCAIS APROVADOS
FOR THE FIRST 15 APPROVED LOCAL GROUPS





Ainda estamos à procura da fronteira final. *We're still looking for the final frontier.*

O céu nunca é o limite para os membros do IEEE. Das missões a Mercúrio de ontem, às constelações de satélites de hoje, até à colónia de Marte do amanhã, levamos conhecimento especializado e inovação onde nunca ninguém esteve.

Na verdade, os membros do IEEE participaram em quase todos os maiores desenvolvimentos técnicos dos últimos 130 anos. Assim, quando precisar de recorrer ao conhecimento técnico mais avançado da Terra, ou de qualquer outro lugar, verá que os membros do IEEE não estão apenas à espera do futuro, estão a projetá-lo: uma viagem de cada vez.

The sky is never the limit for IEEE members. From yesterday's Mercury missions, to today's satellite constellations, to tomorrow's colony on Mars, we're bringing expertise and innovation where no one has gone before.

In fact, IEEE members have been part of nearly every major technical development of the last 130 years. So when you need to draw on the most advanced technical knowledge on Earth, or anywhere else, you'll see that IEEE members aren't just waiting for the future, they're engineering it—one trek at a time.

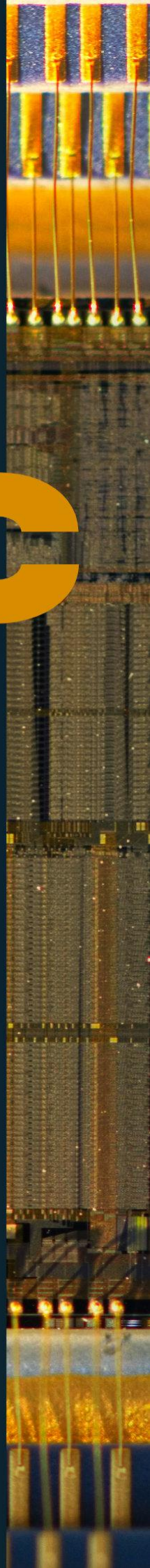
IEEE: A promover a inovação tecnológica para o benefício da humanidade.

IEEE: Fostering technological innovation for the benefit of humanity.

LINHA TEMÁTICA · THEMATIC LINE

Educação na Indústria · Education in Industry

Micro elec tró ni ca s



INTRODUÇÃO DO CURADOR · CURATOR'S INTRODUCTION

12

Uma caminhada motivada pela curiosidade e pautada pela aposta nos talentos futuros a partir da microeletrónica. Com nota do curador

A journey driven by curiosity and guided by a focus on future talent in microelectronics. With a curator's note ▶

Por · *By* Pedro Rito

MICROELETRÓNICA EM PORTUGAL · MICROELECTRONICS IN PORTUGAL

14

Portugal já iniciou as suas conquistas na microeletrónica. Da Agenda Mobilizadora à Estratégia Nacional, vemos desafios para a próxima década

Portugal has already begun its achievements in microelectronics. From the Mobilizing Agenda to the National Strategy, see challenges for the next decade ▶

Por · *By* Diogo Vaz

EUROPA NA LIDERANÇA · EUROPE IN THE LEAD

16

Seguimos a ambição de posicionar a Europa na liderança dos circuitos integrados fotónicos. Conhecemos a contribuição portuguesa

We pursue our ambition to position Europe as a leader in photonic integrated circuits. We got to know the Portuguese contribution ▶

Por · *By* Miguel Drummond

PRIMEIROS PASSOS · FIRST STEPS

18

As universidades começam a dar os primeiros passos nesta resposta às necessidades da microeletrónica. Conheça os passos da Universidade de Aveiro

Universities are beginning to take the first steps in responding to the needs of microelectronics. Learn about the steps taken by Universidade de Aveiro ▶

Por · *By* Teresa Monteiro

INICIATIVAS COM IA · INITIATIVES WITH AI

20

Apresenta uma iniciativa IEEE, internacional, procurando reconectar a revolução da IA com a formação, *co-design de hardware*, entre outros

It presents an international IEEE initiative seeking to reconnect the AI revolution with training, hardware co-design, and more ▶

Por · *By* Nuno Borges de Carvalho

EDAs OPEN-SOURCE · OPEN-SOURCE EDAs

22

Entramos mais ao detalhe no estado-de-arte do *open-source* no contexto de *design de chips*. Barreiras ao acesso, ecossistemas e soluções são analisadas

We delve deeper into the state-of-the-art of open-source technology in the context of chip design. Barriers to access, ecosystems, and solutions are analyzed ▶

Por · *By* Juan Moya

Microeletrónica e Semicondutores: Construir o Futuro com Talento e Curiosidade

Microelectronics and Semiconductors: Building the Future with Talent and Curiosity

Por Pedro Rito - By Pedro Rito

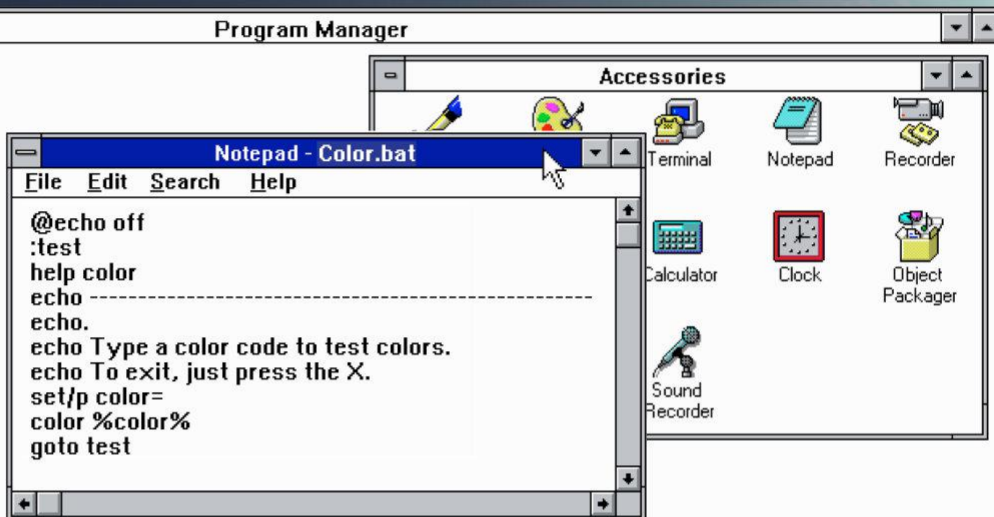
doi: 10.5281/zenodo.19450874



Pedro Rito

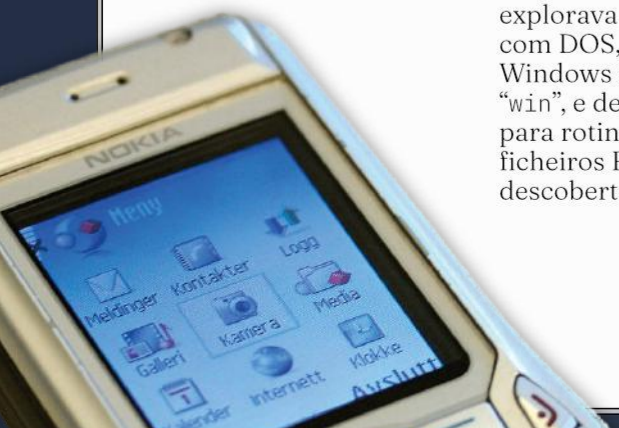
Professor Auxiliar na Universidade de Aveiro e Investigador no Instituto de Telecomunicações. Doutor em Engenharia Eletrotécnica na Universidade Técnica de Berlim. Lidera atividades científicas e pedagógicas na área da microeletrónica na Universidade de Aveiro. Atualmente, participa nos projetos Agenda da Microeletrónica, linha piloto europeia PIXEurope e POEMS, e Mini-Agenda PIONEER-PON.

Assistant Professor at Universidade de Aveiro and Researcher at Instituto de Telecomunicações. PhD in Electrical Engineering from the Technical University of Berlin. Leads scientific and pedagogical activities in the field of microelectronics at Universidade de Aveiro. Currently, he participates in the Microelectronics Agenda projects, the European pilot line PIXEurope and POEMS, and the PIONEER-PON Mini-Agenda.



Tinha 15 anos quando tive um dos meus primeiros “quase-smartphones”, o Nokia 6630, com Symbian OS e um chipset OMAP 1710 da Texas Instruments, fabricado com uma tecnologia extremamente avançada para a época, em 90 nm. Para além do espanto de poder tirar fotografias e navegar na internet com um aparelho que cabia no bolso, havia algo que me fascinava verdadeiramente: o que seria o pequeno *chip* que dava vida a tudo aquilo? Como era concebido, fabricado, arquitetado? Na altura, não tinha respostas, mas a curiosidade ficou gravada. Na verdade, a curiosidade pela tecnologia manifestava-se muito antes de pensar na escala microscópica. Tenho memórias de quando, aos 6 anos, explorava sozinho um computador com DOS, que ainda arrancava o Windows 3.11 através do comando “win”, e de como comecei a evoluir para rotinas programáticas através de ficheiros BAT. Acredito que foi esta descoberta e fascínio pela tecnologia

I was 15 years old when I got one of my first “almost-smartphones,” the Nokia 6630, running Symbian OS with a Texas Instruments OMAP 1710 chipset. It was manufactured using an extremely advanced 90 nm process technology for the time. Beyond the amazement of being able to take photos and browse the internet with a device that fit in my pocket, what truly fascinated me was the tiny chip that brought it all to life. How was it designed, manufactured, and architected? At the time, I didn’t have the answers, but the curiosity stayed with me. In fact, my fascination with technology had begun much earlier, long before I started thinking at the microscopic scale. I remember being 6 years old and exploring a computer running DOS on my own, one that still booted Windows 3.11 with the command “win”, and how I gradually moved on to creating small scripts through BAT files. I believe this early discovery and fascination with technology later led me, during my



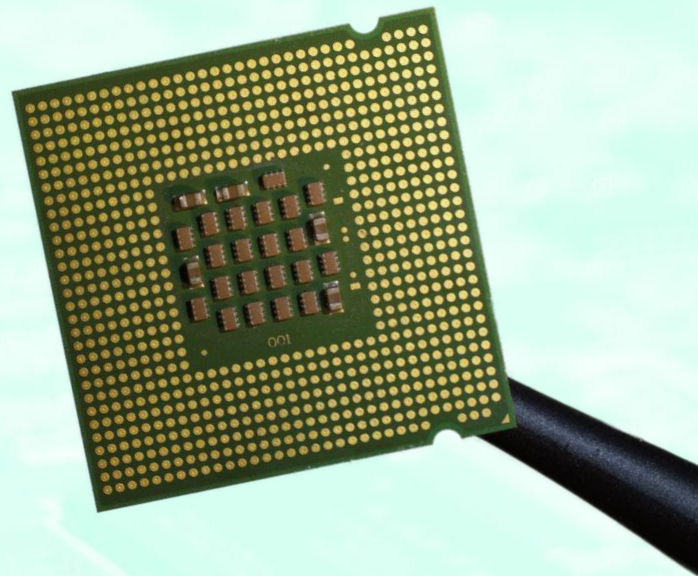
Phone image courtesy of Erik Solheim, on Flickr.

que me levou, mais tarde, no mestrado integrado em Engenharia Eletrónica e de Telecomunicações, a encontrar colegas que partilhavam exactamente o mesmo fascínio: a vontade de compreender e trabalhar num dos tópicos mais importantes que sustentam toda a tecnologia moderna.

Esse percurso levou-me ainda a um doutoramento na Technical University of Berlin, centrado no desenvolvimento de chips para telecomunicações. Hoje, como professor na Universidade de Aveiro, a motivação ganhou uma nova dimensão: tenho também como objetivo semear essa mesma curiosidade nas novas gerações. Gostaria que as crianças e os adolescentes sentissem o fascínio pelo físico, pelo tangível e pelos enablers da tecnologia que impulsionam a modernização da sociedade. Porque é quando encontramos algo que realmente nos move que nos dedicamos com verdadeira paixão. E os semicondutores, com toda a sua complexidade, continuam a ser um dos campos mais estimulantes da engenharia.

No entanto, os desafios são grandes. Vivemos numa era em que a Inteligência Artificial torna o acesso ao conhecimento aparentemente fácil e imediato, muitas vezes à custa do pensamento crítico e do esforço profundo. O *software* atrai naturalmente os jovens: permite resultados rápidos, trabalho remoto e salários atractivos. O *hardware*, pelo contrário, exige tempo, paciência e compreensão de fenómenos físicos complexos. O resultado é um desequilíbrio preocupante: enquanto o interesse no *software* continua sustentável, a formação em microeletrónica e semicondutores sofre. Esta é, paradoxalmente, uma área que continuará a precisar urgentemente de talento especializado. Os semicondutores são a base material de quase tudo: da IA à automóvel, da energia à defesa. A sua produção envolve desafios extremos de escala, materiais inovadores, arquitecturas avançadas e limites físicos que nos obrigam a repensar constantemente a Lei de Moore. É um nicho onde o pensamento crítico, a experimentação física e a engenharia rigorosa são insubstituíveis.

Temos atualmente várias iniciativas importantes que alimentam o círculo virtuoso entre **investimento, investigação, empresas e capital humano**. O forte investimento da Europa e de Portugal através do *Chips Act* representa um sinal claro do compromisso estratégico com o setor, posicionando os semicondutores como um dos pilares económicos mais relevantes para o futuro da região. No ensino superior e na indústria, projetos como o Centro de Competências Português em Semicondutores (POEMS) e a criação de novos cursos especializados estão a criar oportunidades concretas de formação avançada e investigação. No entanto, para fechar verdadeiramente o ciclo, é essencial motivar os jovens e demonstrar-lhes que estes investimentos são reais e representam uma aposta estratégica no seu futuro profissional. Assim, essa disseminação deve começar cedo, ainda no ensino básico e secundário, e estender-se ao dia a dia da sociedade, mostrando que existe um cluster económico de elevada importância e potencial na área da microeletrónica. Teremos sucesso quando a economia privada aumentar naturalmente o seu investimento no setor, quando a procura pelos cursos especializados



Integrated Master's in Electronic and Telecommunications Engineering, to meet fellow students who shared the exact same passion: the desire to understand and work on one of the most important topics underpinning all modern technology.

That journey eventually took me to a PhD at the Technical University of Berlin, focused on developing chips for telecommunications. Today, as a professor at the University of Aveiro, my motivation has taken on a new dimension: I also aim to plant that same curiosity in the next generations. I want children and teenagers to feel the fascination for the physical, the tangible, and the true enablers of the technology that drives the modernization of our society. Because it is when we find something that truly moves us that we dedicate ourselves with genuine passion. And semiconductors, with all their complexity, remain one of the most exciting fields in engineering.

However, the challenges are significant. We live in an era where Artificial Intelligence makes access to knowledge seem easy and immediate, often at the expense of critical thinking and deep effort. Software naturally attracts young people: it delivers quick results, allows remote work, and offers attractive salaries. Hardware, on the other hand, demands time, patience, and an understanding of complex physical phenomena. The result is a worrying imbalance: while interest in software remains strong, training in microelectronics and semiconductors is suffering. Paradoxically, this is an area that will continue to urgently need specialized talent. Semiconductors are the material foundation of almost everything: from AI to automobiles, from energy to defense. Their production involves extreme challenges of scale, innovative materials, advanced architectures, and physical limits that constantly force us to rethink Moore's Law. It is a niche where critical thinking, physical experimentation, and rigorous engineering are irreplaceable.

We currently have several important initiatives that feed a virtuous cycle between **investment, research, companies, and human capital**. The strong

crescer de forma sustentada, quando o emprego qualificado em investigação e indústria aumentar, e quando Portugal e a Europa conseguirem afirmar uma posição relevante em nichos estratégicos da microeletrônica e semicondutores a nível mundial. Embora a Europa possa ter chegado tarde a esta corrida tecnológica, ainda existem domínios muito promissores “para além de Moore” onde temos potencial para nos destacar, como é o caso da fotónica integrada.

Esta secção da Education's Digest surge precisamente para contribuir para esse esforço de disseminação. Procuramos mostrar o que está a ser feito em Portugal e na Europa para reforçar a formação, a investigação e a indústria dos semicondutores, ao mesmo tempo que apelamos a que mais jovens descubram este mundo fascinante. Para ilustrar este esforço, reunimos contributos complementares da academia, da investigação e do setor profissional que representam diferentes frentes de ataque capazes de impulsionar o futuro dos jovens nesta área.

(...) Enquanto o interesse no software continua sustentável, a formação em microeletrónica e semicondutores sofre. Os semicondutores são a base material de quase tudo (...). É um nicho onde o pensamento crítico, a experimentação física e a engenharia rigorosa são insubstituíveis.

(...) While interest in software remains strong, training in microelectronics and semiconductors is suffering. Semiconductors are the material foundation of almost everything (...). It is a niche where critical thinking, physical experimentation, and rigorous engineering are irreplaceable.

Diogo Vaz, investigador especializado em semicondutores e materiais avançados, doutorado em Física e Química de Materiais pela Sorbonne Université e mestre em Engenharia de Micro e Nanotecnologia pela Universidade Nova de Lisboa, foi assessor no Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior no XXIII Governo. No seu artigo, faz um balanço das conquistas recentes, da Agenda Mobilizadora para a Microeletrónica à Estratégia Nacional para os Semicondutores, e aponta os desafios e o caminho estratégico para a próxima década.

Miguel Drummond, investigador no Instituto de Telecomunicações (IT) de Aveiro, doutorado em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade de Aveiro e coordenador do grupo de Sensores Ópticos e Fotónica Integrada, apresenta a linha piloto PIXEurope. Esta ambiciosa infraestrutura europeia, com cerca de 400 milhões de euros de investimento, visa posicionar a Europa na liderança mundial dos circuitos integrados fotónicos. Portugal, através do IT, tem um papel relevante no pacote de Teste e Fiabilidade, contribuindo para que estes chips fotónicos passem com sucesso do laboratório para a produção industrial.

Teresa Monteiro, professora catedrática no Departamento de Física da Universidade de Aveiro, descreve o compromisso da UA com a formação

investment from Europe and Portugal through the Chips Act represents a clear sign of strategic commitment to the sector, positioning semiconductors as one of the most relevant economic pillars for the region's future. In higher education and industry, projects such as the Portuguese Competence Center for Semiconductors (POEMS) and the creation of new specialized courses are generating concrete opportunities for advanced training and research. However, to truly close the loop, it is essential to motivate young people and show them that these investments are real and represent a strategic bet on their professional future. Thus, this dissemination must begin early, even basic and secondary education, and extend into everyday society, demonstrating that there is a high-importance and high-potential economic cluster in the field of microelectronics. We will have succeeded when the private economy naturally increases its investment in the sector, when demand for specialized courses grows sustainably, when qualified employment in research and industry rises, and when Portugal and Europe manage to establish a relevant position in strategic niches of microelectronics and semiconductors worldwide. Although Europe may have arrived late to this technological race, there are still very promising domains “beyond Moore” where we have the potential to stand out, such as integrated photonics.

This section of the Education's Digest appears precisely to contribute to this dissemination effort. We aim to show what is being done in Portugal and in Europe to strengthen education, research, and the semiconductor industry, while encouraging more young people to discover this fascinating world. To illustrate this effort, we have gathered complementary contributions from academia, research, and the professional sector that represent different fronts capable of driving the future of young people in this field.

Diogo Vaz, a researcher specialized in semiconductors and advanced materials, with a PhD in Physics and Chemistry of Materials from Sorbonne Université and a Master's in Micro and Nanotechnology Engineering from NOVA University Lisbon, served as an advisor at the Ministry of Science, Technology and Higher Education in the XXIII Government. In his article, he reviews recent achievements, from the Mobilizing Agenda for Microelectronics to the National Strategy for Semiconductors, and outlines the challenges and strategic path for the next decade.

Miguel Drummond, a researcher at the Instituto de Telecomunicações (IT) in Aveiro, with a PhD in Telecommunications Engineering from the University of Aveiro and coordinator of the Optical Sensors and Integrated Photonics group, presents the PIXEurope pilot line. This ambitious European infrastructure, with an investment of around 400 million euros, aims to position Europe as a world leader in photonic integrated circuits. Portugal, through IT, plays a relevant role in the Test and Reliability package, helping ensure these photonic chips successfully move from the laboratory to industrial production.

Teresa Monteiro, a full professor in the Department of Physics at the University of Aveiro, describes the university's commitment to advanced training in this



avançada nesta área. Detalha o lançamento do primeiro Mestrado em Engenharia de Dispositivos Semicondutores a nível nacional e a participação ativa no POEMS: o Centro de Competências Português em Semicondutores. O seu texto sublinha a urgência de colmatar o défice de capital humano e de aproximar a academia da indústria.

Do ponto de vista internacional e no âmbito do IEEE, **Nuno Borges de Carvalho**, professor catedrático no Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, apresenta a iniciativa HART (Hardware for AI, Research, & Talent-building). Esta nova iniciativa procura reconectar a revolução da IA com as suas fundações físicas, promovendo a formação de estudantes, competições de *co-design AI-hardware* e o acesso facilitado a ferramentas e fabricação de *chips*. Um dos pilares é a Open Silicon Initiative, que visa democratizar o acesso ao design e produção de circuitos integrados, combatendo as barreiras dos custos proibitivos de ferramentas EDA proprietárias e de *tape-outs*.

Por fim, **Juan Sebastian Moya Baquero**, doutorado em Engenharia Eletrónica pela Universidad Industrial de Santander (Colômbia), actualmente engenheiro na SymbioticEDA (empresa focada em ferramentas EDA e tutoriais para *chip design*) e investigador pós-doutoral no International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL) em Braga, oferece uma visão profunda e técnica sobre o estado da arte do *open-source* no design de *chips*. O seu artigo extenso analisa as barreiras ao acesso a ferramentas EDA, os ecossistemas *open* PDK, as iniciativas de fabricação acessível (Tiny Tapeout, PICO Chipathon, entre outras) e soluções como o BlueGarden da SymbioticEDA. É uma leitura essencial para quem quer compreender como tornar o *design* de *chips* mais inclusivo e educativo.

Com esta secção esperamos contribuir para relançar, em Portugal e na Europa, o interesse pela microeletrónica e pelos semicondutores; áreas onde a Europa ainda pode e deve ter uma palavra forte no desenvolvimento tecnológico e económico mundial. 📧

area. She details the launch of the first national Master's in Semiconductor Devices Engineering and the active participation in POEMS. Her text emphasizes the urgency of addressing the shortage of human capital and bringing academia closer to industry.

From an international perspective and within the IEEE, **Nuno Borges de Carvalho**, a full professor in the Department of Electronics, Telecommunications and Informatics at the University of Aveiro, presents the HART initiative (Hardware for AI, Research, & Talent-building). This new initiative seeks to reconnect the AI revolution with its physical foundations by promoting student training, AI-hardware co-design competitions, and easier access to tools and chip fabrication. One of its pillars is the Open Silicon Initiative, which aims to democratize access to integrated circuit design and production, overcoming the barriers of prohibitive costs for proprietary EDA tools and *tape-outs*.

Finally, **Juan Sebastian Moya Baquero**, who holds a PhD in Electronic Engineering from Universidad Industrial de Santander (Colombia), currently works as an engineer at SymbioticEDA (a company focused on EDA tools and tutorials for chip design) and as a postdoctoral researcher at the International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL) in Braga. He offers a deep and technical view of the state of the art in open-source chip design. His extensive article analyzes the barriers to accessing EDA tools, open PDK ecosystems, accessible fabrication initiatives (such as Tiny Tapeout and PICO Chipathon), and solutions like SymbioticEDA's BlueGarden. It is essential reading for anyone who wants to understand how to make chip design more inclusive and educational.

With this section, we hope to contribute to relaunching interest in microelectronics and semiconductors in Portugal and Europe; fields where Europe can and should still have a strong voice in global technological and economic development. 📧

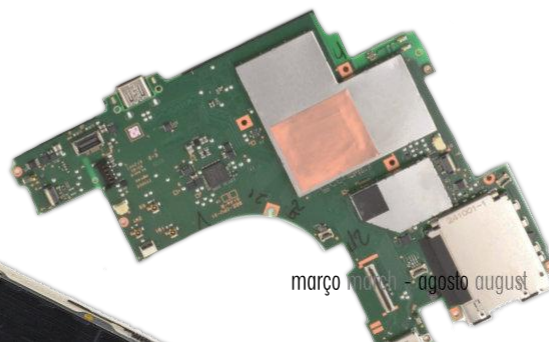
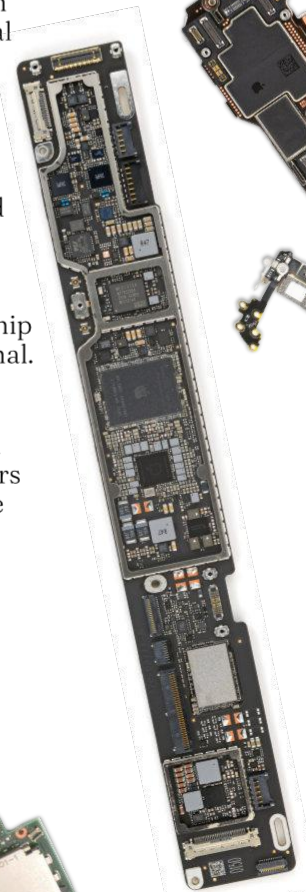
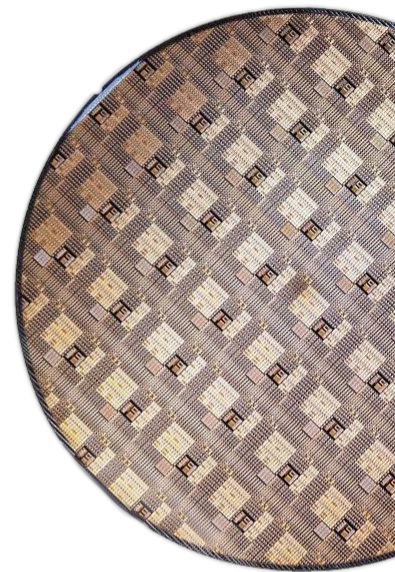
Licença · License

This text is protected under a Creative Commons Attribution-NoCommercial-ShareAlike (BY-NC-SA) International 4.0 licence.

Nota de Edição · Editor's Note

Ambas versões em Português e em Inglês foram redigidas pelo autor.

Both Portuguese and English versions were written by the author.



Semicondutores em Portugal: conquistas, desafios e o caminho para a próxima década

Semiconductors in Portugal: achievements, challenges, and the path to the next decade

Por Diogo Vaz · By Diogo Vaz

doi: 10.5281/zenodo.19332472



Diogo Vaz

Investigador e especialista em semicondutores e materiais avançados, doutorou-se em Física e Química de Materiais pela Sorbonne Université e é mestre em Engenharia de Micro e Nanotecnologia pela Universidade Nova de Lisboa. Foi assessor no Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do XXIII Governo de Portugal, onde coordenou a Estratégia Nacional para os Semicondutores, tendo contribuído como consultor em diversos documentos estratégicos para o crescimento do setor em Portugal. É agora responsável pela equipa de packaging avançado de chips fotónicos na PICadvanced.

Researcher and specialist in semiconductors and advanced materials, he holds a PhD in Physics and Chemistry of Materials from Sorbonne Université and a Master's degree in Micro and Nanotechnology Engineering from Universidade Nova de Lisboa. He was an advisor at the Ministry of Science, Technology and Higher Education of the XXIII Government of Portugal, where he coordinated the National Semiconductor Strategy, contributing as a consultant to several strategic documents for the growth of the sector in Portugal. He is now responsible for the advanced packaging team of photonic chips at PICadvanced.

Se há menos de cinco anos a palavra “semicondutores” pertencia quase exclusivamente ao léxico de engenheiros e cientistas, hoje pode ser encontrada recorrentemente em noticiários, artigos de opinião, e até conversas de café, sendo vista como uma área de profundo impacto tecnológico, político, económico e social. Apesar de involuntariamente interagirmos com estes materiais desde os anos 60, só nos últimos anos foi identificado, a nível global, como um setor crítico para a resiliência e soberania das economias modernas. Com estimativas para que o mercado esteja avaliado em mais de \$1.6 biliões até 2030 (figura 1) [1], nunca foi tão relevante perceber a revolução em curso. Mas o que torna os semicondutores verdadeiramente únicos não é exclusivamente a dimensão e crescimento do mercado, mas o facto de serem uma das “matérias-primas” mais críticas de

If less than five years ago the word "semiconductors" belonged almost exclusively to the lexicon of engineers and scientists, today it can be found frequently in news reports, opinion articles, and even coffee shop conversations, being seen as an area of profound technological, political, economic, and social impact. Although we have been involuntarily interacting with these materials since the 1960s, only in recent years has it been identified, at a global level, as a critical sector for the resilience and sovereignty of modern economies. With estimates that the market will be valued at more than \$1.6 trillion by 2030 (figure 1) [1], it has never been more relevant to understand the ongoing revolution. But what makes semiconductors truly unique is not only the size and growth of the market, but the fact that they are one of the most critical "raw materials" of virtually every other industry, from

O mercado dos semicondutores pode atingir um valor de \$1.6 biliões até 2030.
The semiconductor market could reach a value of \$1.6 trillion by 2030.

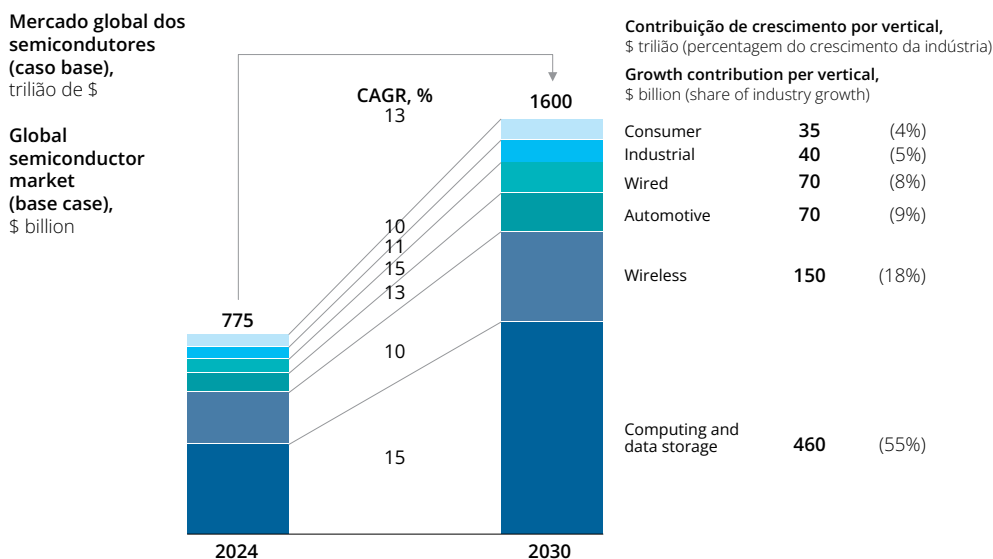


Figura 1 Previsão de crescimento do mercado dos semicondutores. Valores arredondados aos próximos 5 mil milhões de dólares americanos. As percentagens não somam a 100%, por arredondamentos. Fonte: Omdia; McKinsey analysis [1].

Figure 1 Semiconductor market growth prediction. Values rounded to nearest \$5 billion. Percentages do not add to 100%, because of rounding. Source: Omdia; McKinsey analysis [1].



praticamente todas as outras indústrias, da farmacêutica à automóvel, energia e defesa. Quem controla os *chips* não controla apenas um setor, controla a infraestrutura sobre a qual todos os outros assentam.

Neste sentido, e em sintonia com as restantes geografias, a Europa respondeu ao desafio com o *EU Chips Act* [2], mobilizando €43 mil milhões com o objetivo de duplicar a quota europeia na produção mundial de *chips* para 20% até 2030, sendo, para muitos, uma ambição desmedida e inalcançável dada a desproporcional ascensão de outras regiões neste setor. Notar que, no final de 2025, foi proposto o *Chips Act 2.0*, um novo programa que visa garantir a competitividade europeia num panorama global de crescimento desenfreado.

Em Portugal, décadas de investigação universitária em microeletrónica, fotónica e nanotecnologia, combinadas com a presença de empresas de peso a nível internacional, construíram silenciosamente uma base de competências que poucos países de dimensão comparável possuem. Foi sobre essa base que, em 2022, nasceu a Agenda Mobilizadora para a Microeletrónica [3], um esforço estruturado assente no Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), com o intuito de agregar e impulsionar o capital acumulado numa estratégia industrial coerente. Com 17 parceiros e um investimento total de €67,5 milhões, a Agenda dinamizou um forte, mas fragmentado, ecossistema nacional, tanto a nível industrial como académico e formativo.

Dentro deste contexto impulsionador, no final de 2023, a Estratégia Nacional para os Semicondutores [4] foi aprovada pelo XXIII Governo Constitucional de Portugal, fruto de um trabalho colaborativo entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, o Ministério da Economia e do Mar, e respetivas entidades tuteladas, a Fundação para a Ciência e a Tecnologia e a Agência Nacional de Inovação, do qual tive o prazer de fazer parte. Delineada com o intuito de estabelecer o posicionamento português no contexto do *EU Chips Act*, o desenvolvimento da Estratégia serviu de alavanca para o mapeamento e agregação do ecossistema nacional, bem como da definição da visão estratégica do setor em Portugal, separada em três

pharmaceuticals to automotive, energy, and defense. Whoever controls the chips doesn't just control one sector, they control the infrastructure on which all others are based.

In this sense, and in line with other geographies, Europe responded to the challenge with the *EU Chips Act* [2], mobilizing €43 billion with the goal of doubling the European share of global chip production to 20% by 2030, which, for many, is an excessive and unattainable ambition given the disproportionate rise of other regions in this sector. Note that, at the end of 2025, the *Chips Act 2.0* was proposed, a new program aimed at ensuring European competitiveness in a global landscape of rampant growth.

In Portugal, decades of university research in microelectronics, photonics, and nanotechnology, combined with the presence of major international companies, have quietly built a base of skills that few countries of comparable size possess. It was on this basis that, in 2022, the Mobilizing Agenda for Microelectronics [3] was born, a structured effort based on the Recovery and Resilience Plan (PRR), with the intention of aggregating and boosting the accumulated capital in a coherent industrial strategy. With 17 partners and a total investment of €67.5 million, the Agenda boosted a strong but fragmented national ecosystem, both industrial and academic and training-related.

Within this driving context, at the end of 2023, the National Semiconductor Strategy [4] was approved by the XXIII Constitutional Government of Portugal, the result of collaborative work between the Ministry of Science, Technology and Higher Education, the Ministry of Economy and the Sea, and their respective supervised entities, the Foundation for Science and

Courtesy of Niek Doup and Svetlana Gumerova, on Unsplash.

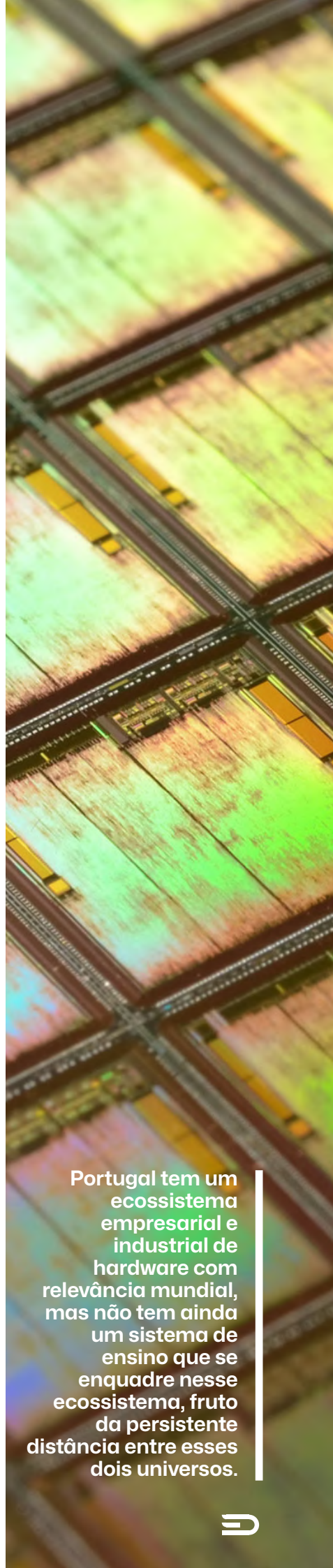


eixos: formação e talento, *design* de *chips* e *packaging* (encapsulamento) avançado, e transferência tecnológica em áreas emergentes. Contrariamente à norma, a Estratégia incluiu um envelope financeiro nacional de €121 milhões até 2027, ao qual é somado cofinanciamento europeu. Notoriamente, apesar da Estratégia ter sido concebida e aprovada por um governo socialista em fim de mandato, a sua implementação coube ao XXIV Governo Constitucional, tornando a continuidade política da Estratégia num sinal positivo de que existe um consenso alargado e apertado em torno da sua importância estratégica e tecnológica a nível nacional. Esta é, precisamente, uma importante mensagem de estabilidade valorizada, tanto pelo ecossistema nacional, como por investidores internacionais. Desde a sua aprovação, a execução da Estratégia levou à integração de entidades nacionais nas infraestruturas europeias de Linhas Piloto do *EU Chips Act*, com destaque para a participação do *International Iberian Nanotechnology Laboratory* (INL, em Braga) na linha APECS, dedicada a *packaging* avançado, e do Instituto de Telecomunicações (IT, em Aveiro) na linha PIXEurope, focada em circuitos integrados fotônicos. Adicionalmente, criou um enquadramento para a participação de empresas e centros de investigação em projetos de I&D a nível europeu, e notoriamente, à criação do POEMS [5], o primeiro Centro de Competências portugueses em semicondutores, sediado no INL, integrado na rede europeia de 27 centros e lançado oficialmente em 2025.

Com o fim da Agenda Mobilizadora para a Microeletrónica à vista e com o prazo da Estratégia Nacional a estender-se até 2027, coloca-se a questão inevitável sobre a continuidade destes primeiros esforços nacionais e a profundidade de execução alcançada. Nesse enquadramento, o *Advisory Board* da Agenda Mobilizadora redigiu um estudo [6] com um horizonte a 10 anos, visando medidas ambiciosas e disruptivas, como a criação do cargo de Secretário de Estado da Tecnologia, como sinal de compromisso político inequívoco, e o lançamento da Iniciativa Estratégica da Microeletrónica, que operacionaliza um plano focado na geração, retenção e reversão da fuga de talento, desenvolvimento de uma indústria fabless nativa, atração de investimento internacional e definição de um roteiro

Technology and the National Innovation Agency, of which I had the pleasure of being a part. Designed with the aim of establishing Portugal's position in the context of the EU Chips Act, the development of the Strategy served as a lever for mapping and aggregating the national ecosystem, as well as defining the strategic vision of the sector in Portugal, separated into three axes: training and talent, chip design and advanced packaging, and technology transfer in emerging areas. Unlike the norm, the Strategy included a national financial envelope of €121 million until 2027, to which European co-financing is added. Notably, although the Strategy was conceived and approved by a socialist government at the end of its term, its implementation fell to the XXIV Constitutional Government, making the political continuity of the Strategy a positive sign that there is broad and non-partisan consensus around its strategic and technological importance at the national level. This is precisely an important message of stability valued both by the national ecosystem and by international investors. Since its approval, the execution of the Strategy has led to the integration of national entities into the European infrastructures of the EU Chips Act Pilot Lines, with particular emphasis on the participation of the International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL, in Braga) in the APECS line, dedicated to advanced packaging, and the Institute of Telecommunications (IT, in Aveiro) in the PIXEurope line, focused on photonic integrated circuits. Furthermore, it created a framework for the participation of companies and research centers in R&D projects at the European level, and notably, the creation of POEMS [5], the first Portuguese Center of Competence in semiconductors, based at INL, integrated into the European network of 27 centers and officially launched in 2025.

With the end of the Mobilizing Agenda for Microelectronics in sight and the deadline for the National Strategy extending until 2027, the inevitable question arises about the continuity of these initial national efforts and the depth of execution achieved. In this context, the Advisory Council of the Mobilizing Agenda drafted a 10-year study [6] aimed at ambitious and disruptive measures, such as the creation of the position of Secretary of State for Technology, as a sign of commitment to unequivocal political,



Portugal tem um ecossistema empresarial e industrial de hardware com relevância mundial, mas não tem ainda um sistema de ensino que se enquadre nesse ecossistema, fruto da persistente distância entre esses dois universos.

estratégico tecnológico. Sendo este documento de cariz programático, com ações e recomendações claras, a sua execução fica largamente dependente do contínuo impulso por parte do ecossistema, não deixando a inércia de execução e novas prioridades nacionais enfraquecerem-no, bem como dos decisores políticos, junto dos quais a importância do setor deve ser continuamente reafirmada.

O paradigma discutido até ao momento apresenta um claro foco na formação, como um pilar fundamental para o crescimento a nível académico, empresarial e industrial do ecossistema de semicondutores português. A escassez de talento é algo profundamente estrutural a nível global, agravada pela baixa conversão de graduados STEM e falta de consciencialização do tema nas últimas décadas a nível formativo, levando a uma feroz competição na contratação de uma pool de talento especializado manifestamente insuficiente face à dimensão e velocidade de crescimento da indústria.

Aqui, existe uma tendência clara e compreensível entre os jovens portugueses, ligada à atração pelo software. Num mundo em que a inteligência artificial domina o discurso tecnológico, em que é possível trabalhar remotamente para empresas internacionais com salários muito acima da média nacional, e em que o percurso de formação é relativamente acessível e com retorno rápido e visível, a escolha por carreiras em software é racional. O problema não está na escolha em si, mas sim no desequilíbrio que ela cria quando não existe uma aposta equivalente na formação em hardware. Os cursos de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (e semelhantes) existem, formando anualmente engenheiros competentes apesar de uma queda persistente das médias de entrada. No entanto, o seu foco está maioritariamente assente num paradigma passado, com pouca componente orientada à indústria de semicondutores. Um aluno pode concluir uma licenciatura ou mesmo um mestrado nesta área sem ter tido contacto direto com desenho de *chips*, com processos de *packaging* avançado, ou com as ferramentas e metodologias que a indústria efetivamente utiliza.

O resultado é paradoxal. Portugal tem um ecossistema empresarial e industrial de *hardware* com relevância mundial, mas não tem ainda um

and the launch of the Microelectronics Strategic Initiative, which operationalizes a plan focused on generating, retaining, and reversing the brain drain, developing a native fabless industry, attracting international investment, and defining a strategic technological roadmap. As this document is programmatic in nature, with clear actions and recommendations, its execution largely depends on the continuous impetus from the ecosystem, not allowing the inertia of execution and new national priorities to weaken it, as well as from political decision-makers, to whom the importance of the sector must be continually reaffirmed.

The paradigm discussed so far presents a clear focus on training, as a fundamental pillar for the growth at the academic, business, and industrial levels of the Brazilian semiconductor ecosystem. The scarcity of talent is something deeply structural at a global level, aggravated by the low conversion of STEM graduates and lack of awareness of the issue in recent decades at the training level, leading to fierce competition in hiring a pool of specialized talent that is manifestly insufficient given the size and speed of growth of the industry. Here, there is a clear and understandable trend among young Portuguese people, linked to the attraction of software. In a world where artificial intelligence dominates the technological discourse, where it is possible to work remotely for international companies with salaries well above the national average, and where the training path is relatively accessible and with a quick and visible return, the choice for careers in software is rational. The problem is not in the choice itself, but in the imbalance it creates when there is no equivalent investment in hardware training. Electrical and Computer Engineering courses (and similar) exist, annually producing competent engineers despite a persistent drop in entry averages. However, their focus is mostly based on a past paradigm, with little component geared towards the semiconductor industry. A student can complete a bachelor's degree or even a master's degree in this area without having had direct contact with chip design, advanced packaging processes, or the tools and methodologies that the industry actually uses.

The result is paradoxical. Portugal has a globally relevant hardware business and industrial ecosystem, but its education system still lacks a suitable

Portugal has a globally relevant hardware business and industrial ecosystem, but its education system still lacks a suitable one, a consequence of the persistent gap between these two worlds.

sistema de ensino se enquadre nesse ecossistema, fruto da persistente distância entre esses dois universos. Mas este desequilíbrio não é exclusivamente português. Um estudo recente da Universidade de Cardiff [7], identifica a escassez de talento qualificado como o principal fator de risco da indústria global, sublinhando que a baixa consciencialização sobre carreiras em hardware entre estudantes, educadores e população geral é uma das suas causas mais persistentes. A solução não passa por desinvestir na formação em software, mas por criar percursos formativos em hardware que sejam igualmente atrativos, com componentes práticas, ligação direta à indústria (através de estágios e formações de verão), e uma narrativa clara sobre as oportunidades de carreira, que são reais, crescentes, e em muitos casos tão ou mais compensadoras do que as que o software oferece. A solução poderá passar por formar mais e melhor, reter os engenheiros e recuperar quem saiu através de incentivos atrativos como redução da carga fiscal sobre trabalhadores e empregadores, incentivos via *stock options*, e apoios à habitação. Na formação, ações como intervir desde o ensino secundário (através de projetos como a Ciência Viva), criar programas universitários com componente aplicada e ligação direta à indústria, formar técnicos especializados de nível não universitário, e lançar programas de requalificação para todas as idades poderão ter um efeito *compound* que reforça o tecido empresarial, gerando crescimento e aumentando a necessidade de contratar mais engenheiros.

one, a consequence of the persistent gap between these two worlds. However, this imbalance is not unique to Portugal. A recent study by Cardiff University [7] identifies a shortage of qualified talent as the main risk factor for the global industry, emphasizing that low awareness of hardware careers among students, educators, and the general population is one of its most persistent causes. The solution is not to disinvest in software training, but to create equally attractive hardware training pathways with practical components, direct industry connections (through internships and summer training), and a clear narrative about real, growing, and in many cases as or more rewarding career opportunities than those offered by software. The solution may involve training more and better professionals, retaining engineers, and attracting those who have left through attractive incentives such as reduced tax burdens for workers and employers, stock option incentives, and housing support. In terms of education, actions such as intervening from high school onwards (through projects like Ciência Viva), creating university programs with an applied component and direct links to industry, training specialized technicians at the non-university level, and launching retraining programs for all ages can have a compound effect that strengthens the business fabric, generating growth and increasing the need to hire more engineers.

A solução não passa por desinvestir na formação em software, mas por criar percursos formativos em hardware (...) com componentes práticas, ligação direta à indústria (...), e uma narrativa clara sobre as oportunidades de carreira (...).

The solution is not to disinvest in software training, but to create (...) hardware training pathways with practical components, direct industry connections (...), and a clear narrative about real, growing, and in many cases (...) more rewarding career opportunities (...).

Transversalmente, o que une todas estas recomendações é o reconhecimento de uma verdade, por vezes, incómoda. Nenhuma das mudanças necessárias produz efeitos a curto prazo. Os *chips* que Portugal poderia desenhar, as empresas que poderia criar e atrair, os engenheiros que poderia reter e os que poderiam regressar, tudo isso depende de decisões tomadas hoje, cujos frutos só serão colhidos daqui a uma geração. O que este momento histórico ainda permite, e o que seria imperdoável desperdiçar, é a possibilidade de Portugal se posicionar, de forma consistente e sustentada, como um ator relevante numa das indústrias mais determinantes do século XXI. As bases estão construídas e o caminho está traçado. O que resta é ter a disciplina, enquadramento e consistência para uma execução firme com os olhos postos no futuro. 📧

Across all these recommendations, what unites them is the recognition of a truth that is sometimes uncomfortable. None of the necessary changes produce short-term effects. The chips that Portugal could design, the companies it could create and attract, the engineers it could retain and those who could return, all depend on decisions made today, the fruits of which will only be harvested a generation from now. What this historical moment still allows, and what would be unforgivable to waste, is the possibility for Portugal to position itself, consistently and sustainably, as a relevant player in one of the most decisive industries of the 21st century. The foundations are laid and the path is set. What remains is to have the discipline, the framework, and the consistency for a firm execution with eyes turned to the future. 📧

Nota de Edição • Editor's Note

A versão original foi submetida pelo autor em Português, tendo a equipa editorial elaborado a tradução para Inglês.

The original version was submitted by the author in Portuguese, and the editorial team prepared the English translation.

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

Referências • References

- [1] Wiseman, B., Jong, M., Pflingst, P., Jeindl, A., Pototzky, K., *Hiding in plain sight: The underestimated size of the semiconductor industry*, McKinsey & Company, Jan 2025, Online at <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/hiding-in-plain-sight-the-underestimated-size-of-the-semiconductor-industry>.
- [2] *European Chips Act*, European Commission, Dec 2025, Online at <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-chips-act>.
- [3] Página oficial da Agenda da Microeletrónica. Micro.electronics® for a better future. Online at <https://micro-electronics.eu>.
- [4] Estratégia Nacional para os Semicondutores. National Strategy for Semiconductors. República Portuguesa. 2024. Online em https://www.fct.pt/wp-content/uploads/2024/01/estrategia_nacional_semicondutores.pdf.
- [5] Página oficial do POEMS, Portuguese Competence Centre in Semiconductors. Online at <https://www.poemscentre.eu>.
- [6] Agenda Microeletrónica Advisory Board, *Indústria da Microeletrónica: Plano de Desenvolvimento, 2025*, Online at https://strapi.micro-electronics.eu/uploads/V_Portuguesa_do_documento_atualizadav_impressao_02_6f09d1a748.pdf.
- [7] Lang, M., Kim, J. H., Munday, M., Chalermsook, P., *Talent, Skills and the Semiconductor Industry*, Welsh Economy Research Unit, Cardiff University, Jul 2025, Online at <https://csconnected.com/media/fcobrpxpu/weru-csconnected-sipf-skills-report-25.pdf>.

IEEE Access

Multidisciplinary • Rapid Review • Open Access Journal

Aproveite o poder de publicação do IEEE Access.

Harness the publishing power of IEEE Access.



- **Receba uma avaliação por pares rigorosa e de alta qualidade** em apenas 4 a 6 semanas.
 - **Receive high-quality, rigorous peer review** in only 4 to 6 weeks.
 - **Alcance milhões de utilizadores globais** através da biblioteca digital IEEE Xplore® publicando conteúdo em acesso aberto.
 - **Reach millions of global users** through the IEEE Xplore® digital library by publishing open access.
 - **Submeta artigos multidisciplinares** que possam não se enquadrar em revistas com um foco específico.
 - **Submit multidisciplinary articles** that may not fit in narrowly focused journals.
- **Saiba mais em**
Learn more at
ieeaccess.ieee.org

 **IEEE**

Europa garante futuro no setor dos semicondutores com nova linha piloto fotónica: Portugal lidera iniciativas de fiabilidade

Europe Secures Semiconductor Future with New Photonic Pilot Line: Portugal Leads in Reliability Efforts

Por Miguel Drummond · By Miguel Drummond

doi: 10.5281/zenodo.19391387



Miguel Drummond

Doutorado pela Universidade de Aveiro (2011). Após funções de Investigação e Desenvolvimento na Nokia Siemens Networks e Coriant, tornou-se Investigador no Instituto de Telecomunicações, em 2014. Desde 2021, lidera o grupo de Sensores Óticos e Circuitos Óticos Integrados. A sua investigação centra-se no desenvolvimento de circuitos óticos integrados, processamento de sinal para agregados de antenas, e sensores LiDAR para automóveis.

PhD from the University of Aveiro (2011). Following R&D roles at Nokia Siemens Networks and Coriant, he became a Research Scientist at Instituto de Telecomunicações in 2014. Since 2021, he leads the Optical Sensors and Integrated Photonics group. His research focuses on Photonic Integrated Circuits, photonic beamforming for phased-array antennas, and automotive LiDAR sensors.

Numa ação decisiva para recuperar a soberania tecnológica, a Europa está a expandir agressivamente as suas capacidades em semicondutores através da Iniciativa Conjunta de Chips (ChipsJU). Impulsionada pela Lei Europeia dos *Chips* (a *European Chips Act*), a iniciativa visa aumentar a quota do continente no mercado global de circuitos integrados de 10% para 20% até 2030. Este impulso estratégico foi motivado pelas graves perturbações na cadeia de abastecimento vividas durante a pandemia de COVID-19 e pelas crescentes tensões geopolíticas que sublinharam a dependência da Europa em relação aos ecossistemas de fabrico não europeus. Ao fomentar a liderança no *design* e produção de *chips* mais pequenos, mais rápidos e com maior eficiência energética, a Europa procura garantir a sua autonomia económica, industrial e militar.

Um pilar desta estratégia é a "Iniciativa Chips para a Europa", que apoia a criação de Linhas Piloto avançadas. Estas infraestruturas servem de pontes "do laboratório à fábrica", permitindo aos investigadores e às empresas criar protótipos, testar e validar tecnologias de ponta antes de as passarem para a produção industrial em grande escala. Em 2023, foram lançadas as primeiras quatro linhas piloto, com foco na tecnologia de ponta sub-2nm, processos FD-SOI de 7nm, encapsulamento avançado/integração heterogénea e materiais de banda larga.

Aproveitando este impulso, a Comissão Europeia confirmou recentemente o lançamento do PIXEurope, a quinta e mais ambiciosa linha piloto até à data. Com foco nos *Photonic Integrated Circuits* (PICs) avançados, o PIXEurope é um projeto

In a decisive move to reclaim technological sovereignty, Europe is aggressively expanding its semiconductor capabilities through the Chips Joint Undertaking (ChipsJU). Driven by the European Chips Act, the initiative aims to increase the continent's global market share of integrated circuits from 10% to 20% by 2030. This strategic push was motivated by the severe supply chain disruptions experienced during the COVID-19 pandemic and the rising geopolitical tensions that underscored Europe's dependence on non-European manufacturing ecosystems. By fostering leadership in the design and production of smaller, faster, and more energy-efficient chips, Europe seeks to secure its economic, industrial, and military autonomy.

A cornerstone of this strategy is the "Chips for Europe Initiative," which supports the creation of advanced Pilot Lines. These infrastructures serve as "lab-to-fab" bridges, allowing researchers and companies to prototype, test, and validate cutting-edge technologies before they move to high-volume industrial production. In 2023, the first four pilot lines were launched, focusing on leading-edge sub-2nm technology, 7nm FD-SOI processes, advanced packaging/heterogeneous integration, and wide bandgap materials.

Building on this momentum, the European Commission recently confirmed the launch of PIXEurope, the fifth and most ambitious pilot line to date. Focused on Advanced Photonic Integrated Circuits (PICs), PIXEurope is a 10-year project with a budget of approximately €400 million. Photonics, which uses photons rather than electrons to process information, is critical for the future of high-speed

de 10 anos com um orçamento de aproximadamente 400 milhões de euros. A fotónica, que utiliza fótons em vez de elétrons para processar informação, é fundamental para o futuro da computação de alta velocidade, da inteligência artificial e dos sistemas quânticos. Coordenado pelo Instituto de Ciências Fotónicas (ICFO) em Espanha, o PIXEurope estabelece uma cadeia de prototipagem "completa": a primeira linha piloto de PIC totalmente integrada e de acesso aberto do mundo. Em última análise, unifica diversos materiais e técnicas de integração.

Portugal desempenha um papel vital neste ecossistema europeu através do Instituto de Telecomunicações (IT), a única entidade portuguesa participante no consórcio PIXEurope. Operando a partir da sua sede em Aveiro, o IT é responsável pelo pacote de trabalho crítico de Teste e Fiabilidade.

Uma equipa de investigadores do IT está a desenvolver uma estrutura unificada de "design para teste". Este trabalho é essencial para garantir que os chips fotónicos possam transitar do laboratório para a produção em larga escala no mundo real, com taxas de falha mínimas e um tempo de lançamento no mercado acelerado. Para apoiar estes esforços, o IT está a construir ativamente um laboratório especializado em Portugal dedicado a interposers personalizados e "PCBs óticos". Esta instalação irá inovar em kits de design baseados em modelos e metodologias de teste avançadas compatíveis com a integração híbrida.

Através deste contributo, Portugal e o IT garantem que a próxima geração de chips fotónicos europeus cumpre os rigorosos padrões de fiabilidade exigidos para a liderança industrial global. 📧

Nota de Edição • Editing Note

O texto original foi escrito em inglês, tendo a versão portuguesa sido traduzida pela equipa editorial.

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

O PIXEurope é co-financiado pelo Chips Joint Undertaking e autoridades nacionais de financiamento dos seguintes Estados-Membros: Áustria, Bélgica, Espanha, Finlândia, França, Irlanda, Itália, Países Baixos, Polónia, Portugal, e Reino Unido.

PIXEurope is co-funded by the Chips Joint Undertaking and national funding authorities of the Participating States: Austria, Belgium, Finland, France, Ireland, Italy, The Netherlands, Poland, Portugal, Spain, United Kingdom.

Mais informação em pixeurope.eu.
More information at pixeurope.eu.

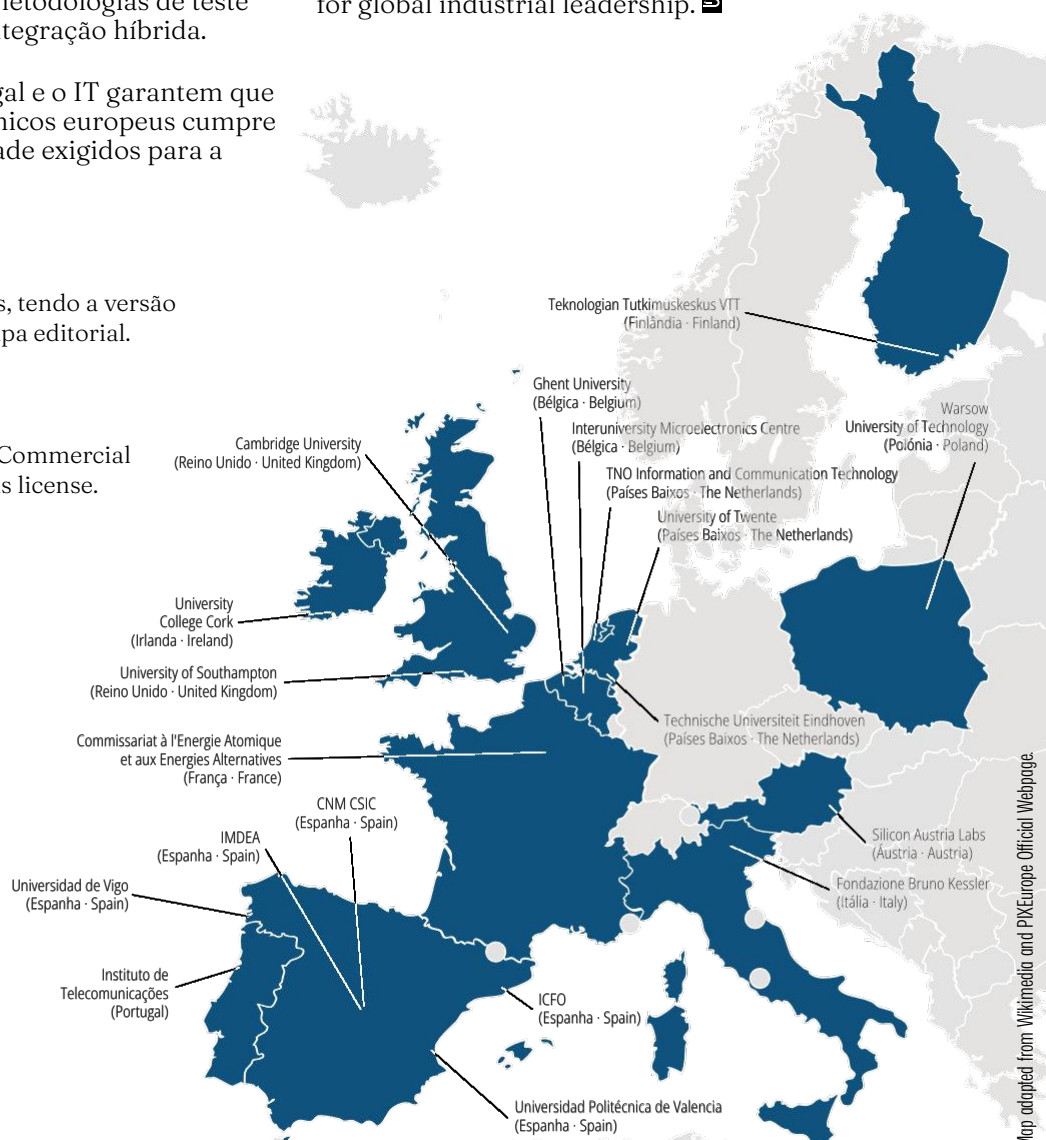


computing, artificial intelligence, and quantum systems. Coordinated by the Institute of Photonic Sciences (ICFO) in Spain, PIXEurope establishes a "one-stop-shop" prototyping chain: the first fully integrated open-access PIC pilot line in the world. Ultimately, it unifies diverse materials and integration techniques.

Portugal plays a vital role in this European ecosystem through the Instituto de Telecomunicações (IT), the sole Portuguese entity participating in the PIXEurope consortium. Operating from its site in Aveiro, IT is responsible for the critical Test & Reliability work package.

A team of researchers from IT is developing a unified "design-for-test" framework. This work is essential for ensuring that photonic chips can transition from the laboratory to real-world, high-volume manufacturing with minimal failure rates and accelerated time-to-market. To support these efforts, IT is actively building a specialized laboratory in Portugal dedicated to custom interposers and "optical PCBs". This facility will innovate in model-based design kits and advanced test methodologies compatible with hybrid integration.

Through this contribution, Portugal and IT are ensuring that the next generation of European photonic chips meets the rigorous reliability standards required for global industrial leadership. 📧



Map adapted from Wikimedia and PIXEurope Official Webpage

Semicondutores em Portugal: O Compromisso da Universidade de Aveiro com o Futuro Tecnológico

Semiconductors in Portugal: The University of Aveiro's Commitment to the Technological Future

Por Teresa Monteiro · By Teresa Monteiro

doi: 10.5281/zenodo.19391434



Teresa Monteiro

Doutorada em Física da Matéria Condensada em 1993. É Professora Catedrática no Departamento de Física da Universidade de Aveiro e membro integrado do Institute for Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication (i3N). Atualmente, dirige o Mestrado em Engenharia de Dispositivos Semicondutores.

PhD in Condensed Matter Physics (1993). She is a Full Professor in the Department of Physics at the University of Aveiro and an integrated member of the Institute for Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication (i3N). Currently, she directs the Master's degree in Semiconductor Device Engineering.

O desenvolvimento da indústria de semicondutores e microeletrónica exige, muito para além de capital financeiro, uma base sólida de infraestruturas tecnológicas e, crucialmente, profissionais altamente qualificados em todas as etapas da cadeia de valor. É precisamente neste pilar do capital humano que a Universidade de Aveiro (UA) se tem afirmado a nível nacional e internacional como uma instituição estratégica no setor dos semicondutores em Portugal, apostando fortemente na formação avançada e na investigação de vanguarda.

Destaca-se neste domínio, e praticamente desde a sua génese, a experiência de cinco décadas do Departamento de Física (DFis) em formação e investigação na área da física de materiais semicondutores, que alicerçou, em conjunto com o Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática (DETI), o recente lançamento do primeiro Mestrado em Engenharia de Dispositivos Semicondutores a nível nacional. Este mestrado visa preparar a próxima geração de talentos na área de semicondutores e microeletrónica. Paralelamente, a Universidade disponibiliza formações de curta duração (microcredenciais) neste domínio, de modo a impulsionar o desenvolvimento de competências e a sua transferência para as indústrias em tempo útil.

Este compromisso da UA estende-se à participação ativa de membros das suas várias unidades orgânicas e laboratórios no POEMS (Centro de Competências Português em Semicondutores). Este consórcio, que reúne 16 parceiros sob a coordenação do INL, foi lançado em abril de 2025 no âmbito da iniciativa Chips for Europe e da Estratégia Nacional para os Semicondutores. A iniciativa *Chips*

The development of the semiconductor and microelectronics industry requires, far beyond financial capital, a solid foundation of technological infrastructure and, crucially, highly qualified professionals at all stages of the value chain. It is precisely on this pillar of human capital that the University of Aveiro (UA) has established itself nationally and internationally as a strategic institution in the semiconductor sector in Portugal, strongly investing in advanced training and cutting-edge research.

In this field, and practically since its inception, the five-decade experience of the Department of Physics (DFis) in training and research in the area of semiconductor materials physics stands out, which, together with the Department of Electronics, Telecommunications and Informatics (DETI), underpinned the recent launch of the first Master's degree in Semiconductor Device Engineering at the national level. This master's degree aims to prepare the next generation of talent in the area of semiconductors and microelectronics. Simultaneously, the University offers short-term training (micro-credentials) in this field to boost skills development and their timely transfer to industries.

This commitment from UA extends to the active participation of members from its various organizational units and laboratories in POEMS (Portuguese Competence Center in Semiconductors). This consortium, which brings together 16 partners under the coordination of INL, was launched in April 2025 as part of the Chips for Europe initiative and the National Semiconductor Strategy. The Chips for Europe initiative arises in response to Europe's vulnerability in this sector, with the mission of strengthening strategic autonomy, relying on funding from the Chips Act



candidaturas a cursos de pós-graduação abertas
applications for post-graduate courses open

Mestrado em Engenharia de Dispositivos Semicondutores Master in Semiconductor Devices Engineering

O ciclo de estudos tem como objetivo a aquisição de conhecimentos específicos, aptidões e competências capazes de impulsionar o futuro dos dispositivos semicondutores, capacitando indústrias de setores estratégicos, tais como as indústrias de semicondutores, microeletrónica, dispositivos eletrónicos e optoeletrónicos, microfabricação, processamento e integração, arquitetura de dispositivos, circuitos e sistemas.

The study cycle aims to train graduates with knowledge, competencies and skills capable of driving the development of the next generation of semiconductor components and devices to empower the industries of several strategic sectors, such as semiconductors, microelectronics, electronic and optoelectronic devices, micromanufacturing, processing and integration, device architecture, circuits and systems.

Duração · Duration
2 anos · years
(4 semestres · semesters)

Duração · Mode
Diurno · Daytime

Propinas Nacionais/UE · National/UE tuitions
1000€ por ano · per year

Propinas Internacionais · International Tuitions
5000€ por ano · per year

Idiomas · Teaching language(s)
Português/English

Sub-sistema · Subsystem
Universitário · University

Áreas Científicas · Scientific Areas
Eletrotécnica, Engenharia Física
Electrotechnics, Physics Engineering

Acreditação · Accreditation
Course accredited in 10/10/2024
Registo · Record R/A-Cr 159/2024

Candidaturas · Admissions

1ª Fase · 1st Phase
02/02/2026 — 12/02/2026
5 vagas · vacant spots

2ª Fase · 2nd Phase
14/04/2026 — 14/05/2026
15 vagas · vacant (+ restantes · + remaining)

3ª Fase · 3rd Phase
01/09/2026 — 04/09/2026
vagas sobranes · remaining vacant spots

Mais informações · More information

Página · Webpage: <https://ua.pt/curso/1781>

for Europe surge em resposta à vulnerabilidade da Europa neste setor, com a missão de reforçar a autonomia estratégica, contando com um financiamento do *Chips Act* de cerca de 43 mil milhões de euros para impulsionar o setor europeu de semicondutores. Em Portugal, um exemplo concreto resultante do POEMS é a organização da 1.ª Escola de Primavera do POEMS, que decorreu de 6 a 10 de abril de 2026 no Departamento de Física da UA, com foco em temáticas fundamentais como o Design de Chips, o Packaging Avançado e as Tecnologias Emergentes.

Fotografias na página 71 ►

Esta resposta académica nacional e europeia é urgente face à escassez de profissionais qualificados neste setor. Um relatório recente de 2025 da European Chips Skills Academia (ECSA) [1] refere que, até 2030, prevê-se que a indústria europeia de semicondutores enfrente um défice médio anual de cerca de 10 800 trabalhadores qualificados em toda a cadeia de valor, principalmente devido ao envelhecimento dos profissionais e ao crescimento limitado do número de licenciados em áreas de estudo relacionadas com semicondutores. A mesma entidade prevê a criação de 271 000 vagas de emprego no setor até 2030, vagas que têm sido difíceis de preencher dada a escassez de graduados com as competências necessárias para os locais de trabalho na complexa e especializada indústria de semicondutores.

Os materiais semicondutores são a base do desenvolvimento e do processamento de dispositivos eletrónicos que moldam diferentes vertentes da existência moderna. Hoje em dia, os produtos eletrónicos são indispensáveis em todas as cadeias de produção e, conseqüentemente, a utilização de semicondutores nestes sistemas continua a aumentar exponencialmente. Os *chips* (ou *microchips*) suportam a

of approximately €43 billion to boost the European semiconductor sector. In Portugal, a concrete example resulting from POEMS is the organization of the 1st POEMS Spring School, which took place from April 6th to 10th, 2026 at the Physics Department of the University of Aveiro, focusing on fundamental themes such as Chip Design, Advanced Packaging, and Emerging Technologies.

Photos on page 71 ►


This national and European academic response is urgent given the shortage of qualified professionals in this sector. A recent 2025 report from the European Chips Skills Academy (ECSA) [1] states that, by 2030, the European semiconductor industry is expected to face an average annual deficit of approximately 10,800 skilled workers across the value chain, primarily due to the aging workforce and limited growth in the number of graduates in semiconductor-related fields of study. The same entity predicts the creation of 271,000 jobs in the sector by 2030, vacancies that have been difficult to fill given the shortage of graduates with the skills required for the workplaces in the complex and specialized semiconductor industry.

Semiconductor materials are the basis for the development and processing of electronic devices that shape different aspects of modern life. Today, electronic products are indispensable in all production chains and, consequently, the use of semiconductors in these systems continues to increase exponentially. Chips (or microchips) underpin the technology and innovation-based economy and play a strategic role in current geopolitics and global security.

In this context, UA hosts three Associated Laboratories (LA) classified as Excellent in the latest evaluation by the FCT (Foundation for Science and Technology) that

economia alicerçada na tecnologia e na inovação e desempenham um papel estratégico na atual geopolítica e na segurança global.

Neste contexto, a UA acolhe três Laboratórios Associados (LA) classificados como Excelente na última avaliação da FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) que desenvolvem investigação de vanguarda nas áreas dos semicondutores, materiais avançados, optoelectrónica, fotónica, microeletrónica e tecnologias emergentes, cruciais para a convergência entre a academia e a indústria, impulsionando a inovação e o desenvolvimento tecnológico: o polo de Aveiro do i3N (Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação), o CICECO (Instituto de Materiais de Aveiro) e o polo de Aveiro do IT (Instituto de Telecomunicações).

Adicionalmente, e no contexto do desenvolvimento da Região Centro na área dos semicondutores e microeletrónica, a UA tem desempenhado um papel fundamental na investigação e inovação nestes domínios. Focada em reforçar a capacidade produtiva e de inovação da indústria regional e nacional dos semicondutores e microeletrónica, assim como na criação e capacitação de *Hubs* Tecnológicos, a UA participou na Agenda da Microeletrónica, coopera com a InovaRia (rede de inovação em Aveiro) e outras entidades de inovação, desenvolvendo em conjunto várias iniciativas e eventos temáticos nos domínios mencionados, e tem também contribuído de forma ativa e empenhada para a estratégia da Região Centro para os semicondutores e microeletrónica (CCDRC). Através da sua oferta formativa, investigação e transferência de conhecimento, a Universidade fortalece o ecossistema regional e nacional de inovação, apoiando empresas, projetos estratégicos e políticas públicas. 

develop cutting-edge research in the areas of semiconductors, advanced materials, optoelectronics, photonics, microelectronics and emerging technologies, crucial for the convergence between academia and industry, driving innovation and technological development: the Aveiro hub of i3N (Institute of Nanostructures, Nanomodelling and Nanofabrication), CICECO (Aveiro Institute of Materials) and the Aveiro hub of IT (Institute of Telecommunications).

Furthermore, and within the context of the development of the Central Region in the area of semiconductors and microelectronics, the University of Aveiro (UA) has played a fundamental role in research and innovation in these fields. Focused on strengthening the productive and innovative capacity of the regional and national semiconductor and microelectronics industry, as well as on the creation and development of Technology Hubs, the UA participated in the Microelectronics Agenda, cooperates with InovaRia (an innovation network in Aveiro) and other innovation entities, jointly developing various initiatives and thematic events in the aforementioned areas, and also has actively and committedly contributing to the Central Region's strategy for semiconductors and microelectronics (CCDRC). Through its educational offerings, research, and knowledge transfer, the University strengthens the regional and national innovation ecosystem, supporting companies, strategic projects, and public policies. 

Referências • References

[1] Beaujeu, R., Saint-Martin, L., Lebon C., *Skills Strategy 2025, Update on the Talent Gap in the EU Semiconductor Ecosystem*, European Chips Skills Academy (ECSA), 2025, available (online) at <https://chipsacademy.eu/wp-content/uploads/2025/11/Final-Skills-Strategy-2025-Nov2025.pdf>.

Imagens • Images

Universidade de Aveiro (Original) and Lightsaber Collection (Unsplash).

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.



First Spring School

6 a 10 de abril de 2026

April 6th to 10th, 2026

POEMS

Portuguese
Competence
Centre in
Semiconductors

www.poemscentre.eu

Departamento de Física, Universidade de Aveiro



54 participantes

54 participants

IEEE HART initiative
Pedro Rito



31% de participantes
internacionais



31% international participants



HART: A Fazer Pontes entre IA e Hardware



HART: Bridging the Gap Between AI and Hardware

Por Nuno Borges de Carvalho · By Nuno Borges de Carvalho

doi: 10.5281/zenodo.19391479



Nuno Borges de Carvalho

Doutorado pela Universidade de Aveiro (2000). Professor Catedrático, Investigador Sénior no Instituto de Telecomunicações e *Fellow* do IEEE. A sua investigação centra-se em rádio definido por software, transmissão de energia sem fios e distorção não linear em circuitos de microondas. É coautor de três livros, publicou mais de 200 artigos e detém seis patentes.

PhD from University of Aveiro (2000). He is a Full Professor, Senior Research Scientist at Instituto de Telecomunicações, and an IEEE Fellow. His primary research interests include software-defined radio front-ends, wireless power transmission, and nonlinear distortion in microwave circuits. He has co-authored three books, published over 200 papers, and holds six patents.

O verdadeiro progresso tecnológico nunca acontece de forma isolada. Surge quando engenharia rigorosa se encontra com as necessidades mais genuínas da sociedade. Dentro do IEEE, as *Technical Activities* (TA) têm desempenhado um papel vital na criação de espaço onde ideias visionárias se podem tornar realidades concretas. É precisamente esta a força motriz por detrás da nova Iniciativa HART, “*Hardware para IA, Investigação e Desenvolvimento de Talentos*” [1], que visa reconectar o crescimento explosivo da inteligência artificial com os seus fundamentos físicos essenciais.

Porquê a Iniciativa HART?

Hoje, estamos a assistir a uma desconexão significativa na indústria tecnológica. Embora os algoritmos e o *software* de IA continuem a avançar a um ritmo surpreendente, o seu sucesso depende, em última análise, do *hardware* físico: processadores, circuitos, sensores e sistemas altamente eficientes em termos energéticos. A inteligência artificial não é meramente matemática abstrata; está fundamentalmente baseada em materiais, elétrons e limites térmicos e físicos inevitáveis. A Iniciativa HART foi criada para garantir que a inovação em *hardware* não só acompanha a IA, mas lidera e molda ativamente a próxima geração de aplicações inteligentes.

Uma Relação Bilateral

Na sua essência, a HART aborda dois desafios profundamente interligados. Por um lado, estamos a repensar a forma como as plataformas de computação são construídas para a IA, desde aceleradores massivos de *data-centers* até minúsculos dispositivos de *edge*. Isto exige a solução do complexo trilema “energia-latência-custo” através de arquiteturas de memória inovadoras, técnicas avançadas de encapsulamento e integração heterogénea que combine perfeitamente a deteção, o processamento e a comunicação. Áreas como a computação neuromórfica, as

Real technological progress never happens in isolation. It emerges when rigorous engineering meets genuine societal needs. Within the IEEE, Technical Activities (TA) have long played a vital role in creating the space where visionary ideas can become concrete realities. This is precisely the driving force behind the new HART Initiative “Hardware for AI, Research, & Talent-building” [1], which aims to reconnect the explosive growth of artificial intelligence with its essential physical foundations.

Why the HART Initiative?

Today, we are witnessing a significant disconnect in the technology industry. While AI algorithms and software continue to advance at an astonishing pace, their success ultimately depends on physical hardware: processors, circuits, sensors, and highly energy-efficient systems. Artificial intelligence is not merely abstract mathematics; it is fundamentally grounded in materials, electrons, and unavoidable thermal and physical limits. The HART Initiative was created to ensure that hardware innovation does not merely keep pace with AI, but actively leads and shapes the next generation of intelligent applications.

A Two-Way Relationship

At its core, HART addresses two deeply interconnected challenges. On one side, we are rethinking how computing platforms are built for AI, spanning from massive data-center accelerators to tiny edge devices. This requires solving the complex “power-latency-cost” trilemma through innovative memory architectures, advanced packaging techniques, and heterogeneous integration that seamlessly combines sensing, processing, and communication. Areas such as neuromorphic computing, photonic solutions, and ultra-low-power designs capable of operating in real-world conditions are central to this effort. On the other side, we are exploring how artificial intelligence itself can revolutionize hardware

soluções fotônicas e os projetos de ultrabaixo consumo energético capazes de operar em condições do mundo real são fundamentais para este esforço. Por outro lado, estamos a explorar como a própria inteligência artificial pode revolucionar o design de hardware. O *machine learning* já está a transformar os fluxos de design tradicionais, permitindo o *layout* automatizado, a verificação e a exploração de vastos "espaços de *design*" que antes eram demasiado complexos para os engenheiros humanos navegarem eficazmente. Esta sinergia não só aumenta a produtividade, como também leva a sistemas mais sustentáveis, eficientes e de alto desempenho.

Impacto na Engenharia em Educação em Portugal e no Mundo


O HART é muito mais do que um fórum de discussão teórica. É uma comunidade ativa e inclusiva para estudantes, empreendedores e profissionais ansiosos por traduzir ideias em impacto no mundo real. A iniciativa assenta em três pilares práticos. Em primeiro lugar, estamos a lançar novas competições de *design* da IEEE focadas no *co-design* de *hardware* de IA para incentivar a experimentação prática. Em segundo lugar, estamos a desenvolver o "Lab-in-a-Box": *kits* de ferramentas selecionadas e de baixo custo, concebidos para tornar a prototipagem de *hardware* acessível a investigadores e criadores em qualquer parte do mundo, reduzindo drasticamente as barreiras tradicionais de custo e complexidade. Em terceiro lugar, um dos principais objetivos a longo prazo é melhorar o acesso ao fabrico real de chips através da Open Silicon Initiative.

design. Machine learning is already transforming traditional design flows, enabling automated layout, verification, and the exploration of vast "design spaces" that were previously too complex for human engineers to navigate effectively. This synergy not only boosts productivity but also leads to more sustainable, efficient, and higher-performing systems.

Impact on Engineering Education in Portugal and Throughout the World

HART is far more than a theoretical discussion forum. It is an active and inclusive community for students, entrepreneurs, and practitioners eager to translate ideas into real-world impact. The initiative rests on three practical pillars. First, we are launching new IEEE design competitions focused on AI-hardware co-design to encourage hands-on experimentation. Second, we are developing the "Lab-in-a-Box": curated, low-cost toolkits designed to make hardware prototyping accessible to researchers and makers anywhere in the world, dramatically lowering the traditional barriers of cost and complexity. Third, a major long-term goal is to improve access to actual chip fabrication through the Open Silicon Initiative.

The Open Silicon Initiative promotes open-source design tools, open PDKs, and collaborative fabrication pathways, it seeks to democratize access to integrated circuit design and manufacturing; particularly for students and early-career researchers who often face prohibitive costs associated with commercial EDA tools and silicon area.



Competições de *co-design* de *hardware* de IA
AI-hardware co-design competitions



Lab-in-a-Box



Iniciativa Open Silicon
Open Silicon Initiative



A Open Silicon Initiative promove ferramentas de design de código aberto, PDKs abertos e caminhos de fabrico colaborativos, procurando democratizar o acesso ao design e fabrico de circuitos integrados; particularmente para estudantes e investigadores em início de carreira que enfrentam frequentemente custos proibitivos associados às ferramentas EDA comerciais e à área do silício.

Da Teoria à Prática

A Iniciativa HART, muito pragmaticamente, tem uma ação focada nos quatro pontos seguintes:

1. Competições internacionais co-desenhadas na relação *AI-hardware*.
2. Plataformas de prototipagem acessível.
3. Criação de pontes entre o fabrico de ICs e *foundries*.
4. Extensão do impacto à sociedade.

A Iniciativa poderá inclusive conectar-se a outras iniciativas maiores como é o caso da IEEE MOVE, onde *hardware AI-enabled* suportará sistemas de apoio à resposta de emergência em desastre, comunicações resilientes, e esforços humanitários — áreas onde Portugal poderá desempenhar um papel ativo.

Conclusão

O sucesso do HART dependerá inteiramente da força e do envolvimento da sua comunidade. Não procuramos um grupo fechado de especialistas estabelecidos. Pelo contrário, acolhemos calorosamente as contribuições de todo o espetro do IEEE: quer seja um engenheiro de silício experiente, um investigador académico ou um estudante a dar os primeiros passos com um FPGA. Todas as perspetivas importam. Convidamos ativamente os membros a ajudar a moldar guiões técnicos, a orientar equipas de competição e a partilhar experiências práticas sobre limitações e desafios de hardware. 📧

From Theory to Practice

The HART Initiative, very pragmatically, focuses on the following four points:

1. International AI-hardware co-design competitions
2. Accessible prototyping platforms.
3. Bridges to IC fabrication and foundries
4. Extending impact to society.

The HART Initiative can also connect with broader initiatives such as IEEE MOVE, where AI-enabled hardware systems support disaster response, resilient communications, and humanitarian efforts—areas where Portugal can play an active role.

Conclusion

The success of HART will depend entirely on the strength and engagement of its community. We are not seeking a closed group of established experts. On the contrary, we warmly welcome contributions from across the entire IEEE spectrum: whether you are a seasoned silicon engineer, an academic researcher, or a student taking your first steps with an FPGA. Every perspective matters. We actively invite members to help shape technical roadmaps, mentor competition teams, and share real-world insights on hardware constraints and challenges. 📧

Referências • References

[1] HART Initiative Webpage, at <https://hart.ieee.org>.

Imagens • Images

Autodesk (Original), Youn Seung Jin (Pexels), Jimmy Chan (Pexels), IEEE MOVE Initiative (Original).

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.





Junte-se à Mailing List da Iniciativa IEEE HART Join the IEEE HART Initiative Mailing List

IEEE HART é uma nova iniciativa em *Hardware em IA, Investigação, e Construção de Talento*
IEEE HART is a new initiative on Hardware for AI, Research, and Talent-building

À medida que a IA continua a evoluir, as exigências em relação ao design de hardware atingiram um ponto crítico. Para suportar a IA avançada, a indústria necessita de hardware capaz de lidar com cargas de processamento mais elevadas com um menor consumo de energia.

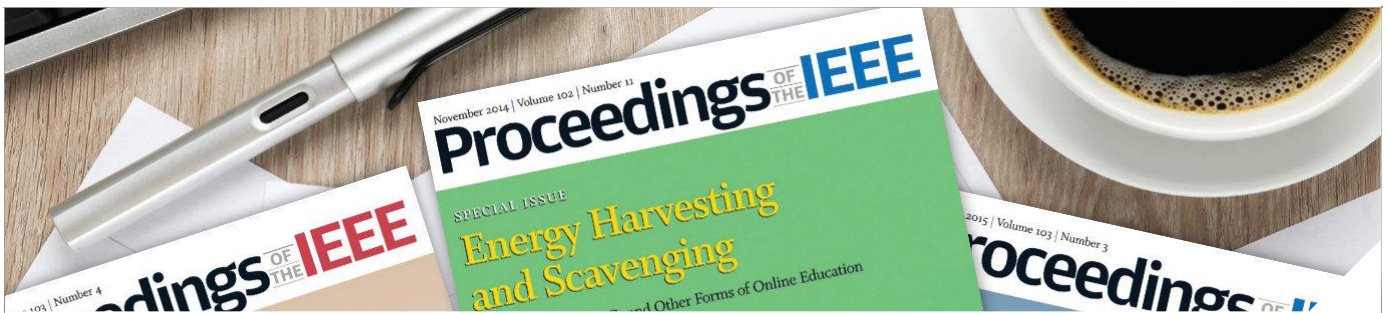
O IEEE HART foi criado para satisfazer esta necessidade e corrigir o crescente desequilíbrio de talentos entre as áreas de engenharia de software e hardware. Estamos a reunir líderes de todo o ecossistema (indústria, academia e governo) para revitalizar a inovação em hardware.

As AI continues to evolve, the demands on hardware design have reached a critical point. To support advanced AI, the industry requires hardware that can handle higher processing loads with a lower energy footprint.

IEEE HART was created to address this need and to fix the growing talent imbalance between software and hardware engineering. We are bringing together leaders from across the ecosystem—industry, academia, and government—to revitalize hardware innovation.



Aceda à Mailing List
Join the Mailing List



Uma das fontes de referência mais influentes para os engenheiros de todo o mundo.

Há mais de 100 anos que o *Proceedings of the IEEE* é o periódico para engenheiros que procuram tutoriais, *surveys* e revisões profundas sobre os desenvolvimentos técnicos que moldam o nosso mundo. Oferecendo artigos práticos e totalmente referenciados, o *Proceedings of the IEEE* é ponte de ajuda aos leitores a compreender tecnologias importantes em engenharia elétrica e da ciência da computação.

One of the most influential reference resources for engineers around the world.

For over 100 years, *Proceedings of the IEEE* has been the leading journal for engineers looking for in-depth tutorial, survey, and review coverage of the technical developments that shape our world. Offering practical, fully referenced articles, *Proceedings of the IEEE* serves as a bridge to help readers understand important technologies in the areas of electrical engineering and computer science.



Para saber mais e começar a sua subscrição hoje, visite:
To learn more and start your subscription today, visit:
ieeep.org/proceedings-subscribe



Ampliando o Acesso ao Desenho de *Chips*: Desafios na Disponibilidade de Ferramentas EDA e o Aumento de Ecossistemas em Código Aberto

Expanding Access to Chip Design: Challenges in EDA Tool Availability and the Rise of Managed Open-Source Ecosystems

Por Juan Moya · By Juan Moya

doi: 10.5281/zenodo.19332658



Juan Moya

Juan Sebastián Moya Baquero é licenciado pela Universidade de Los Andes, na Colômbia (2011), mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina e doutorado pela Universidade Industrial de Santander. Atualmente trabalha como investigador em pós-doutoramento no International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL) e é também projetista de circuitos de *mixed-signal* na SymbioticEDA. Em 2024, foi investigador na Universidade de Michigan. Promove ativamente o design de circuitos integrados em código aberto através de iniciativas globais.

Juan Sebastián Moya Baquero holds a B.Sc. from the University of Los Andes in Colombia (2011), an M.Sc. from the Federal University of Santa Catarina, and a Ph.D. from the Industrial University of Santander. He is currently working as a postdoctoral researcher at the International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL) and is also a mixed-signal circuit designer at SymbioticEDA. In 2024, he was a researcher at the University of Michigan. He actively promotes open-source IC design through global initiatives.

Os sistemas eletrônicos estão cada vez mais incorporados em aplicações do nosso dia-a-dia, particularmente em dispositivos *wearable* e inteligentes utilizados para monitorização fisiológica em tempo real e de longo prazo, e processamento de dados [1–3]. Estas soluções inteligentes requerem *form factors* extremamente pequenos, baixo consumo de energia e elevados níveis de integração, impulsionando o desenvolvimento de circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), também conhecidos como *chips*. Os ASICs são feitos à medida para satisfazer requisitos de desempenho altamente específicos e resolver desafios de engenharia bem definidos. Esta tendência mais ampla reflete o crescente interesse entre engenheiros e investigadores no desenvolvimento de soluções de silício personalizadas.

O projeto de ASICs requer três elementos essenciais: um fluxo de projeto bem definido, composto por etapas de desenvolvimento especializadas; um *kit* de *design* de processos (PDK) contendo modelos e regras específicos da tecnologia, fornecidos por uma *foundry* de semicondutores; e ferramentas de *electronic design automation* (EDA) para o design de circuitos, simulação, verificação e geração de *layout*. Nas últimas décadas, a indústria de semicondutores padronizou os fluxos de *design* de ASICs para permitir a criação de circuitos integrados analógicos, digitais, de sinal misto e de radiofrequência (RF) robustos e fiáveis. Até muito recentemente, o acesso a estes fluxos era limitado porque os PDK eram inteiramente proprietários, exigindo acordos de confidencialidade e custos substanciais de licenciamento para dados de tecnologia e ferramentas EDA.

Um marco importante foi alcançado em 2020, quando a SkyWater lançou o Sky130A, um PDK de código aberto baseado num nó tecnológico de 130nm

Electronic systems are becoming increasingly embedded in everyday applications, particularly smart wearable devices used for real-time, long term physiological monitoring and data processing [1–3]. These intelligent solutions require extremely small form factors, low power consumption and high levels of integration, driving the development of application-specific integrated circuits (ASICs), also known as chips. ASICs are custom-designed to fulfill highly specific performance requirements and solve well-defined engineering challenges. This broader trend reflects the growing interest among engineers and researchers in developing customized silicon solutions.

Designing application-specific integrated circuits (ASICs) requires three essential elements: a well-defined design flow consisting of specialized development steps; a Process Design Kit (PDK) containing technology-specific models and rules provided by a semiconductor foundry; and Electronic Design Automation (EDA) tools for circuit design, simulation, verification, and layout generation. Over the past several decades, the semiconductor industry has standardized ASIC design flows to enable the creation of robust and reliable analog, digital, mixed-signal, and radio-frequency (RF) integrated circuits. Until recently, access to these flows was limited because PDKs were entirely proprietary, necessitating non-disclosure agreements and substantial licensing costs for technology data and EDA tools.

A major milestone was reached in 2020 when SkyWater released Sky130A, an open-source PDK based on a 130-nm technology node [4]. This initiative marked the first time a complete manufacturing design kit was made available freely to the public. Other important PDK releases followed, including gfl80mcuD in 2022 [5] and IHP-SG13G2 in 2023 [6].

[4]. Esta iniciativa marcou a primeira vez que um *kit* completo de projeto de fabrico foi disponibilizado gratuitamente ao público. Seguiram-se outros lançamentos importantes de PDK, incluindo o gfl80mcuD em 2022 [5] e o IHP-SG13G2 em 2023 [6].

Embora o surgimento dos PDKs abertos tenha reduzido significativamente as barreiras ao *design* de ASICs, os projetistas ainda dependem de ferramentas EDA para transformar os conceitos de circuitos em *layouts* fabricáveis. As plataformas EDA comerciais, dominadas pela Cadence [7], Synopsys [8] e Siemens [9], definiram durante muito tempo o padrão industrial, mas os seus custos, exigências de infra-estruturas, contratos de licenciamento complexos e acessibilidade limitada restringiram a sua adoção em muitas universidades, pequenos grupos de investigação e comunidades emergentes de semicondutores. Paralelamente, as ferramentas de *design* de circuitos integrados de código aberto existem há décadas, embora um fluxo de ASIC totalmente maduro e fiável, baseado inteiramente em infraestruturas de código aberto, ainda esteja em desenvolvimento. Neste contexto, o SymbioticEDA [10] contribui para a consolidação de metodologias de *design* de ASICs de código aberto de fácil acesso, desenvolvendo ferramentas e infraestruturas que fortalecem e apoiam a comunidade de *hardware*.

I. O Desafio da *Workforce* de Semicondutores

A indústria de semicondutores está atualmente a passar por um rápido crescimento impulsionado pela inteligência artificial, computação de alto desempenho, tecnologias avançadas de deteção e sistemas de comunicação de próxima geração. No entanto, este crescimento é acompanhado por uma grave escassez de profissionais qualificados. Nos Estados Unidos, por exemplo, um relatório da Semiconductor Industry Association (SIA) e da Oxford Economics prevê quase 115.000 novos empregos na área dos semicondutores até 2030 [11]. Contudo, sem esforços significativos para expandir o fluxo de talentos, aproximadamente 67 000 dessas vagas podem permanecer em aberto. De acordo com análises realizadas no âmbito da European Chips Skills Academy [12], o ecossistema europeu de semicondutores poderá gerar cerca de 271 000 vagas de emprego até 2030. Entretanto, mais de 75 000 destas vagas poderão permanecer em aberto devido à escassez de profissionais qualificados. Esta escassez é particularmente evidente em áreas especializadas, como o design de circuitos analógicos e de sinal misto, a engenharia de verificação e o fabrico de semicondutores. Já em 1980, Robinson identificou este desafio da força de trabalho, enfatizando o importante papel das universidades na manutenção do fluxo de mão-de-obra para semicondutores [13]. No entanto, mais de quatro décadas depois, a escassez persiste, sugerindo que as medidas estruturais para a resolver não foram implementadas a uma escala suficiente.

Para enfrentar este desafio, devemos expandir os programas de educação em semicondutores e melhorar o acesso a ambientes práticos de design de chips. Estes ambientes devem permitir que os estudantes e investigadores adquiram experiência prática com ferramentas de projeto e fluxos de trabalho de fabrico. Um dos principais obstáculos para

While the emergence of open PDKs has significantly lowered the barriers to ASIC design, designers still rely on EDA tools to transform circuit concepts into manufacturable layouts. Commercial EDA platforms, dominated by Cadence [7], Synopsys [8], and Siemens [9], have long defined the industrial standard, but their costs, demanding infrastructure requirements, complicated license agreements and limited accessibility have restricted their adoption in many universities, small research groups, and emerging semiconductor communities. In parallel, open-source IC design tools have existed for decades, although a fully mature and reliable ASIC flow based entirely on open-source infrastructure is still evolving. Within this context, SymbioticEDA [10] contributes to the consolidation of easy accessible open-source ASIC design methodologies by developing tools and infrastructure that strengthen and support the hardware community.

I. The Semiconductor Workforce Challenge

The semiconductor industry is currently experiencing rapid growth fueled by artificial intelligence, high-performance computing, advanced sensing technologies, and next-generation communication systems. Nevertheless, this growth is accompanied by a severe shortage of skilled professionals. In the United States, for example, a report by the Semiconductor Industry Association (SIA) and Oxford Economics predicts nearly 115,000 additional semiconductor jobs by 2030 [11]. However, without significant efforts to expand the talent pipeline, approximately 67,000 of these positions could remain unfilled. According to analyses conducted within the framework of the European Chips Skills Academy [12], the European semiconductor ecosystem could generate around 271,000 job openings by 2030. However, more than 75,000 of these positions may remain vacant due to a shortage of qualified professionals. These shortages are particularly evident in specialized areas such as analog and mixed-signal circuit design, verification engineering, and semiconductor manufacturing. As early as 1980, Robinson identified this workforce challenge, emphasizing the important role of universities in sustaining the semiconductor labor pipeline [13]. Yet, more than four decades later, the shortage persists, suggesting that structural measures to address it have not been implemented on a large enough scale.

To address this challenge, we must expand semiconductor education programs and improve access to practical chip design environments. These environments should enable students and researchers to gain hands-on experience with design tools and fabrication workflows. One of the main obstacles to achieving this goal is the limited availability of realistic semiconductor design infrastructures. Semiconductor development relies on specialized Electronic Design Automation (EDA) tools and Process Design Kits (PDKs), which enable engineers to design, simulate, verify, and prepare integrated circuits for fabrication. Without direct exposure to these environments, students cannot fully understand the practical aspects of chip design, including trade-offs among performance, power consumption, layout constraints, and manufacturability. Consequently, many

atingir este objetivo é a disponibilidade limitada de infra-estruturas realistas de concepção de semicondutores. O desenvolvimento de semicondutores depende de ferramentas especializadas de EDA e PDKs, que permitem aos engenheiros projetar, simular, verificar e preparar circuitos integrados para fabrico. Sem uma exposição direta a estes ambientes, os alunos não conseguem compreender totalmente os aspetos práticos do *design* de *chips*, incluindo as compensações entre desempenho, consumo de energia, restrições de *layout* e capacidade de fabrico. Consequentemente, muitos programas educacionais têm dificuldade em fornecer formação prática significativa em metodologias de *design* de semicondutores. Embora a teoria seja essencial, não pode substituir a aprendizagem que ocorre quando os alunos interagem diretamente com ambientes de projeto realistas. Por conseguinte, expandir o acesso à infraestrutura de design de chips é um passo crítico para enfrentar o desafio da força de trabalho em semicondutores e permitir que uma nova geração de engenheiros participe no desenvolvimento de sistemas eletrónicos de ponta.

Barreiras Estruturais ao Acesso a Ferramentas EDA

Apesar da crescente procura de conhecimento especializado em semicondutores, diversas barreiras estruturais continuam a restringir o acesso a ambientes de *design* de *chips*. Estas barreiras envolvem principalmente os custos de licenciamento, a complexidade das modernas cadeias de ferramentas EDA, os requisitos de infraestruturas e o número limitado de professores com formação em *design* de ASICs.

Custos de Licenciamento

As plataformas EDA proprietárias são ecossistemas de software altamente sofisticados que foram desenvolvidos ao longo de várias décadas. Incorporam mecanismos de simulação avançados, algoritmos de verificação e capacidades de automatização para facilitar o projeto de circuitos integrados altamente complexos. Consequentemente, o acesso a estas plataformas costuma ser dispendioso.

As grandes empresas de semicondutores gastam frequentemente milhões de dólares por ano em licenças EDA para apoiar as suas equipas de engenharia e

educational programs struggle to provide meaningful hands-on training in semiconductor design methodologies. Although theory is essential, it cannot replace the learning that occurs when students interact directly with realistic design environments. Therefore, expanding access to chip design infrastructure is a critical step toward addressing the semiconductor workforce challenge and enabling a new generation of engineers to participate in developing bleeding-edge electronic systems.

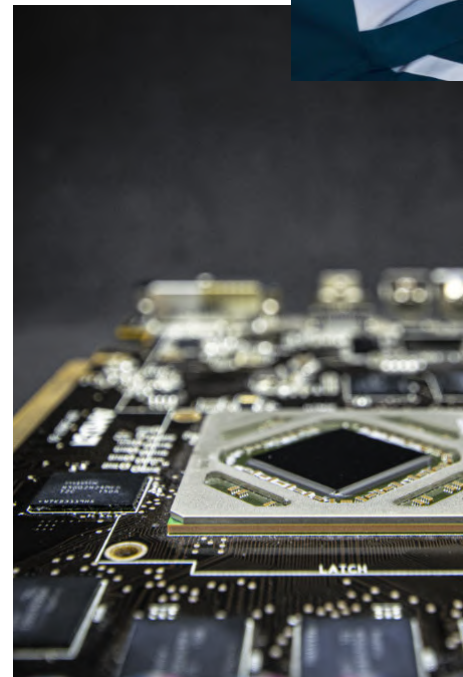
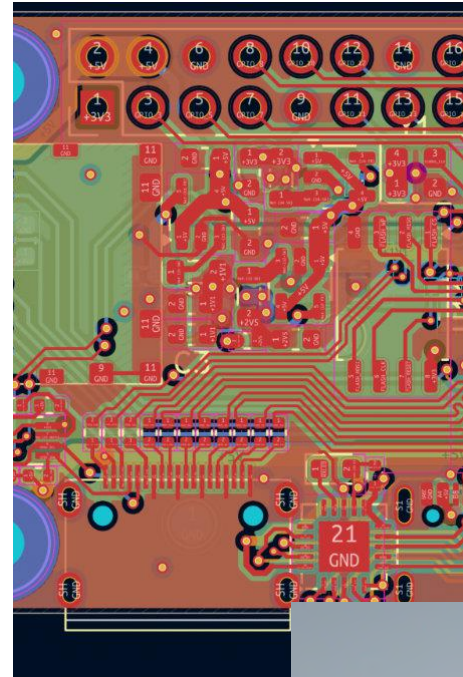
Structural Barriers to EDA Tool Access

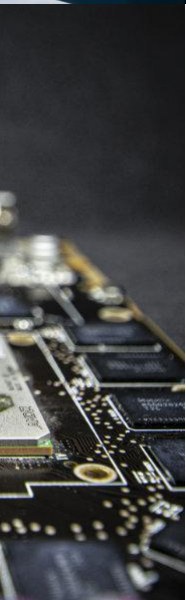
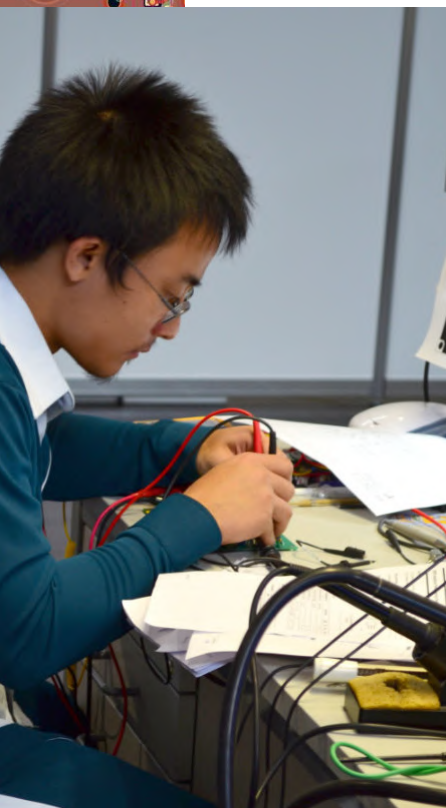
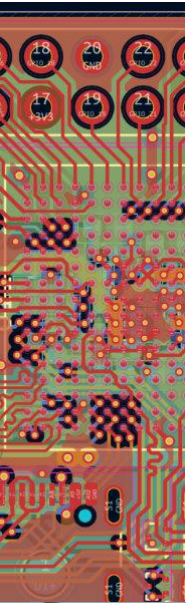
Despite the growing demand for semiconductor expertise, several structural barriers continue to restrict access to chip design environments. These barriers primarily involve licensing costs, the complexity of modern EDA toolchains, infrastructure requirements, and the limited number of faculty members trained in ASIC design.

Licensing Costs

Proprietary EDA platforms are highly sophisticated software ecosystems that have been developed over several decades. They incorporate advanced simulation engines, verification algorithms and automation capabilities to facilitate the design of highly complex integrated circuits. Consequently, access to these platforms is often expensive.

Large semiconductor companies often spend millions of dollars a year on EDA licences to support their engineering teams and advanced design projects. Licensing costs for Cadence and Synopsys are generally similar, while Siemens EDA tools are often perceived as somewhat more affordable for certain processes or licensing arrangements. For instance, a single Cadence licence costs around US\$15,000 [14]. Despite these high costs, semiconductor companies continue to use such tools because they are reliable, have mature feature sets, are supported by strong vendors, and have been adopted for a long time in industrial design environments. Although academic licensing programmes are available, they often include restrictions such as limited numbers of concurrent users, centralised installations and complex licence management systems [15]. These limitations can significantly reduce students' ability to experiment





projetos de design avançado. Os custos de licenciamento para a Cadence e Synopsys são geralmente semelhantes, enquanto as ferramentas EDA da Siemens são frequentemente percebidas como um pouco mais acessíveis para determinados processos ou acordos de licenciamento. Por exemplo, uma única licença Cadence custa cerca de 15 000 dólares [14]. Apesar destes custos elevados, as empresas de semicondutores continuam a utilizar estas ferramentas porque são fiáveis, possuem conjuntos de características maduras, são suportadas por fornecedores fortes e foram adotadas há muito tempo em ambientes de design industrial. Embora existam programas de licenciamento académico disponíveis, estes incluem frequentemente restrições, como um número limitado de utilizadores simultâneos, instalações centralizadas e sistemas complexos de gestão de licenças [15]. Estas limitações podem reduzir significativamente a capacidade dos alunos de experimentar de forma independente com ferramentas de *design de chips*, restringindo assim as oportunidades de aprendizagem exploratória e prática.

Nas regiões em desenvolvimento, como a América Latina, África e partes da Ásia, onde as moedas locais são frequentemente desvalorizadas em relação ao dólar norte-americano ou ao euro, o acesso a ferramentas licenciadas representa um desafio ainda maior e, muitas vezes, ultrapassa os orçamentos das universidades e das empresas. Esta situação agrava a desigualdade entre países e programas académicos e, em alguns casos, desincentiva o investimento na educação em microelectrónica e no desenvolvimento da força de trabalho na indústria de semicondutores. Na América Latina, por exemplo, a disponibilidade de ferramentas licenciadas para o fabrico de semicondutores é um desafio ainda maior.

Por exemplo, as restrições ao acesso directo a ferramentas EDA comerciais em certos países atrasaram ou impediram o desenvolvimento de programas de concepção de circuitos integrados nas universidades. Embora alguns grupos de investigação tenham atenuado este problema através de colaborações com instituições estrangeiras, o acesso continua a ser desigual e altamente dependente de parcerias externas.

independently with chip design tools, thereby restricting opportunities for exploratory learning and hands-on practice.

In developing regions, such as Latin America, Africa, and parts of Asia, where local currencies are often devalued against the U.S. dollar or euro, access to licensed tools is an even greater challenge and often exceeds the budgets of universities and companies. This situation increases inequality across countries and academic programs and, in some cases, discourages investment in microelectronics education and semiconductor workforce development. In Latin America, for instance, restrictions on direct access to commercial EDA tools in certain countries have delayed or prevented the development of integrated circuit design programs in universities. While some research groups have mitigated this issue through collaborations with foreign institutions, access remains uneven and highly dependent on external partnerships.

Toolchain Complexity and Infrastructure Requirements

A complete semiconductor design environment requires the coordinated integration of multiple specialized tools within a single workflow. Typical ASIC design processes include schematic capture, circuit simulation, layout implementation, design rule checking, parasitic extraction, digital synthesis, and place-and-route operations. Each of these tasks relies on distinct software components that must interact correctly to produce reliable results. Therefore, establishing and maintaining such environments requires considerable expertise in software configuration, scripting, dependency management, and workflow integration.

In addition to this technical complexity, EDA environments often require substantial computing infrastructure. Many design and verification tasks, particularly those involving analog simulation or large digital systems, require significant computational resources and carefully managed software environments. For universities and research groups, maintaining reproducible setups across multiple users, machines, and operating systems can be a significant operational challenge. This is especially significant in academic environments with frequent student

Complexidade da Cadeia de Ferramentas e Requisitos de Infraestrutura

Um ambiente completo de *design* de semicondutores requer a integração coordenada de múltiplas ferramentas especializadas num único fluxo de trabalho. Os processos típicos de *design* de ASICs incluem captura esquemática, simulação de circuitos, implementação de *layout*, verificação de regras de *design*, extração pós-*layout*, síntese digital e operações de posicionamento e encaminhamento. Cada uma destas tarefas depende de componentes de *software* distintos que devem interagir corretamente para produzir resultados fiáveis. Por conseguinte, o estabelecimento e manutenção de tais ambientes requer uma considerável experiência em configuração de *software*, *scripting*, gestão de dependências e integração de fluxos de trabalho.

Para além desta complexidade técnica, os ambientes EDA requerem frequentemente uma infraestrutura computacional substancial. Muitas tarefas de conceção

turnover where insufficient documentation and weak knowledge transfer force research groups to rebuild workflows repeatedly instead of focusing on chip design. Consequently, smaller institutions, emerging research groups, and educational programs in developing regions often struggle to establish sustainable semiconductor design activities.

Limited Availability of ASIC-trained Faculty

Another challenge in semiconductor education is the limited availability of professors with expertise in ASIC design. In many universities, this leads either to the absence of integrated circuit design courses from the curriculum or to their assignment to faculty members from other research areas. Although these instructors may have solid general backgrounds in electronics, they may not be familiar with current ASIC design methodologies, modern EDA workflows, or recent industry practices. As a result, such courses may rely on outdated materials or lack practical depth, thereby limiting students' exposure to the concepts and tools

Tabela I Comparação Técnica de vários PDKs abertamente disponíveis, de [14].
Table I Technical Comparison of Openly Available PDKs, from [14].

	sky130A	gf180mcuD	ihp-sg13g2	icsprout
Tecnologia <i>Technology</i>	150 nm triple pwell process	180 nm CMOS mixed-signal / MCU technology	130 nm triple pwell BiCMOS process	55 nm CMOS process
Aplicações Principais <i>Main Applications</i>	General-purpose, digital-oriented CMOS	Mixed-signal / MCU	Analog, mixed-signal, and RF	Digital-oriented
Tensões do Core/Dispositivo <i>Core/Device Voltage</i>	1.8 V core CMOS	1.8 V / 3.3 V / 5 V / 6 V MOS devices LVT / RVT / HVT MOSFET options (low, regular, high Vt) Native NMOS (low-Vt) devices	1.2 V / 3.3 V CMOS	—
Suporte de Tensão Alta <i>High Voltage Support</i>	3.3 V and 5 V / 10.5 V / 11 V / 16 V high-voltage MOS options	LVT / RVT / HVT / native devices	—	—
Dispositivos Bipolares <i>Bipolar Devices</i>	Parasitic lateral PNP and vertical NPN	Optional parasitic vertical NPN / lateral PNP	Optional parasitic vertical NPN / lateral PNP	—
Opções de Diodos <i>Diode Options</i>	Schottky and ESD diodes (standard, HV, antenna, photo)	Signal, ESD, and high-voltage junction diodes	Schottky and antenna diodes	—
Resistências <i>Resistors</i>	Poly-silicon resistors (low-R, high-R) Diffusion and well resistors (N+, P+, P-well)	Poly-silicon resistors (high R and low R variants) Diffusion and well resistors (N+ / P+ / P-well)	3 poly resistor options	—
Condensadores <i>Capacitors</i>	MiM and MOS capacitors (multiple density options)	MiM capacitor (metal-insulator-metal) MOS capacitor (gate oxide) Up to 6-metal BEOL (5 thin + 1 thick)	MiM capacitor	—
Pilha de Metal <i>Metal Stack</i>	Metal BEOL stack	Up to 6-metal BEOL (5 thin + 1 thick)	7-metal BEOL (5 thin + 2 thick)	7-metal BEOL
Suporte de Indutor <i>Inductor Support</i>	Inductor structures supported (via top metals)	Inductor-capable top metals for RF	Inductor capable	—



e verificação, particularmente as que envolvem simulação analógica ou grandes sistemas digitais, requerem recursos computacionais significativos e ambientes de *software* cuidadosamente geridos. Para as universidades e grupos de investigação, manter configurações reproduzíveis em vários utilizadores, máquinas e sistemas operativos pode ser um desafio operacional significativo. Isto é especialmente significativo em ambientes académicos com elevada rotatividade de estudantes, onde a documentação insuficiente e a fraca transferência de conhecimento obrigam os grupos de investigação a reconstruir os fluxos de trabalho repetidamente, em vez de se concentrarem no *design* de *chips*. Consequentemente, as instituições mais pequenas, os grupos de investigação emergentes e os programas educativos em regiões em desenvolvimento têm frequentemente dificuldades em estabelecer atividades sustentáveis de design de semicondutores.

Disponibilidade limitada de professores com formação em ASICs

Outro desafio na educação em semicondutores é a disponibilidade limitada de professores com experiência no *design* de ASICs. Em muitas universidades, isto leva à ausência de disciplinas de conceção de circuitos integrados no currículo ou à sua atribuição a docentes de outras áreas de investigação. Embora estes instrutores possam ter uma sólida formação geral em eletrónica, podem não estar familiarizados com as metodologias atuais de *design* de ASICs, os fluxos de trabalho EDA modernos ou as práticas recentes da indústria. Como resultado, tais disciplinas podem basear-se em materiais desatualizados ou carecer de profundidade prática, limitando assim a exposição dos alunos aos conceitos e ferramentas mais relevantes para a indústria atual de semicondutores.

II. A Emergência de Ecossistemas Abertos de Semicondutores

Em síntese, a secção I revelou que a escassez de mão-de-obra na indústria de semicondutores é em parte consequência do rápido crescimento do mercado e das limitações estruturais nos sistemas de educação e formação. A capacidade educativa limitada, o acesso restrito a ambientes de design práticos, os elevados custos de licenciamento, as cadeias de ferramentas complexas, os exigentes requisitos de infra-estruturas e a escassez de professores com formação em *design* de ASICs impedem um grande número de universidades e grupos de investigação de oferecer a experiência prática necessária para preparar novas gerações de engenheiros de semicondutores. Consequentemente, o fosso entre a procura da indústria e o talento disponível continua a aumentar, especialmente em áreas especializadas como o analógico, sinal misto, verificação e fabrico.

É importante realçar que esta escassez não é meramente o resultado passivo da falta de interesse ou de programas de formação deficientes. É também uma consequência da estrutura que a indústria de semicondutores desenvolveu ao longo de várias décadas. O acesso a PDKs avançados é frequentemente limitado por acordos de confidencialidade. As

most relevant to today's semiconductor industry.

II. Emergence of Open Semiconductor Ecosystems

In summary, section I revealed that the shortage of the semiconductor workforce is partly a consequence of rapid market growth and structural limitations in education and training systems. Limited educational capacity, restricted access to practical design environments, high licensing costs, complex tool chains, demanding infrastructure requirements, and a shortage of professors trained in ASIC design prevent a large number of universities and research groups from providing the hands-on experience necessary to prepare new generations of semiconductor engineers. Consequently, the gap between industry demand and available talent continues to widen, especially in specialized areas such as analog, mixed-signal, verification, and manufacturing.

Importantly, this shortage is not merely the passive result of a lack of interest or weak training pipelines. It is also a consequence of the structure that the semiconductor industry has developed over several decades. Access to advanced PDKs is often limited by non-disclosure agreements. Commercial EDA tools are financially inaccessible to many institutions, and fabrication access is usually restricted to organizations with strong industrial connections or substantial financial resources. These conditions together create a highly restrictive environment for practical learning and early-stage innovation.

In response to these structural constraints, the development of open PDKs has become crucial, as a complementary approach for making chip design education, prototyping, and tool development more accessible. Open PDKs have helped lay the groundwork for a more inclusive semiconductor ecosystem by lowering barriers to entry in integrated circuit design. Currently, three PDKs primarily support this ecosystem: SkyWater's sky130A, GlobalFoundries' gfl180mcuD, and IHP's IHP-SG13G2. A fourth PDK, ICSprout55 [16], is emerging as a potential future addition. Table 1 presents a technical comparison of the four PDKs.

These PDKs are important for more than just making process information available. Each supports a broader design infrastructure that is essential for practical use in education and research. Sky130A, for example, includes primitive device libraries, multiple digital standard-cell libraries, design rules, and physical verification support. This makes it one of the foundational platforms for open design experimentation and training. Gfl180mcuD expands the ecosystem with a mature, 0.18 μm process that supports digital, analog, and mixed-signal designs. It also includes a broader set of IP building blocks. Similarly, IHP-SG13G2 provides an open 130 nm SiGe BiCMOS node that enables the integration of analog, mixed-signal, and RF-oriented circuit blocks within a single ASIC.

Therefore, the emergence of open semiconductor ecosystems should not be viewed as merely the release of a few PDKs. Rather, it should be seen as the gradual development of a practical, complementary, and

ferramentas EDA comerciais são financeiramente inacessíveis para muitas instituições, e o acesso ao fabrico é geralmente restrito a organizações com fortes ligações industriais ou recursos financeiros substanciais. Estas condições, em conjunto, criam um ambiente altamente restritivo para a aprendizagem prática e a inovação em fase inicial. Em resposta a estas restrições estruturais, o desenvolvimento de PDKs abertos tornou-se crucial como uma abordagem complementar para tornar o ensino do *design* de *chips*, a prototipagem e o desenvolvimento de ferramentas mais acessíveis. Os PDKs abertos ajudaram a estabelecer as bases para um ecossistema de semicondutores mais inclusivo, reduzindo as barreiras de entrada no design de circuitos integrados. Atualmente, três PDKs dão suporte principal a este ecossistema: o sky130A da SkyWater, o gf180mcuD da GlobalFoundries e o IHP-SG13G2 da IHP. Um quarto PDK, o ICSprout55 [16], está a surgir como uma possível adição futura. A tabela 1 apresenta uma comparação técnica dos quatro PDKs.

Estes PDKs são importantes por mais do que apenas disponibilizar informação de processo. Cada um deles suporta uma infra-estrutura de projeto mais ampla, essencial para uma utilização prática em educação e investigação. O Sky130A, por exemplo, inclui bibliotecas de dispositivos primitivos, múltiplas bibliotecas de células padrão digitais, regras de *design* e suporte de verificação física. Isto torna-o uma das plataformas fundamentais para a experimentação e formação em projeto aberto. O Gf180mcuD expande o ecossistema com um processo maduro de 0,18 μm que suporta projetos digitais, analógicos e de sinal misto. Inclui também um conjunto mais amplo de blocos de construção de IP. Da mesma forma, o IHP-SG13G2 fornece um nó SiGe BiCMOS aberto de 130 nm que permite a integração de blocos de circuitos analógicos, de sinal misto e orientados para RF num único ASIC.

Portanto, o surgimento de ecossistemas de semicondutores abertos não deve ser visto apenas como o lançamento de alguns PDKs. Ao invés disso, deve ser visto como o desenvolvimento gradual de uma infra-estrutura prática, complementar e escalável para a educação, investigação e inovação no design de circuitos integrados.

III. Programas de Fabrico Acessíveis e Iniciativas Educativas de Apoio ao *Design* de *Chips*

O aparecimento de ecossistemas de semicondutores abertos não dependeu apenas da publicação de PDKs abertos. Igualmente importantes foram a criação de programas de fabrico acessíveis, concursos educacionais e iniciativas de formação baseadas na comunidade que permitem aos estudantes, investigadores e designers em início de carreira fazer a transição da aprendizagem teórica para a implementação real de *chips*. Estas iniciativas ligam a infra-estrutura de design aberta com experiência prática, mentoria e oportunidades de *tape-out*.

A Efabless [18] foi um ator influente nesta transição. Ajudou a popularizar a prototipagem acessível de ASICs através de modelos de participação baseados em *shuttles* e estruturas de integração reutilizáveis. Embora a Efabless tenha encerrado as suas operações em abril

scalable infrastructure for education, research, and innovation in integrated circuit design.

III. Accessible Fabrication Programs and Educational Initiatives Supporting Chip Design

The emergence of open semiconductor ecosystems has not depended solely on the publication of open PDKs. Equally important have been the creation of accessible fabrication programs, educational contests, and community-based training initiatives that enable students, researchers, and early-career designers to transition from theoretical learning to actual chip implementation. These initiatives connect open design infrastructure with hands-on experience, mentoring, and tape-out opportunities.

Efabless [18] was an influential actor in this transition. It helped popularize accessible ASIC prototyping through shuttle-based participation models and reusable integration frameworks. Although Efabless ceased operations in April 2025, its role in expanding the open-source silicon movement was substantial. ChipFoundry [19] is now partly carrying forward that continuity. This evolution is significant because it demonstrates the progress made by the open-silicon community and the vulnerability of fabrication access when dependent on a limited number of institutional intermediaries.

A complementary initiative with a very low entry barrier is Tiny Tapeout [20], which focuses on simple and affordable digital chip fabrication. It reduces the complexity normally associated with ASIC entry by emphasizing rapid onboarding, open shuttle participation, beginner-oriented documentation, and a highly visible project community. Tiny Tapeout presents itself as a platform that can take users "from idea to chip design in a day." It describes itself as an educational project that aims to simplify and lower the cost of real chip fabrication for simple digital designs. While the platform has mainly supported digital designs, there is growing interest in exploring whether similar low-barrier approaches could be extended to analog design as well. This makes it especially useful for outreach activities, introductory digital design courses, and first tape-out experiences.

The IEEE Solid-State Circuits Society (SSCS) PICO Program established a structured framework for open-source integrated circuit (IC) design outreach within the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [21-23]. The program was launched to contribute to the open-source movement, connect with the growing design community, and educate the next generation of IC designers, according to the IEEE Solid-State Circuits Society. Under this umbrella, the PICO Open-Source Chipathon combines competition, mentoring, and collaborative design in a recurring activity. According to IEEE records, the first Chipathon in 2021 received 61 submissions. Eighteen teams from nine countries were selected for a three-month design process. The sixth consecutive version will start in April 2026. The Code-a-Chip Travel Grant Awards broaden accessibility by promoting reproducible, notebook-driven chip design with open-source tools and by supporting participants' travel to major IEEE SSCS events, such as the International Solid-State Circuits

de 2025, o seu papel na expansão do movimento de *open-source silicon* foi substancial. A ChipFoundry [19] está agora parcialmente a dar continuidade a este trabalho. Esta evolução é significativa porque demonstra o progresso feito pela comunidade de *open silicon* e a vulnerabilidade do acesso ao fabrico quando dependente de um número limitado de intermediários institucionais.

Uma iniciativa complementar com uma barreira de entrada muito baixa é o Tiny Tapeout [20], que se foca no fabrico de chips digitais simples e acessíveis. Reduz a complexidade normalmente associada à entrada em ASICs, enfatizando a integração rápida, a participação aberta em plataformas de desenvolvimento, a documentação orientada para principiantes e uma comunidade de projeto altamente visível. O Tiny Tapeout apresenta-se como uma plataforma que pode levar os utilizadores "da ideia ao design do chip num dia". Descreve-se como um projeto educativo que visa simplificar e reduzir o custo do fabrico de *chips* reais para projetos digitais simples. Embora a plataforma tenha suportado principalmente projetos digitais, há um interesse crescente em explorar se abordagens semelhantes de baixa barreira poderiam ser estendidas também ao projeto analógico. Isto torna-o especialmente útil para atividades de divulgação, cursos introdutórios de projetos digitais e primeiras experiências de *tape-out*.

O Programa PICO da Sociedade de Circuitos de Estado Sólido (SSCS) do IEEE estabeleceu uma estrutura organizada para a divulgação de projetos de circuitos integrados (CI) de código aberto dentro do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrónicos (IEEE) [21-23]. O programa foi lançado para contribuir para o movimento de código aberto, para se ligar à crescente comunidade de *design* e para educar a próxima geração de *designers* de circuitos integrados, de acordo com a IEEE Solid-State Circuits Society. Sob esta égide, o PICO Open-Source Chipathon combina competição, mentoria e *design* colaborativo numa atividade recorrente. De acordo com os registos da IEEE, o primeiro Chipathon em 2021 recebeu 61 candidaturas. Dezoito equipas de nove países foram selecionadas para um processo de design de três meses. A sexta edição consecutiva terá início em abril de 2026. Os prémios Code-a-Chip Travel Grant alargam a acessibilidade, promovendo o *design* de *chips* reproduzível, baseado em portáteis, com ferramentas de código aberto e apoiando as viagens dos participantes aos principais eventos da IEEE SSCS, como a International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) e o VLSI Symposium [24]. O principal PDK utilizado pelo Chipathon é o gf180mcuD.

O programa UNIC-CASS [25], organizado pela IEEE Circuits and Systems Society, tenta melhorar o conhecimento e a acessibilidade das tecnologias de design de circuitos integrados para entusiastas e comunidades de *design* em países de baixo e médio rendimento e com poucas oportunidades. O programa oferece materiais de formação, sessões de mentoria e experiência prática com ferramentas EDA de código aberto e PDKs abertos, com o objetivo de apoiar os participantes desde o projeto até à finalização do projeto. Isto torna o UNIC-CASS particularmente relevante para regiões onde os principais desafios são a

Conference (ISSCC) and the VLSI Symposium [24]. The main PDK used by the Chipathon is gf180mcuD.

The UNIC-CASS program [25], organized by the IEEE Circuits and Systems Society, attempts to improve knowledge and accessibility of IC design technologies for enthusiasts and design communities in low-to-middle-income and low-opportunity countries. It provides training materials, mentoring sessions, and hands-on exposure to open-source EDA tools and open PDKs, and aims to support participants from design to tape-out. This makes UNIC-CASS particularly relevant for regions where the main challenges are a lack of sustained technical guidance and workflow training. The main PDK used by the UNIC-CASS is IHP-SG13G2.

In Latin America, international efforts are complemented by regional initiatives, such as LatinPractice and ChipPractice. These initiatives aim to attract new generations to microelectronic design and create a pathway toward semiconductor-related careers. Program materials report that the initiatives have already reached around 1,500 participants and include digital and analog bootcamps. They also demonstrate a progression from outreach and training to fabrication-related activities, including an IEEE EDS multi-project chip pilot submitted in September 2025.

In February 2026, a further development emerged with the announcement of the IEEE Open Silicon Initiative. The initiative aims to create a common IEEE platform for open silicon education and fabrication access. Backed by several Division I societies and councils, including EDS, CASS, SSCS, CEDA, and the IEEE Nanotechnology Council, the initiative aims to give students access to and mentoring in chip design and fabrication. The initiative's Q1 2026 bootcamp call brought this vision to life by inviting local leaders to organize microelectronic bootcamps from February to May 2026. These bootcamps offered free chip fabrication for two designs, development boards, and training. Thus, IEEE Open Silicon can be understood as an umbrella effort that connects bootcamps, mentoring, fabrication support, and community coordination into a structured educational pathway.

Together, Efabless/ChipFoundry, Tiny Tapeout, PICO, Code-a-Chip, UNIC-CASS, LatinPractice/ChipPractice, and IEEE Open Silicon demonstrate that accessibility in chip design is not solely determined by the openness of a PDK. A meaningful open ecosystem requires training resources, mentoring, community support, funding, fabrication pathways, access to electronic equipment for bringing up of manufactured chips, and opportunities for dissemination or validation. Thus, these initiatives complement open PDKs by facilitating practical participation and fostering the educational continuity necessary for training future semiconductor engineers.

Another important benefit of accessible fabrication programs is the motivation they provide students. Seeing a real chip they designed work in hardware can be a powerful experience. This makes chip design feel real, practical, and personally meaningful. Even a simple chip, such as one that drives a seven-segment display, can be the starting point for a future career in semiconductor engineering.

falta de orientação técnica contínua e formação em fluxo de trabalho. O principal PDK utilizado pelo UNIC-CASS é o IHP-SG13G2.

Na América Latina, os esforços internacionais são complementados por iniciativas regionais, como o LatinPractice e o ChipPractice. Estas iniciativas visam atrair novas gerações para o design microeletrónico e criar um caminho para carreiras relacionadas com semicondutores. Os materiais do programa referem que as iniciativas já chegaram a cerca de 1.500 participantes e incluem bootcamps digitais e analógicos. Demonstram também uma progressão da divulgação e formação para atividades relacionadas com o fabrico, incluindo um projeto piloto de chip multi-design do IEEE EDS submetido em setembro de 2025.

Em fevereiro de 2026, surgiu um novo desenvolvimento com o anúncio da IEEE Open Silicon Initiative. A iniciativa visa criar uma plataforma IEEE comum para a educação em silício aberto e acesso ao fabrico. Apoiada por várias sociedades e conselhos da Divisão I, incluindo a EDS, CASS, SSCS, CEDA e o Conselho de Nanotecnologia do IEEE, a iniciativa visa dar aos alunos acesso e mentoria no design e fabrico de chips. A chamada para *bootcamps* do primeiro trimestre de 2026 da iniciativa deu vida a esta visão, convidando os líderes locais a organizar *bootcamps* de microelectrónica de fevereiro a maio de 2026. Estes *bootcamps* ofereciam fabrico gratuito de *chips* para dois projetos, placas de desenvolvimento e formação. Assim, o IEEE Open Silicon pode ser entendido como um esforço abrangente que liga *bootcamps*, mentoria, apoio ao fabrico e coordenação da comunidade num percurso educativo estruturado.

Juntos, Efabless/ChipFoundry, Tiny Tapeout, PICO, Code-a-Chip, UNIC-CASS, LatinPractice/ChipPractice e IEEE Open Silicon demonstram que a acessibilidade no *design* de *chips* não é determinada apenas pela abertura de um PDK. Um ecossistema aberto significativo requer recursos de formação, mentoria, apoio da comunidade, financiamento, percursos de fabrico, acesso a equipamento eletrónico para a produção de chips fabricados e oportunidades de disseminação ou validação. Assim, estas iniciativas complementam os PDK abertos, facilitando a participação prática e promovendo a continuidade educativa necessária para a formação dos futuros engenheiros de semicondutores.

Outro benefício importante dos programas de fabrico acessíveis é a motivação que proporcionam aos alunos. Ver um *chip* real que eles projetaram a funcionar em *hardware* pode ser uma experiência poderosa. Isto faz com que o *design* de *chips* pareça real, prático e pessoalmente significativo. Mesmo um *chip* simples, como um que controla um display de sete segmentos, pode ser o ponto de partida para uma futura carreira em engenharia de semicondutores.

IV: Ambientes de Desenho Open-Source Geríveis

Existem vários modelos operacionais para a adoção de ferramentas EDA de código aberto, que partem desde

IV: Managed Open-Source Design Environments

Several operational models exist for adopting open-source EDA tools, ranging from highly simplified educational pipelines to fully self-managed local installations. Each model offers a different balance of accessibility, reproducibility, flexibility, and maintenance effort. At one end of the spectrum are GitHub Actions-based flows, such as the Tiny Tapeout Verilog template [26], which provide a very low barrier to entry. Users add their Verilog sources and adjust project metadata and test benches. GitHub Actions then automatically generates ASIC deliverables using LibreLane, the actual RTL-to-GDS tool. While this model is effective for introducing fabrication-oriented design to students, it also restricts users to a predefined workflow and infrastructure.

A second model is represented by the widely used, community-maintained, pre-built Docker environments. The JKU analog circuit design material is a good example of this model [27], which is currently used for the Chipathon contest. This model is built around hands-on analog IC design content and relies on the IIC-OSIC-TOOLS environment. This environment is described as an all-in-one Docker image integrating the actual three open source PDKs. This approach improves reproducibility and accessibility compared to manual installation, making it particularly valuable for courses, prototyping, and collaborative experimentation. However, it still depends on predefined tool selections, supported versions, and maintenance decisions made by external maintainers.

On the other end of the spectrum are self-installed environments, which offer the most autonomy but also place the entire responsibility of installation, dependency management, tool integration, PDK configuration, and long-term maintenance on the user. Open-source tools continuously evolve, with new versions regularly released, which forces users to repeatedly update their environments or manage compatibility issues across the design flow. This can be attractive for designers having sufficient experience with Linux system administration, but it often becomes a major practical barrier for universities, startups, and emerging semiconductor communities. The challenge is often not the lack of open tools, but rather the effort required to assemble and maintain over a longer period a stable working environment around them. Managed open-source design environments aim to address this gap by turning open tools into reproducible and maintainable platforms for team and institutional use. This approach aligns with SymbioticEDA's broader focus on developing and maintaining open design environments for field-programmable gate array (FPGA) and mixed-signal application-specific integrated circuit (ASIC) development.

BlueGarden, from SymbioticEDA, is a representative example of a managed open-source design environment. Its value lies in offering a practical middle ground between rigid beginner-oriented platforms and fully self-managed installations. Rather than requiring users to build and debug the entire software stack themselves, BlueGarden provides a maintained and reproducible environment that

fluxos de trabalho educativos altamente simplificados até instalações locais totalmente autogeridas. Cada modelo oferece um equilíbrio diferente de acessibilidade, reprodutibilidade, facilidade e esforço de manutenção. Numa extremidade do espectro estão os fluxos baseados no GitHub Actions, como o modelo Verilog Tiny Tapeout [26], que oferece uma barreira de entrada muito baixa. Os utilizadores adicionam as suas fontes Verilog e ajustam os metadados do projeto e os bancos de teste. O GitHub Actions gera automaticamente um entregável ASIC utilizando o LibreLane, a ferramenta RTL-para-GDS propriamente dita. Embora este modelo seja eficaz para introduzir o projeto orientado para o fabrico aos alunos, também restringe os utilizadores a um fluxo de trabalho e infraestrutura predefinidos.

Um segundo modelo é representado pelos ambientes Docker pré-construídos, exclusivamente utilizados e retidos pela comunidade. O material de *design* de circuitos analógicos da JKU é um bom exemplo deste modelo [27], que é atualmente utilizado para o concurso Chipathon. Este modelo é construído em torno de conteúdo prático de design de CI analógico e depende do ambiente IIC-OSIC-TOOLS. Este ambiente é descrito como uma imagem Docker completa que integra os três PDKs de código aberto. Esta abordagem melhorou a reprodutibilidade e a acessibilidade em comparação com o manual de instalação, tornando-a especialmente útil para cursos, prototipagem e experimentação colaborativa. No entanto, ainda depende de opções de ferramentas predefinidas, versões suportadas e decisões de manutenção tomadas por mantenedores externos.

No outro extremo do espectro estão os ambientes autoinstalados, que oferecem maior autonomia, mas que também colocam toda a responsabilidade pela instalação, gestão de dependências, integração de ferramentas, configuração do PDK e manutenção a longo prazo sobre o utilizador. As ferramentas de código aberto evoluem continuamente, com novas versões lançadas regularmente, o que obriga os utilizadores a atualizar repetidamente os seus ambientes ou a gerir problemas de compatibilidade em todo o fluxo de projeto. Isto pode ser atraente para *designers* com experiência suficiente em administração de sistemas Linux, mas muitas vezes torna-se uma grande barreira prática para universidades, *startups* e comunidades emergentes de semicondutores. O desafio não é, geralmente, a falta de ferramentas abertas, mas sim o esforço necessário para montar e manter, durante um período mais longo, um ambiente de trabalho estável em torno das mesmas. Os ambientes de *design* de código aberto geridos visam preencher esta lacuna, desenvolvendo as ferramentas abertas em plataformas reproduzíveis e de fácil manutenção para utilização em equipamentos e institucionais. Esta abordagem está aprovada com o foco mais amplo da SymbioticEDA no desenvolvimento e na manutenção de ambientes de projeto aberto para o desenvolvimento de FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays) e ASICs (Mixed-Signal Application-Specific Integrated Circuits).

O BlueGarden, da SymbioticEDA, é um exemplo representativo de um ambiente de design de código aberto gerido. O seu valor reside em oferecer um meio-

supports design work more reliably. This is especially relevant in open-source IC design, where incompatible versions, fragile dependencies, incomplete integrations, and maintenance overhead often limit adoption more than the lack of tools themselves. By combining reproducible environments with toolchain infrastructure, verification and simulation support, and broader educational and workflow services, BlueGarden can be understood not simply as a containerised tool bundle, but as enabling infrastructure for sustained engineering and training.



Symbiotic EDA

V. The SymbioticEDA Approach

SymbioticEDA addresses a key limitation of open-source chip design. Simply having access to individual tools does not guarantee a reliable and usable design environment. Open-source EDA tools are developed by a wide variety of individuals and organizations. Some, such as Magic, have decades of legacy and remain fundamental to layout design. Others are much newer and may originate from academic research efforts. One example is the Surfer waveform viewer [28], which emerged from more recent research-driven development.

This diversity is one of the strengths of the open-source ecosystem, as it encourages innovation and broad participation. Nevertheless, it also creates practical difficulties. Different compilation steps, external libraries, package versions, and runtime dependencies may be required for each tool. Additionally, actively maintained projects release new versions frequently. While this can improve functionality, it can also introduce compatibility issues with the rest of the workflow.

For an individual chip designer or a small engineering team, keeping up with these developments requires substantial effort. A considerable amount of time may be spent installing software, resolving version conflicts, rebuilding tools, and checking whether an update has broken another part of the environment. In practice, this operational burden can slow down design work and divert attention away from the actual engineering task.

SymbioticEDA contributes a curated collection of open-source EDA tools delivered through a Docker-based environment [29]. Instead of providing isolated packages, the company assembles and maintains a coherent platform in which the different tools are selected, integrated, and validated to work together correctly. This reduces the effort required of users and makes the environment more reproducible across projects and teams.

Support is an equally important aspect of this model. When designers encounter a problem in the provided environment, SymbioticEDA investigates the source of the issue and provides a solution within the platform.

termo prático entre plataformas escavadoras orientadas para principiantes e instalações totalmente autogeridas. Ao invés de exigir que os utilizadores desenvolvam e testem, eles próprios, toda a pilha de software, o BlueGarden fornece um ambiente gerível e reproduzível que suporta o trabalho de projeto de forma mais fiável. Isto é especialmente relevante no *design* de circuitos integrados de código aberto, onde versões incompatíveis, dependências frágeis, integrações incompletas e sobrecarga de manutenção geralmente limitam a adição mais do que a falta das ferramentas próprias. Ao combinar ambientes reproduzíveis com infra-estrutura de cadeia de ferramentas, suporte para verificação e simulação, bem como serviços educacionais e de fluxo de trabalho mais abrangentes, o BlueGarden pode ser entendido não apenas como um pacote de ferramentas em conteúdos, mas como uma infra-estrutura que possibilita a engenharia e a formação contínua.

V. A Abordagem da SymbioticEDA

A SymbioticEDA aborda uma limitação fundamental do *design* de *chips* de código aberto. O simples acesso a ferramentas individuais não garante um ambiente de projeto fiável e utilizável. As ferramentas EDA de código aberto são desenvolvidas por uma grande variedade de indivíduos e organizações. Algumas, como a Magic, têm décadas de legado e continuam a ser fundamentais para o *design* de *layout*. Outras são muito mais recentes e podem ter origem em esforços de investigação académica. Um exemplo é o visualizador de formas de onda Surfer [28], que surgiu de um desenvolvimento mais recente orientado para a investigação.

Esta diversidade é um dos pontos fortes do ecossistema de código aberto, uma vez que incentiva a inovação e a participação alargada. No entanto, também cria dificuldades práticas. Podem ser necessárias diferentes etapas de compilação, bibliotecas externas, versões de pacotes e dependências de tempo de execução para cada ferramenta. Além disso, os projetos com manutenção ativa lançam novas versões com frequência. Embora isto possa melhorar a funcionalidade, também pode introduzir problemas de compatibilidade com o resto do fluxo de trabalho.

Para um *designer* de *chips* individual ou uma pequena equipa de engenharia, acompanhar estes desenvolvimentos exige um esforço substancial. Uma quantidade considerável de tempo pode ser gasta a instalar *software*, a resolver conflitos de versão, a recompilar ferramentas e a verificar se uma atualização quebrou outra parte do ambiente. Na prática, esta carga operacional pode atrasar o trabalho de projeto e desviar a atenção da tarefa de engenharia propriamente dita.

A SymbioticEDA contribui com uma coleção selecionada de ferramentas EDA de código aberto, disponibilizadas através de um ambiente baseado em Docker [29]. Em vez de fornecer pacotes isolados, a empresa monta e mantém uma plataforma coerente na qual as diferentes ferramentas são selecionadas, integradas e validadas para funcionarem corretamente em conjunto. Isto reduz o esforço exigido aos utilizadores e torna o ambiente mais reproduzível em

This ensures that users are not left to determine themselves whether a problem originates from their design, a missing dependency, a version mismatch, or incompatibility between tools.

In this sense, SymbioticEDA provides a service like an internal EDA support or CAD service department within a large semiconductor company. These organizations usually have dedicated development teams that maintain working tool flows and resolve infrastructure problems for designers. SymbioticEDA offers a similar service to universities, startups, and small engineering groups that require professional-grade design infrastructure but lack the resources to develop and maintain it internally.

VI. BlueGarden: A Managed IC Design Environment

BlueGarden is the platform through which SymbioticEDA provides its products and services to customers. BlueGarden can be understood as a managed environment for FPGA and IC design and verification based on open-source tools. BlueGarden is an approach to building and maintaining open, reproducible design environments for FPGA and mixed-signal development. This approach aims to enable faster integration, better simulation, and more reliable system design.

A central feature of BlueGarden is its delivery of a complete design environment via Docker-based system images. Docker is used for system image management to provide consistent environments across teams, whether deployed locally or in the cloud, as well as reproducible toolchains for design and verification, according to SymbioticEDA. In practice, a design team can receive a downloadable Docker image containing the necessary open-source EDA tools and PDK-related infrastructure for their work and deploy it on their own workstation or server.

BlueGarden can also be used as a hosted service on rented cloud infrastructure. In this model, the validated, Docker-based design environment is deployed on a remote physical or virtual server and made accessible to users via remote desktop. This arrangement is useful for teams that want immediate access to a complete environment without installing and maintaining the toolchain locally. Since SymbioticEDA emphasizes reproducibility, collaboration, and cloud-capable deployment, BlueGarden functions as more than just a software package; it is an operational platform for day-to-day design work.

Another important feature of the platform is that each design team can be assigned its own server resources according to the number of users and computational requirements of the task. This makes BlueGarden suitable for professional design groups and educational deployments, such as when an instructor wants to provide students with a complete, hands-on design environment.

BlueGarden incorporates a continuous integration workflow for chip development. This provides design

diferentes projetos e equipas.

O apoio é um aspeto igualmente importante deste modelo. Quando os projetistas encontram um problema no ambiente fornecido, a SymbioticEDA investiga a origem do problema e fornece uma solução dentro da plataforma. Isto garante que os utilizadores não têm de determinar por conta própria se um problema tem origem no seu projeto, numa dependência em falta, numa incompatibilidade de versão ou numa incompatibilidade entre ferramentas.

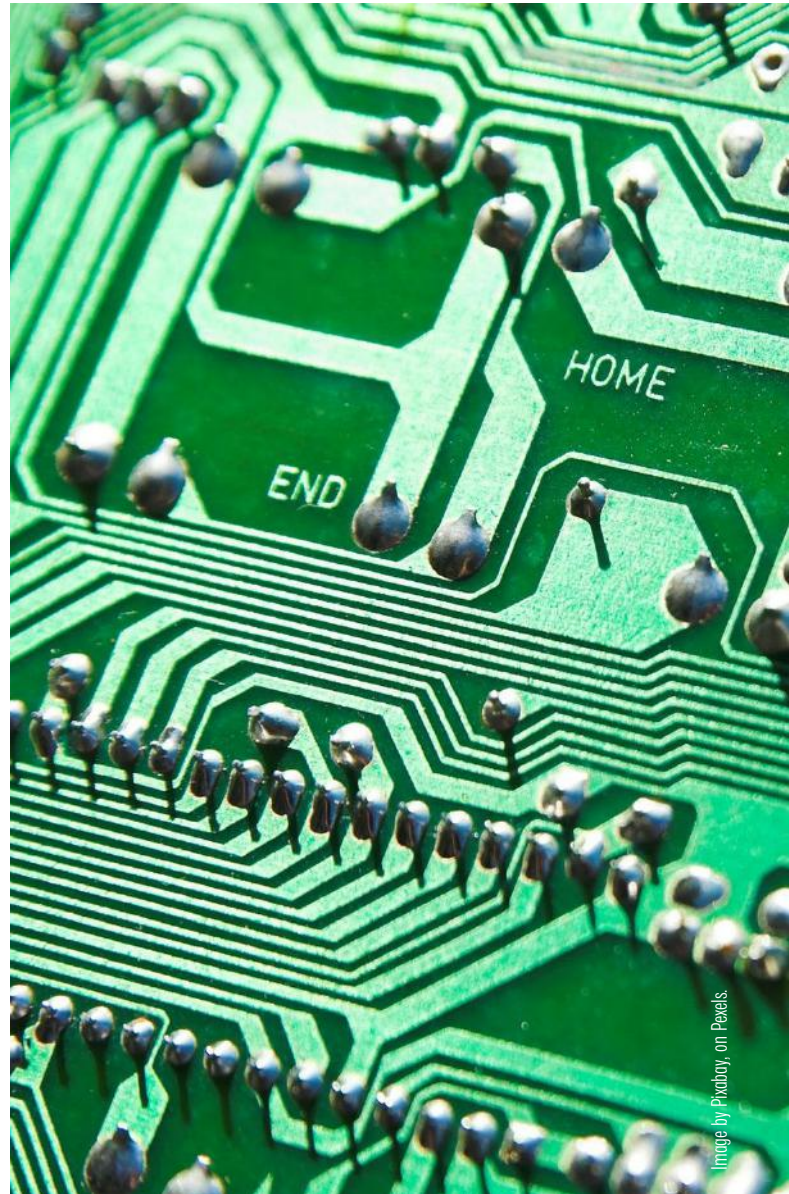
Neste sentido, a SymbioticEDA presta um serviço semelhante a um departamento interno de suporte EDA ou de serviços CAD dentro de uma grande empresa de semicondutores. Estas organizações têm frequentemente equipas de desenvolvimento dedicadas que mantêm fluxos de ferramentas funcionais e resolvem problemas de infraestrutura para os projetistas. A SymbioticEDA oferece um serviço semelhante para universidades, startups e pequenos grupos de engenharia que necessitam de infra-estruturas de *design* de nível profissional, mas não possuem os recursos para a desenvolver e manter internamente.

VI. BlueGarden: Um Ambiente Gerível de *Design* de Circuitos Integrados

A BlueGarden é a plataforma através da qual a SymbioticEDA fornece os seus produtos e serviços aos clientes. A BlueGarden pode ser entendida como um ambiente gerido para o *design* e verificação de FPGA e circuitos integrados (IC) com base em ferramentas de código aberto. O BlueGarden é uma abordagem para construir e manter ambientes de *design* abertos e reprodutíveis para o desenvolvimento de FPGA e circuitos integrados. Esta abordagem visa permitir uma integração mais rápida, uma melhor simulação e um *design* de sistema mais fiável.

Uma característica central do BlueGarden é a entrega de um ambiente de projeto completo através de imagens de sistema baseadas em Docker. O Docker é utilizado para a gestão de imagens de sistema para fornecer ambientes consistentes entre equipas, sejam elas implementadas localmente ou na *cloud*, bem como cadeias de ferramentas reproduzíveis para *design* e verificação, de acordo com a SymbioticEDA. Na prática, uma equipa de projeto pode receber uma imagem Docker para download contendo as ferramentas EDA de código aberto necessárias e a infraestrutura relacionada com o PDK para o seu trabalho e implementá-la na sua própria estação de trabalho ou servidor.

O BlueGarden também pode ser utilizado como um serviço alojado em infra-estrutura de *cloud* alugada. Neste modelo, o ambiente de projeto validado, baseado em Docker, é implementado num servidor físico ou virtual remoto e disponibilizado aos utilizadores através de um ambiente de trabalho remoto. Esta configuração é útil para equipas que desejam acesso imediato a um ambiente completo sem ter de instalar e manter o conjunto de ferramentas localmente. Uma vez que o SymbioticEDA enfatiza a reprodutibilidade, a colaboração e a implementação na *cloud*, o BlueGarden funciona como mais do que apenas um pacote de



teams with a structured way to automate checks, generate build artifacts, and detect integration issues early in the design cycle. Thus, BlueGarden is more than just a remotely hosted desktop with EDA tools installed; it is a managed engineering environment that unifies design activity, repositories, automation, and verification.

The BlueGarden platform also includes an administrative layer for managing users, services and resources. BlueGarden is a single, managed environment in which team administrators can register users and provide access to relevant services via a unified account structure.

Figure 1 illustrates the BlueGarden CI-CD system. SymbioticEDA's Docker build factory assembles the necessary tools, verifies their compatibility and publishes them via a Docker registry. The resulting containerised environment, which incorporates EDA tools and PDK support, is then deployed to a team server. As shown in the figure, a chip designer can work on a local PC and interact with repositories such as GitHub and GitLab, where design projects can be stored and managed. Meanwhile, the designer exchanges data with the CI/CD system through scripts.

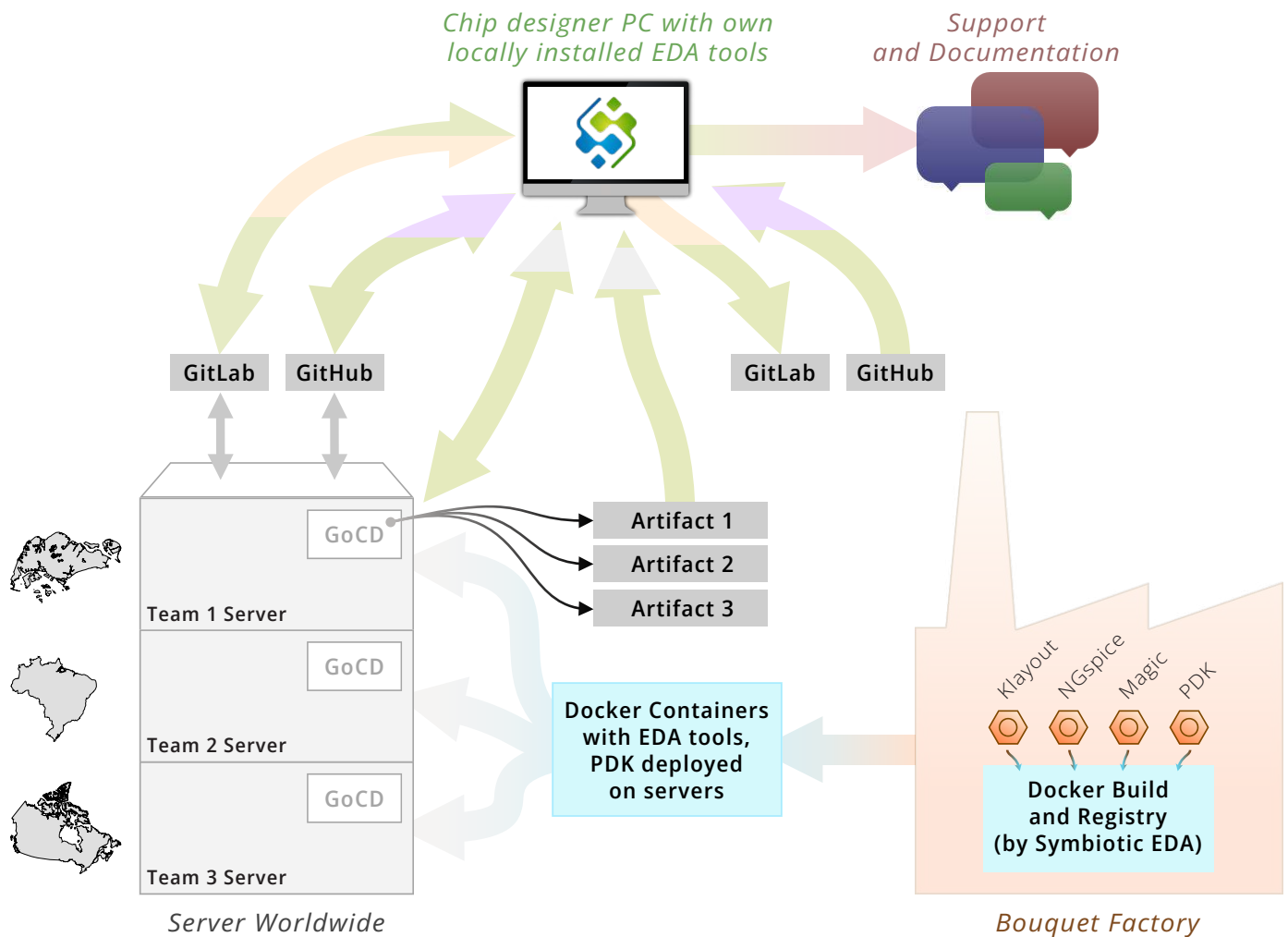


Figura 1 Arquitetura de sistema CI/CD para FPGA e desenho de circuitos integrados do Bluegarden.
Figure 1 Bluegarden CI-CD system architecture for FPGA and IC design.

software: é uma plataforma operacional para o trabalho de projeto diário.

Outra característica importante da plataforma é que cada equipa de projeto pode ter os seus próprios recursos de servidor atribuídos de acordo com o número de utilizadores e os requisitos computacionais da tarefa. Isto torna o BlueGarden adequado para grupos de projeto profissionais e implementações educacionais, como quando um instrutor pretende proporcionar aos alunos um ambiente de projeto completo e prático.

O BlueGarden incorpora um fluxo de trabalho de integração contínua para o desenvolvimento de *chips*. Isto fornece às equipas de projeto uma forma estruturada de automatizar verificações, gerar artefactos de compilação e detetar problemas de integração no início do ciclo de projeto. Assim, o BlueGarden é mais do que apenas um ambiente de trabalho alojado remotamente com ferramentas EDA instaladas. É um ambiente de engenharia gerível que unifica as atividades de *design*, repositórios, automação e verificação.

A plataforma BlueGarden inclui também uma camada administrativa para gerir utilizadores, serviços e recursos. O BlueGarden é um ambiente único e gerível no qual os administradores da equipa podem registar utilizadores e fornecer acesso a serviços relevantes

GoCD then produces artefacts and returns the corresponding results to the designer. A support forum provides access to documentation and operational assistance from the SymbioticEDA team.

VI. A Personal Perspective on Access Barriers in Semiconductor Design Education

The challenges associated with accessing semiconductor design infrastructure are structural and frequently experienced by students and researchers attempting to enter the field. Table II illustrates the author's academic and professional journey from 2006 to 2024, emphasizing the varying degrees of access to Electronic Design Automation (EDA) tools, Process Design Kits (PDKs), and fabrication opportunities encountered at different institutions and in various countries. While this trajectory reflects only one personal experience among many possible paths into semiconductor design, it is informative because it spans a wide range of academic and research environments. Transitioning between these diverse settings revealed the significant impact of institutional context, collaborations, funding, and geographic location on access to ASIC design.

During my undergraduate studies at the Universidad de los Andes in Colombia, my exposure to microelectronics was limited to a few related courses. The final undergraduate project was developed using

através de uma estrutura de contas unificada.

A figura 1 ilustra o sistema CI/CD do BlueGarden. A fábrica de compilação Docker da SymbioticEDA reúne as ferramentas necessárias, verifica a sua compatibilidade e publica-as através de um registo Docker. O ambiente contentorizado resultante, que incorpora ferramentas EDA e suporte PDK, é então implementado num servidor da equipa. Como mostra a figura, um *designer* de *chips* pode trabalhar num PC local e interagir com repositórios como o GitHub e o GitLab, onde os projetos de *design* podem ser armazenados e geridos. Enquanto isso, o projetista troca dados com o sistema CI/CD através de *scripts*. O GoCD produz então artefactos e devolve os resultados correspondentes ao projetista. Um fórum de suporte fornece acesso à documentação e assistência operacional da equipa SymbioticEDA.

VI. Uma Perspectiva Pessoal sobre as Barreiras de Acesso no Ensino do Design de Semicondutores

Os desafios associados ao acesso à infraestrutura de design de semicondutores são estruturais e frequentemente vivenciados por estudantes e investigadores que tentam ingressar na área. A tabela II ilustra o percurso académico e profissional do autor de

the educational amiC5 PDK; however, this technology did not provide a pathway to fabrication. Additionally, access to industry-standard EDA tools, such as those from Cadence or Synopsys, was unavailable, which limited the opportunity to gain practical experience in integrated circuit design.

After graduating as an engineer, the author participated in the CI Brasil Program [31], Brazil's national integrated-circuit design training initiative supported by Cadence. The program was designed to develop human resources for the microelectronics sector and bolster the country's semiconductor ecosystem. Training included structured centers, technical coursework, and supervised internships connected to industry and research institutions. In the second year of the program, participants had the opportunity to join one of the design houses based in Brazil. The author selected Floripa DH, a small startup in Florianópolis, Santa Catarina.

The author later pursued a master's degree at the Federal University of Santa Catarina (UFSC) in Brazil while he continued working for the Floripa Design House. The author gained access to commercial EDA tools, industrial PDKs, and structured IC design courses based on the ACM transistor model [32]. This

Tabela II Trajetória académica e profissional do autor (2006–2024) ilustrando as diferenças de acesso à infra-estrutura de design de semicondutores entre instituições e países.

Table II Academic and professional trajectory of the author (2006–2024) illustrating differences in access to semiconductor design infrastructure across institutions and countries.

Instituição/Programa <i>Institution/Program</i>	País <i>Country</i>	Papel <i>Role</i>	Acesso a EDA/PDKs <i>Access to EDA/PDKs</i>	Limitações-chave <i>Key Limitations</i>
Universidad de los Andes	Colômbia <i>Colombia</i>	Licenciatura <i>Undergraduate</i>	Educational amiC5 PDK (Mentor Graphics)	Sem disciplinas de IC design, sem Cadence/Synopsys, sem <i>tape-out</i> . <i>No IC design courses, no Cadence/Synopsys, no tapeout.</i>
CI Brazil Program	Brasil <i>Brazil</i>	Estágio Especializado <i>Specialized Training</i>	TSMC 180 PDK, Cadence	Com acesso ao Cadence, uso de PDK comercial (ibm180), com aulas de IC design, e possibilidade de trabalhar na indústria após 1 ano de estágio. <i>With access to Cadence, commercial PDK usage (ibm180), with IC design classes, and possibility to work at a company after the 1st year of training.</i>
UFSC/Floripa Design House	Brasil <i>Brazil</i>	Mestrado <i>Master</i>	Ferramentas Cadence, PDKs comerciais e oportunidades de <i>tape-out</i> . <i>Cadence tools, commercial PDKs, tapeout opportunities.</i>	Sem disciplinas de IC design, sem Cadence/Synopsys, sem <i>tape-out</i> . <i>No IC design courses, no Cadence/Synopsys, no tapeout.</i>
Universidad Industrial de Santander	Colômbia <i>Colombia</i>	Doutoramento <i>PhD</i>	TSMC180 PDK [30], Cadence (via CERN)	Financiamento limitado para <i>tape-out</i> (3 vezes em 6 anos). <i>Limited tape-out funding (3 tape-outs in 6 years).</i>
University of Michigan	Estados Unidos da América <i>United States of America</i>	Investigação/Pós-Doc <i>Research/Post-Doc</i>	Advanced commercial PDKs (down to 7 nm), Cadence + Synopsys	Posição de investigador limitada em tempo. <i>Short-term research position.</i>

2006 a 2024, enfatizando os diferentes graus de acesso a ferramentas de EDA, PDKs e oportunidades de fabrico encontrados em diferentes instituições e em vários países. Embora esta trajetória reflita apenas uma experiência pessoal entre muitos caminhos possíveis para o *design* de semicondutores, é informativa porque abrange uma vasta gama de ambientes acadêmicos e de investigação. A transição entre estes vários ambientes revelou o impacto significativo do contexto institucional, das colaborações, do financiamento e da localização geográfica no acesso ao *design* de ASICs.

Durante a minha licenciatura na Universidade de los Andes, na Colômbia, a minha exposição à microelectrónica limitou-se a alguns cursos relacionados. O projeto final da graduação foi desenvolvido com recurso ao PDK educativo amiC5. No entanto, esta tecnologia não fornecia um caminho para o fabrico. Além disso, o acesso a ferramentas EDA padrão da indústria, como as da Cadence ou da Synopsys, não estava disponível, o que limitava a oportunidade de obter experiência prática no *design* de circuitos integrados.

Após se ter licenciado em engenharia, o autor participou no Programa CI Brasil [31], uma iniciativa nacional brasileira de formação em projeto de circuitos integrados apoiada pela Cadence. O programa foi concebido para desenvolver recursos humanos para o setor da microeletrónica e fortalecer o ecossistema de semicondutores do país. A formação incluía centros estruturados, cursos técnicos e estágios supervisionados ligados à indústria e a instituições de investigação. No segundo ano do programa, os participantes tiveram a oportunidade de integrar uma das empresas de projeto sediadas no Brasil. O autor selecionou a Floripa DH, uma pequena *startup* em Florianópolis, Santa Catarina.

O autor frequentou posteriormente o mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no Brasil, enquanto continuava a trabalhar para a Floripa Design House. Teve acesso a ferramentas EDA comerciais, PDKs industriais e cursos estruturados de *design* de circuitos integrados baseados no modelo de transistor ACM [32]. Este ambiente permitiu aos alunos trabalhar diretamente com empresas de semicondutores, oferecendo uma valiosa exposição à indústria e a oportunidade de participar em projetos de *design* orientados para o fabrico em placa (*tape-out*). Apesar do impacto positivo destas iniciativas, a Floripa Design House e o ecossistema mais amplo da CI Brasil foram descontinuados por volta de 2015-2016. Isto ilustra como as iniciativas regionais de formação em semicondutores dependem fortemente do apoio institucional e governamental contínuo.

Após a obtenção do grau de mestre, o autor prosseguiu os seus estudos de doutoramento na Universidad Industrial de Santander, na Colômbia. Aí, o acesso a ferramentas de *design* de semicondutores estava disponível através de colaborações de investigação. O grupo de investigação teve acesso ao PDK comercial TSMC180 e às ferramentas Cadence através de colaborações internacionais, incluindo infraestruturas fornecidas pelo CERN. Embora estas características tenham possibilitado uma investigação significativa em *design* de circuitos integrados, as restrições de

environment enabled students to work directly with semiconductor companies, offering valuable industry exposure and the opportunity to participate in tapeout-oriented design projects. Despite these initiatives' positive impact, the Floripa Design House and the broader CI Brasil ecosystem were discontinued around 2015–2016. This illustrates how regional semiconductor training initiatives depend heavily on sustained institutional and governmental support.

After earning a Master's degree, the author pursued doctoral studies at the Universidad Industrial de Santander in Colombia. There, access to semiconductor design tools was available through research collaborations. The research group had access to the TSMC180 commercial PDK and Cadence tools through international collaborations, including infrastructure provided by CERN. While these resources enabled meaningful research in integrated circuit design, funding constraints limited fabrication opportunities to only three tapeouts over six years.

Subsequent research experience at the University of Michigan provided access to a highly developed semiconductor research ecosystem. This included advanced commercial PDKs with technology nodes down to 7 nm, as well as full access to Cadence and Synopsys design toolchains. Participating in initiatives such as the 2023 IEEE SSCS Chipathon further highlighted the increasing importance of open-source hardware communities in promoting participation in chip design.


Together, these experiences do not represent all possible paths into semiconductor design. Rather, they offer a personal perspective shaped by exposure to multiple academic and research environments in different countries. Because this path moves through contexts with varying levels of access to EDA tools, PDKs, training, and fabrication opportunities, it illustrates the wide range of conditions under which ASIC education and practice occur. From this perspective, one of the most significant barriers for students and early-career engineers is the difficulty of learning design methodologies and the unequal access to the infrastructure needed to apply them.

At the same time, recent experience also demonstrates how open-source initiatives can begin to overcome some of these barriers. During the 2023-1 and 2025-2 academic periods, the author taught analog and digital integrated-circuit design courses at the Universidad de los Andes using three open-source PDKs. This approach allowed students to gain hands-on experience in ASIC design and helped to strengthen this research area within the institution. Furthermore, in the second half of 2025, the author contributed to training over 150 participants in Colombia through four workshops and bootcamps based on open-source PDKs, EDA tools and the BlueGarden environment sponsored by SymbioticEDA. These experiences highlight the practical importance of the open-source movement in semiconductor design, as both a technical alternative and an educational enabler that can expand access, build skills and foster new communities of practice. ■

financiamento limitaram as oportunidades de fabrico a apenas três *tape-outs* em seis anos.

A experiência subsequente em investigação na Universidade de Michigan proporcionou o acesso a um ecossistema de investigação de semicondutores altamente desenvolvido. Isto incluiu PDKs comerciais avançados com nós de tecnologia até 7 nm, bem como acesso completo às ferramentas de *design* da Cadence e da Synopsys. A participação em iniciativas como o IEEE SSCS Chipathon de 2023 destacou ainda mais a crescente importância das comunidades de *hardware* de código aberto na promoção da participação no *design* de *chips*.

Em conjunto, estas experiências não representam todos os caminhos possíveis para o *design* de semicondutores. Em vez disso, oferecem uma perspectiva pessoal moldada pela exposição a múltiplos ambientes académicos e de investigação em diferentes países. Uma vez que este caminho passa por contextos com diferentes níveis de acesso a ferramentas EDA, PDKs, formação e oportunidades de fabrico, ilustra a vasta gama de condições sob as quais a educação e a prática de ASIC ocorrem. Nesta perspetiva, uma das barreiras mais significativas para os estudantes e engenheiros em início de carreira é a dificuldade de aprendizagem de metodologias de projeto e o acesso desigual à infraestrutura necessária para as aplicar.

Ao mesmo tempo, a experiência recente também demonstra como as iniciativas de código aberto podem começar a ultrapassar algumas destas barreiras. Durante os períodos académicos de 2023-1 e 2025-2, o autor lecionou cursos de projeto de circuitos integrados analógicos e digitais na Universidade dos Andes, utilizando três PDK de código aberto. Esta abordagem permitiu aos alunos adquirir experiência prática no design de ASICs e ajudou a fortalecer esta área de investigação dentro da instituição. Além disso, no segundo semestre de 2025, o autor contribuiu para a formação de mais de 150 participantes na Colômbia através de quatro *workshops* e *bootcamps* baseados em PDKs de código aberto, ferramentas EDA e o ambiente BlueGarden, patrocinados pela SymbioticEDA. Estas experiências realçam a importância prática do movimento de código aberto no design de semicondutores, tanto como alternativa técnica como facilitador educacional que pode alargar o acesso, desenvolver competências e fomentar novas comunidades de prática. 

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

Nota de Editor • Editor's Note

O artigo original foi entregue em Inglês. A versão portuguesa foi traduzida pela equipa editorial.

Referências • References

- [1] Qiu, H., Wang, X., & Xie, F. (2017, November). *A survey on smart wearables in the application of fitness*. In 2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech) (pp. 303-307). IEEE.
- [2] Kulkarni, P. B., Molawade, M. H., Kulkarni, B. P., & Lokare, R. (2025, November). *Smart Wearable Technologies for Chronic Disease Monitoring and Management*. In 2025 International Conference on Future Technologies (ICFT) (pp. 1-6). IEEE.
- [3] Anusha, N., Kumar, B. P., & Agarwal, L. (2022, February). Study on recent trends of smart wearable. In 2022 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISIP) (pp. 1-5). IEEE.
- [4] SkyWater SKY130 PDK's documentation, <https://skywater-pdk.readthedocs.io/en/main/>
- [5] GlobalFoundries 0.18UM 3.3V/(5V)6V MCU PDK's documentation, <https://gfl180mcpu-pdk.readthedocs.io/en/latest/>
- [6] IHP Microelectronics, <https://ihp-microelectronics.com/>
- [7] Cadence, https://www.cadence.com/en_US/home.html
- [8] Synopsys, <https://www.synopsys.com/>
- [9] Siemens, <https://www.siemens.com/en-us/>
- [10] SymbioticEDA, <https://www.symbioticeda.com/>
- [11] *Chipping Away: Assessing and Addressing the Labor Market Gap Facing the U.S. Semiconductor Industries*, <https://www.semiconductors.org/chipping-away-assessing-and-addressing-the-labor-market-gap-facing-the-u-s-semiconductor-industry/>
- [12] ECSA Skills Academy, <https://chipsacademy.eu/news/ecsa-skills-strategy-2024/>
- [13] Robinson, A. L. (1980). *A way to end the IC designer shortage*. *Science*, 209(4453), 260-261.
- [14] Cadence, https://www.cadence.com/en_US/home.html
- [15] North America Training Catalog, https://www.cadence.com/content/dam/cadence-www/global/en_US/documents/training/training-na-catalog-price-list.pdf
- [16] <https://github.com/openecos-projects/icsprout55-pdk>
- [17] Herman, K. (2025, December 12). *Integrated circuits design using open-source EDA tools and open-source PDK's*. MOS-AK LatAm 2025.
- [18] Efabless, <https://chipfoundry.io/efabless>
- [19] ChipFoundry, <https://chipfoundry.io/>
- [20] Tiny Tapeout, <https://tinytapeout.com/>
- [21] "IEEE SSCS Launches 2022 PICO Chipathon [Society News]," in IEEE Solid-State Circuits Magazine, vol. 14, no. 3, pp. 89-89, Summer 2022, doi: 10.1109/MSSC.2022.3183487.
- [22] SSCS Pico Program, <https://sscs.ieee.org/technical-committees/tc-ose/sscs-pico-program/>
- [23] SSCS Pico Design Contest, <https://sscs.ieee.org/technical-committees/tc-ose/sscs-pico-design-contest/>
- [24] IEEE SSCS Code-a-Chip Awards, <https://sscs.ieee.org/membership/awards/ieee-sscs-code-a-chip-travel-grant-awards/>
- [25] UNIC-CASS, <https://unic-cass.github.io/>
- [26] <https://github.com/TinyTapeout/ttihp-verilog-template>
- [27] <https://github.com/iic-jku/analog-circuit-design>
- [28] Surfer Project, <https://surfer-project.org/>
- [29] Docker, <https://www.docker.com/>
- [30] TSMC 180 PDK, https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/technology/logic/L_O18micron
- [31] CI Brasil, <https://cibrasil.sbmicro.org.br/index.php>
- [32] Schneider, M. C., & Galup-Montoro, C. (2010). *CMOS analog design using all-region MOSFET modeling*. Cambridge University Press.

Apoia-me: Feedback a meio de um semestre

Support me: Mid-Semester Feedback

Ainda há tempo

There's still time

Um semestre é longo, mas muitas vezes somos capazes de o deixar passar sem questionar os alunos se está tudo bem ►

A semester is quite long, but most times we lose track of time without questioning our students if all is ok ►

Por Rui Eduardo Lopes · By Rui Eduardo Lopes
doi: 10.5281/zenodo.19337157

Quando pensamos em *feedback* por parte dos alunos, é natural que nos venham à memória inquéritos que habitualmente as nossas instituições fazem no final de cada semestre. Estes inquéritos institucionais chegam muito depois das aulas e avaliações já terem sido realizadas (e notas atribuídas), permitindo que se consolide, em relatório, o sucesso de uma unidade curricular. Mas enquanto que estas perguntas feitas aos alunos são úteis, acima de tudo, para questões administrativas ou de acreditação, estas não ajudam diretamente qualquer um dos alunos presentes em sala de aula.

Em termos educativos, basearmo-nos somente na obtenção de *feedback* no final de cada semestre é como conduzir uma autópsia para determinar o que é que correu mal, ao invés de verificar antecipadamente quais podem ser os problemas latentes para que se possam, se possível, resolver enquanto há tempo. Para corrigir esta situação podemos usar métodos de obtenção de *feedback* intermédios.

A coleta de dados provenientes de *feedback* dos alunos durante o semestre é uma das estratégias mais proativas e eficazes que um docente pode usar. Fornece informações objetivas e específicas para o que está a suportar (ou a dificultar) a aprendizagem por parte dos alunos, permitindo aos professores uma oportunidade de ajustar algo enquanto o semestre decorre.

Nesta edição do Apoia-me iremos explorar como é que a obtenção de *feedback* ao longo do semestre é uma ferramenta útil e que frameworks é que um docente poderá usar, de forma eficaz, para que se possam fazer mudanças a tempo em sítio de aula, transformando-a de algo comum, em algo mais especial, personalizado e interativo.

Porquê coletar dados a meio de um semestre?

Ao contrário das obtenções de *feedback* no fim do semestre, que muitas vezes servem para relatar o sucesso da execução de uma unidade curricular, a obtenção ao longo do semestre serve somente para que o docente possa ajustar o método de aprendizagem dos seus alunos e da aula que conduz. Remove totalmente a pressão administrativa e foca inteiramente na experiência educativa e colaborativa. Este processo oferece vários benefícios:

1. Para Professores: agilidade em tempo-real e novas informações

Este tipo de *feedback* fornece dados práticos em tempo-real, funcionando como um sistema de alerta antecipado. Os docentes poderão, assim, identificar pequenos obstáculos ao processo de ensino-aprendizagem antes que estes evoluam para autênticos pesadelos académicos. Por exemplo, poderá ser descoberto que um determinado conjunto de slides, muito bem feitos, afinal são muito abstratos para que os alunos consigam tirar notas a partir deles, ou que uma determinada leitura obrigatória está, de facto, a confundir ainda mais os alunos no contexto de toda a UC.

When we think about student feedback, we often picture the traditional end-of-semester evaluation forms. These institutional surveys arrive long after the final grades have been submitted, acting as a summative assessment of a course. While these evaluations are certainly useful for administrative purposes, accreditation reviews, and for tweaking future iterations of a class, they suffer from a fatal flaw: they do absolutely nothing to help the students currently sitting in the room.

In educational terms, relying solely on end-of-term evaluations is like conducting an autopsy to determine what went wrong, rather than checking the patient's vital signs while there is still time to intervene and administer a cure. To solve this issue we can use mid-semester learning feedback tools.

Collecting formative feedback mid-way through a course is one of the most proactive, effective strategies an instructor can use. It provides targeted, specific insights into what is supporting—or hindering—student learning, allowing instructors to pivot and adjust while the semester is still in motion.

In this issue of the Support Me we explore why is mid-semester feedback an essential pedagogical tool, the various methodologies and frameworks you can use to collect it, and—perhaps most crucially—how to effectively process and implement the results to transform your classroom environment from a static lecture hall into a responsive learning community.

Why collect mid-semester feedback?

Unlike end-of-term evaluations, which often serve as a high-stakes metric for tenure and promotion, mid-semester feedback is intended solely for the instructor to improve current student learning. It removes the administrative pressure and focuses entirely on the collaborative educational experience. This process offers several benefits:

1. For Instructors: Real-Time Agility and Insight

This type of feedback provides actionable data in real-time, functioning as an early warning system. Instructors can identify minor obstacles before they snowball into major academic crises. For example, you might discover that your carefully crafted slide decks are actually too abstract for students to take meaningful notes, or that a specific required reading is consistently confusing the entire cohort.

Armed with this knowledge, you can make immediate, localized adjustments—such as tweaking the pacing of your lectures, recording supplementary explainer videos, or changing the format of your discussion sections. It allows teaching to become a responsive dialogue rather than a rigid monologue. Furthermore, it alleviates the psychological burden on the instructor. Instead of guessing whether your new active-learning activity was successful, you have concrete data to validate your pedagogical choices.

Com este conhecimento, podemos fazer ajustes imediatos e localizados, como alterar o ritmo de uma aula, gravar material suplementar (como vídeos) ou até mesmo mudar o formato de algumas das discussões em aula. Isto também permite que os vários momentos síncronos se tornem diálogos com resposta, em contraste a monólogos rígidos, “à velha guarda”. Mais, esta prática alivia o peso psicológico no docente: ao invés de tentar desenhar a próxima abordagem diferente ao ensino, ele consegue ter primeiro dados em concreto com que trabalhar, para validar futuras decisões pedagógicas.

2. Para estudantes: metacognição e pertença acadêmica

Os benefícios para estudantes vão muito além do ver as suas dúvidas esclarecidas. Só o ato de serem questionados sobre *feedback* faz com que os alunos entrem em *metacognição* (pensar no seu próprio pensamento). Quando feita a pergunta certa, no momento certo, os inquéritos de *feedback* tornam-se armas críticas para obter respostas dos alunos considerando os seus comportamentos pessoais, as suas gestões de tempo e hábitos de estudo que impactam o processo de aprendizagem. É uma mudança de mindset do “o que é que o professor quer de mim?” para “como é que o professor e eu podemos trabalhar juntos para me ajudar a aprender?”.

Mais, quando os alunos reconhecem um professor a solicitar algo ativamente, a pensar no momento, e a responder visivelmente às suas questões, há uma mudança súbita na dinâmica em sala de aula. Isto quebra as barreiras típicas e tradicionais que distanciam o leitor e o pupilo, criando um maior sentido de pertença académica. Isto movimenta os alunos de consumidores passivos a co-criadores do seu ambiente de aprendizagem, o que intrinsecamente aumenta a sua motivação e interesse pela UC.

3. Potencia a equidade e a inclusão

As avaliações de fim de semestre são notoriamente suscetíveis a enviesamentos. No entanto, o *feedback* a meio do semestre pode ser uma ferramenta poderosa para

2. For Students: Metacognition and Academic Belonging

The benefits for students extend far beyond simply having their complaints heard. The very act of being asked to provide feedback prompts students to engage in *metacognition*—thinking about their own thinking. When framed correctly, feedback surveys ask students to consider how their personal behaviors, time management, and study habits are impacting their learning process. It shifts their mindset from “*What is the professor doing to me?*” to “*How are the professor and I working together to help me learn?*”

Furthermore, when students see an instructor actively soliciting, thoughtfully digesting, and visibly responding to their input, it drastically shifts the classroom dynamic. It breaks down the traditional, hierarchical barriers between professor and pupil, fostering a strong sense of academic belonging. Students transform from passive consumers of information into active co-creators of their learning environment, which significantly boosts intrinsic motivation and course engagement.

3. Fostering Equity and Inclusion

End-of-term evaluations are notoriously susceptible to biases. However, formative mid-semester feedback can act as a powerful tool for equity. In any classroom, there are students who feel entirely comfortable raising their hands to say, “*I don’t understand.*” But there are many more—often first-generation students, international students, or students from marginalized backgrounds—who may feel intense imposter syndrome and remain silent. Anonymous mid-semester feedback gives a voice to the quietest students in the room, ensuring that your course corrections serve the entire diverse cohort, not just a minority.

Key Considerations Before You Begin

Before passing out a survey link or a stack of note cards, instructors must strategically plan their approach. Throwing a generic survey at students will yield generic results. Ask yourself

promover a equidade. Em qualquer sala de aula, há estudantes que se sentem perfeitamente à vontade para levantar a mão e dizer: “*Não estou a perceber.*” Mas há muitos mais (usualmente estudantes do primeiro ano do ensino superior, estudantes internacionais ou estudantes de grupos mais marginalizados) que podem sentir um forte síndrome do impostor e preferir permanecer em silêncio. O *feedback* anónimo a meio do semestre dá voz aos estudantes mais silenciosos na sala, garantindo que os ajustes feitos na UC servem toda a diversidade do grupo, e não apenas uma minoria.

Considerações-chave antes de começar

Antes de passar um *link* para um inquérito online ou uma pilha de cartões, os professores deverão planear a sua abordagem de forma estratégica. Lançar um inquérito genérico aos estudantes irá resultar na obtenção de valores igualmente genéricos. Para evitar este cenário, será importante pensar nas seguintes questões fundamentais, de forma a garantir que obtemos dados práticos.

O que é que realmente quer saber?

Lançar uma questão muito vaga irá resultar em respostas como “*a aula é boa*” ou “*os testes são difíceis*”. Para evitar isto é importante que se restrinja o foco, especialmente dentro das seguintes categorias:

- **Mecânica da UC:** Está curioso sobre como é que o modelo de *flipped-learning* está a funcionar? São as instruções das aulas práticas claras o suficiente? Estará o conteúdo no LMS (Moodle/Canvas/Blackboard) bem organizado?

- **Carga de trabalho e ritmo:** Quer saber se os trabalhos para casa e outras tarefas se alinham diretamente com as expectativas que os alunos têm de uma prova? Será a carga de leitura exigida gerível por um aluno?

- **Clima de sala de aula:** Será que os alunos estão a sentir-se confortáveis a participar em discussões?

Há que decidir também sobre se há a necessidade de ter dados mais granulares sobre mecanismos específicos ou se pretendemos dados mais holísticos que cubram aspetos como o clima em sala de aula. Desta

these foundational questions to ensure you collect actionable data.

What do you really want to know?

Casting too wide a net often yields vague, unhelpful answers like “the class is good” or “the tests are hard.” Narrowing your focus will yield much better data. Consider drafting questions around specific categories:

- **Course Mechanics:** Are you curious about whether your new flipped-classroom model is working? Are the lab instructions clear enough? Is the learning management system (Moodle/Canvas/Blackboard) organized intuitively?

- **Workload and Pacing:** Do you want to know if the homework assignments directly align with the exam expectations in the students' eyes? Is the reading load manageable?

- **Classroom Climate:** Do students feel comfortable participating in discussions? Are group dynamics functioning well? Is the environment inclusive?

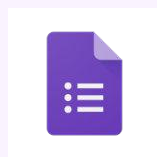
Decide whether you need granular data about specific mechanics or holistic data about the climate, and tailor your questions accordingly.

When and how often do you want to collect feedback?

As the name implies, mid-semester feedback is best solicited right before or at the midpoint of the term (typically weeks 4 through 6 of a standard semester). A highly strategic time is just after students have received their grades and feedback on the first major assignment or midterm exam. At this phase, the stakes of the course have become real, and students have enough experience with your teaching rhythm to provide informed, substantive opinions.

Waiting too late negates the “*formative*” aspect, as there won't be enough time left in the semester to implement meaningful changes. Conversely, polling them too early (e.g., Week 2) often results in feedback based purely on syllabus anxiety rather than actual course experience. Be mindful of survey fatigue; for example, if every professor surveys their students in Week 8, response rates will plummet. Aim for the sweet spot in the early-middle of the term.

Plataformas Digitais · *Digital Platforms*

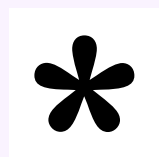


Google Forms (forms.google.com)

Ferramenta gratuita, online, e de uso fácil para criar inquéritos e permitir a obtenção de feedback. A personalização é simples e não muito variada, mas a utilização torna-se muito conveniente se o utilizador já desfrutar de outras aplicações do ecossistema Google.

A free, online, and easy-to-use tool for creating surveys and gathering feedback.

Customization is simple and not very varied, but its use becomes very convenient if the user is already familiar with other applications in the Google ecosystem.



Tally (tally.so)

Ferramenta fundamentalmente gratuita, online, e fácil para criar inquéritos com um aspeto mais claro que os do Google Forms. Possui funções pagas, mas por norma não essenciais. É mais adequado e intuitivo para inquéritos com preenchimentos condicionais.

This tool is fundamentally free, online, and easy to use for creating surveys with a clearer appearance than Google Forms. It has paid features, but they are generally not essential. It is more suitable and intuitive for surveys with conditional responses.

forma, podemos criar questões apropriadas para aplicar aos alunos.

Quando e com que frequência queremos obter dados?

Tal como o nome implica, este tipo de *feedback* é mais ajustado a ser aplicado mesmo antes ou sensivelmente a meio de um semestre (tipicamente nas semanas 4 a 6 de um semestre). Uma boa estratégia a ter é o aplicar este tipo de abordagem logo a seguir as notas de um primeiro momento de avaliação. Nesta fase, os alunos sentirão que terão o sucesso da execução da UC nas suas mãos, tornando-se tudo muito mais real, e também já terão experiência suficiente sobre o ritmo das aulas para que possam dar inputs mais informadas.

Esperar muito para entregar os inquéritos também negará o intuito de aprendizagem por parte do docente, pelo que não haverá depois tempo suficiente no semestre para corrigir seja o que for. Pelo contrário, e salvo raras exceções, entregar os inquéritos muito cedo (como na segunda semana) frequentemente resultará em *feedback* baseado somente nas expectativas sobre o programa curricular. Tenha noção do fenómeno de fadiga de inquéritos: se todos os professores decidirem inquirir os seus alunos na semana 8, por exemplo, as respostas não terão tanta qualidade como pretendido. Será melhor tentar apontar para um *sweet spot* o mais cedo possível a meio do semestre.

Como coletar toda esta informação?

É possível coletar *feedback* em sala de aula através de formas físicas (como folhas de papel) ou através de plataformas digitais (como o Google Forms, Tally, ...). Também se poderá obter *feedback* fora da sala de aula.

- **O caso da coleta em sala de aula:** nesta abordagem as taxas de retorno costumam ser significativamente maiores (cerca de +90%) e o *feedback* é geralmente mais afinado quando se aloca 5 a 10 minutos de tempo dedicado de aula para completar esta tarefa. Isto permite sinalizar aos alunos que este processo é valorizado pelo docente, o suficiente para considerar sacrificar parte do tempo para aula. Se esta tarefa saltar

How will you collect this information?

You can collect classroom feedback through physical means (a sheet of paper) or by using a digital platform (such as Google Forms, Tally, ...). You can also retrieve some feedback after classes.

- **The Case for In-Class Collection:** Return rates are significantly higher (often 90%+) and the feedback is generally more thoughtful when you allocate 5 to 10 minutes of dedicated class time to complete the task. It signals to students that you value this process enough to sacrifice your own instructional time for it. If you assign it as homework, you will likely only hear from the highly engaged students or the highly disgruntled ones, missing the critical "*silent middle*."

- **The Golden Rule of Anonymity:** Regardless of the medium, it is highly recommended that the feedback remains strictly anonymous. Psychological safety is paramount; students will not provide honest critiques if they fear retaliation, awkwardness, or bias in future grading.

Methods and Tools for Gathering Feedback

There is no one-size-fits-all approach to gathering student feedback. Depending on your specific goals, the size of your class, and the time you have available, you can choose from several proven methods.

Micro-feedback Techniques

If you want to gather continuous feedback throughout the semester rather than a single massive data dump, try these quick methods at the end of a lecture. These are especially useful in large, lecture halls where individual check-ins are impossible.

- **MUD Cards:** In the last 3-5 minutes of class, hand out index cards or a quick digital form. Ask students to anonymously write down the "*muddiest*" (most confusing) point of the lecture, or conversely, the most important takeaway. You can review these between classes and dedicate the first five minutes of the next session to clearing up the most common confusions.

para “trabalho para casa” muito possivelmente só se obterá resposta dos alunos mais interessados/ativos (ou, pelo contrário, dos menos interessados), perdendo-se a gama de alunos que estejam no meio, por norma silenciosos.

- **A regra de ouro da anonimidade:** independentemente do meio, é altamente recomendável que o inquérito se mantenha estritamente anónimo. Este tipo de abordagem é ideal para manter alguma segurança psicológica nos alunos, pelo que eles não serão honestos se sentirem que haverá algum tipo de retaliação caso coloquem alguma questão ou comentário negativo.

Métodos e Ferramentas para Obtenção de Feedback

Não existe nenhum método único para obter *feedback* dos alunos. Dependendo dos objetivos específicos do docente, do tamanho da turma, e do tempo que o docente tenha para trabalhar com estes resultados, há diferentes métodos que podem ser aplicados.

Técnicas de Micro-feedback

Se preferir ter *feedback* contínuo ao longo do semestre, ao invés de ter um momento único a meio do semestre com um alto volume de *feedback*, estes métodos poderão ser preferíveis, aplicando-se no fim de cada aula. Estes métodos são especialmente úteis em salas de aula de largas dimensões, onde *check-ins* individuais são impossíveis.

- **MUD cards:** nos últimos 3 a 5 minutos da aula, entrega-se um pequeno cartão a cada aluno (ou um formulário online). Pede-se aos alunos que escrevam, anonimamente, qual foi o ponto mais “*lamacento*” (mais confuso) da aula, ou pelo contrário, qual foi o maior *eureka* que terá acontecido. Revendo as respostas entre aulas, na próxima aula começa-se o tempo por dedicar os primeiros 5 a 15 minutos da aula a esclarecer as dúvidas recolhidas.

- **Bilhetes de saída:** uma pergunta muito simples e para responder em 1-2 minutos pede aos alunos que sintetizem o conteúdo aprendido antes de sair da sala. Perguntas como as seguintes são possíveis: “*Indica um conceito que tenhas sentido que dominaste hoje, e uma questão com que possas ter ficado*” ou “*Como é que a teoria que aprendeste hoje se pode aplicar ao caso de estudo real que discutimos na aula passada?*”.

- **Sondagem digital em tempo-real:** Ferramentas como o Poll Everywhere, Mentimeter, VeVox ou outra permitem-nos medir o pulso à sala em tempo-real. Podemos fazer um conjunto de perguntas de escolha múltipla rápidas sobre um determinado conceito mais complexo: se 60% da sala não responder corretamente, então podemos inferir que talvez seja melhor voltar atrás e re-explicar conceitos.

Inquéritos estruturados e avaliações

Para um diagnóstico mais aprofundado a meio de um semestre, considere usar os seguintes métodos de inquéritos estruturados, que poderão orientar os

Templates de Suporte Online

Online Support Templates



Os vários métodos e ferramentas aqui apontadas estão disponíveis para uso livre através da nossa página principal. Lá poderá encontrar diversos recursos já devidamente preparados e prontos para que possa fazer uma cópia e personalizá-las para o seu caso de uso.

Em site.ieee.org/education-es/educational-templates (igualmente disponível através do código QR acima) é possível descarregar os vários templates com uma pequena descrição e instruções de uso.

The various methods and tools mentioned here are freely available for use on our main page. There you will find several resources already prepared and ready for you to copy and customize for your specific use case.

At site.ieee.org/education-es/educational-templates (also available via the QR code above) you can download various templates with a short description and instructions for use.

- **Exit Tickets:** A quick 1-2 minute prompt requiring students to synthesize the day's content before they "exit." Prompts might include: “*What is one concept you fully mastered today, and what is one question you still have?*” or “*How does today's theory apply to the real-world case study we discussed last week?*”

- **Live Digital Polling:** Tools like Poll Everywhere, Mentimeter, or VeVox allow you to take a real-time pulse of the room. You can ask a quick multiple-choice question about a complex topic; if 60% of the room gets it wrong, you instantly know you need to rewind and re-explain.

Structured Surveys and Assessments

For a deeper diagnostic at the actual mid-semester point, consider using these structured templates, which guide students toward constructive criticism rather than unstructured venting:

- **Stop, Start, Continue:** A classic and highly effective framework. You ask students three simple questions: “*What should the instructor STOP doing?*”, “*What should the instructor START doing?*”, “*What should the instructor CONTINUE doing?*” This cleanly categorizes feedback into actionable buckets.

- **Super Short Surveys:** A concise questionnaire featuring 3 to 4 targeted questions. Keep it simple and focused on shared responsibility: “*1. What is helping you learn?*”, “*2. What is making learning difficult?*”, “*3. What could the instructor do differently?*”, “*4. What could YOU do differently?*”

alunos a espíritos críticos construtivos, e não tanto a meras queixas sobre a execução de uma UC.

- **Parar, Começar, Continuar:** esta é uma framework simples e eficaz. Poderá questionar aos estudantes as seguintes três questões: “O que é que o professor deverá **PARAR** de fazer?”; “O que é que o professor deverá **COMEÇAR** a fazer?”; e “O que é que o professor deverá **CONTINUAR** a fazer?”. Este tipo de *feedback*, ainda que ousado, será o mais direto possível e as respostas estarão já devidamente classificadas.

- **Inquéritos super curtos:** um questionário conciso com 3 a 4 questões focadas num tópico. Mantenha este questionário simples e focado em responsabilidades partilhadas entre todos: “1. O que é que o está a ajudar a aprender?”, “2. O que é que o está a dificultar a aprendizagem?”, “3. O que é que o professor poderia fazer de forma diferente?”, e “4. O que é que poderias fazer de forma diferente?”.

- **Pontos positivos e desejos:** Uma simples e visual tabela de pontos positivos e desejos a ter. Os estudantes listam o que é que gostam sobre a mecânica da UC (pontos positivos) numa das colunas, e o que é que sugerem melhorar (desejos) na outra coluna. Esta forma é psicologicamente eficaz porque as críticas dos alunos são dadas, inerentemente, de forma construtiva e não como reclamações hostis.

- **Avaliação de Pontos Positivos e Deltas:** Este método permite pedir aos alunos que identifiquem o que lhes tem permitido avançar na sua aprendizagem (pontos positivos) e o que é que é necessário mudar (delta). Crucialmente, esta *framework* aplica-se explicitamente aos métodos do professor e às responsabilidades e hábitos de estudo dos estudantes, reforçando a ideia de que a aprendizagem é um ecossistema partilhado.

- **Avaliação de ganhos de aprendizagem do aluno (SALG):** Uma ferramenta altamente personalizável onde se pede aos alunos que reportem o seu próprio processo de aprendizagem e onde avaliem sobre aspetos específicos da UC que contribuíram para o desenvolvimento de skills deles, diretamente. Ao invés de questionar “Gostaste do que leste?”, este tipo de inquérito questiona “Até que ponto é que esta leitura te permitiu compreender os conceitos-base?”.

Métodos de Grupo

Por vezes, os melhores *insights* vêm de diálogos e não de inquéritos escritos, dado que estes não permitem respostas contínuas ou discussões.

- **Diagnóstico de Ensino em Grupos Pequenos (SGID):** Este método foi desenvolvido na Universidade de Washington e envolve convidar um facilitador neutro (um colega ou alguém da faculdade) para que tome a aula por 20 minutos. Este facilitador orienta grupos pequenos de estudantes numa discussão que permitirá fornecer *feedback* consensual. Como o professor sai de sala de aula, as dinâmicas por ele introduzidas são esquecidas ou criadas novas. O *feedback* resultante representa o coletivo dos alunos e uma voz negociada entre todos numa turma, ao contrário de ruído ou opiniões e vetos de alguns colegas considerados como



- **Pluses & Wishes:** A simple, highly visual T-chart. Students list what they like about the course mechanics (Pluses) on one side, and what they suggest improving (Wishes) on the other. This phrasing is psychologically effective because it inherently frames their critiques as constructive desires rather than hostile complaints.

- **Plus/Delta Assessment:** This method asks students to identify what is advancing their learning (Plus) and what needs to change (Delta). Crucially, this framework explicitly applies to both the instructor's methods and the student's own responsibilities and habits, reinforcing the idea that learning is a shared ecosystem.

- **Student Assessment of Learning Gains (SALG):** A highly customizable tool that asks students to self-report on their own learning and evaluate how specific aspects of the course have directly contributed to their skill development. Instead of asking “Did you like the reading?”, it asks, “To what extent did the reading help you understand the core concepts?”

Group Methods

Sometimes, the best insights come from dialogue rather than written surveys, as surveys don't allow for follow-up questions or clarification.

- **Small Group Instructional Diagnosis (SGID):** Developed at the University of Washington, this method involves inviting a neutral facilitator (a colleague or someone from your institution's teaching center) to take over your class for 20 minutes. The facilitator guides small groups of students in a

outliers.

O Passo Crucial: Processar as Respostas e dar Feedback

A coleta de dados é só metade da guerra. De facto, questionar os alunos e depois ignorar totalmente o output destes poderá fazer pior à moral da aula e ferir ainda mais a confiança dos alunos, do que simplesmente não ter feito pergunta nenhuma. Isto sinalizaria que o seu tempo foi desperdiçado e que as suas vozes pouco ou nada importam. A verdadeira magia deste tipo de obtenção de *feedback* está na forma como é feito o processamento dos dados e como se “*fecha o ciclo*” atribuindo resposta aos alunos.

Gerir as suas próprias reações

Antes de analisar os dados, prepare-se emocionalmente primeiro. Ler críticas da nossa própria forma de ensinar pode invocar alguma defesa, ferir susceptibilidades ou até fomentar algum tipo de síndrome de impostor (desde o professor assistente ao catedrático super premiado pelo seu desempenho docente). Ensinar, apesar de tudo, é um trabalho profundamente pessoal.

Respire. Não leia o *feedback* dos alunos imediatamente depois da aula terminar ou antes de fechar o dia e dormir. É essencial lembrar-se que este *feedback* é sobre a mecânica da UC e sobre as experiências subjetivas de cada aluno, não um ataque ao seu carácter, intelecto, ou domínio científico. Se se sentir atacado, afaste-se destes dados por 24 horas ou até mesmo entregar os dados a um colega para que seja ele a processá-los por si. Tente procurar sumariar os vários comentários de forma construtiva sobre uma experiência de grupo sobre a UC, e não se fixando num comentário em particular, mais duro.

Tratar de Feedback Contraditório

Com quase toda a certeza que acontecerá receber *feedback* contraditório. Dez estudantes poderão dizer “*O ritmo é muito alto, não consigo seguir o professor*”, enquanto que outros dez dizem “*O ritmo é muito lento, até me aborreço*”. Quando isto acontece é importante olhar para o atrito que possa existir, mais do que simplesmente assumir que não há nada a fazer. Isto acontecer não terá a ver com a velocidade absoluta das aulas dadas, mas sim com os conceitos-base que muito possivelmente não estão em pé-de-igualdade entre todos os alunos (especialmente iniciantes). Use este tipo de *feedback* contraditório como uma oportunidade para introduzir novas estratégias diferenciadas de ensino (talvez dar vídeos para revisão de conceitos fundamentais para os iniciantes, ou até mesmo novos desafios complexos para quem se sente aborrecido).

Conclusão

Feedback a meio do semestre transforma uma sala de aula clássica e unidirecional de transmissão de informação, para um sistema dinâmico de conversação entre professores e alunos. Requer abertura do docente a mostrar alguma vulnerabilidade (mostra que

discussion to provide consensus-based feedback. Because the instructor leaves the room, power dynamics are neutralized. The resulting feedback represents the collective, negotiated voice of the class rather than the loud, unvetted opinions of a few outliers.

The Crucial Step: Processing and Responding

Collecting the data is only half the battle. In fact, surveying students and then completely ignoring their input can actively damage class morale and trust more than never having asked at all. It signals that their time was wasted and their voices don't matter. The true magic of mid-semester feedback lies in how you process it and “*close the loop*” with your students.

Managing Your Own Reactions

Before you analyze the data, prepare yourself emotionally. Reading critiques of your own teaching can evoke defensiveness, hurt feelings, or imposter syndrome, even for seasoned, award-winning veterans. Teaching is deeply personal work.

Ensinar é um trabalho profundamente pessoal.

Teaching is deeply personal work.

Take a breath. Do not read the feedback right before teaching a class or right before going to bed. Remember that this feedback is about the course mechanics and the students' subjective experiences, not an attack on your character, your intellect, or your expertise. If you find yourself getting defensive, step away from the data for 24 hours. Consider reviewing the feedback alongside a trusted colleague or teaching center consultant who can provide an objective, emotionally detached perspective. Look for clear trends across the cohort rather than fixating on a single, harshly worded outlier comment.

Handling Contradictory Feedback

You will almost certainly receive contradictory feedback. Ten students might say, “*The pace is too fast, I can't keep up,*” while ten others write, “*The pace is too slow, I'm bored.*” When this happens, look for the underlying friction rather than treating it as a zero-sum game. The issue likely isn't the absolute speed of the lecture, but rather that the foundational concepts weren't clearly established for the beginners, while the advanced students lack extension activities to keep them engaged. Use contradictory feedback as an opportunity to introduce more differentiated learning strategies—perhaps providing optional foundational review videos for those struggling, while offering advanced, complex case studies for those who are bored.

Conclusion

Mid-semester formative feedback transforms a classroom from a static, one-way delivery system of information into a dynamic, collaborative learning laboratory. It requires vulnerability from the instructor—the willingness to admit that a course

6 Passos para Fechar o Ciclo • 6 Steps to Close the Loop

Uma vez os dados processados e os temas devidamente identificados, planeie dedicar os primeiros 10 a 15 minutos da próxima aula para devolver dados aos alunos. Faça isto rápido, idealmente dentro da semana seguinte ao coletar o feedback. Siga os seguintes passos:

1. Discutir os temas: Sumarize de forma transparente os temas principais encontrados e apresente-os de forma destacada (por exemplo, *“75% dos alunos gostaram das aulas práticas interativas, mas 40% de vocês acharam que as leituras de preparação são confusas”*). Isto prova que foram ouvidos.

2. Agradeça: Expresse a sua gratidão honesta sobre o tempo investido e vulnerabilidade no feedback. Reitere o seu desejo de trabalhar juntamente com os alunos para tornar a UC o melhor possível. Um pouco mais de humildade faz sempre bons resultados.

3. Detalhar um Plano de Ação: Indique, de forma inequívoca, as mudanças que serão feitas daqui para a frente (por exemplo, *“Muitos de vocês identificaram que a carga de trabalho para leitura é muito grande antes das aulas de terça. Para corrigir isto, e a começar já na próxima semana, eu mudarei as leituras agora suplementares para quinta e dar-vos-ei um guia orientador para que vos permita analisar a leitura mais rapidamente”*).

4. Explique o que não vai mudar (e diga porquê): Os estudantes irão, por vezes, pedir coisas que são pedagogicamente inadequadas ou logicamente impossíveis, ou até mesmo fundamentalmente contra os objetivos da UC. Ao invés de ignorar tais pedidos, é importante que se usem estes pontos para mais um *“momento educativo”*, articulando o raciocínio de forma adequada e respeitosa (por exemplo, *“Alguns de vocês pediram-me que deitasse abaixo o projeto final de grupo e pedisse um artigo individual para avaliação. Eu entendo que trabalho em grupo possa ser frustrante por vezes, mas não posso fazer esta alteração. A resolução de problemas de forma colaborativa é um requisito-chave para este curso que estão a seguir e é imagem do trabalho que farão no vosso futuro, cada vez mais próximo. Contudo, poderei facilitar parte do atrito que identificam, e para isso poderei dedicar algum do tempo em aula para que os vossos grupos se encontrem e também posso mostrar-vos linhas orientadoras dos meus critérios de avaliação”*).

5. Partilhe Estratégias Colaborativas: Os inquéritos a meio do semestre geralmente revelam hábitos de estudo geniais por parte dos melhores alunos. Se alguns alunos partilharem esses hábitos ou detalhes da sua gestão de tempo, de forma anónima, até pode ser que outros alunos alinhem e esses métodos funcionem com eles também. Os estudantes por norma são mais recetivos às ideias dos colegas, que às dos professores: é aproveitar!

6. Acompanhe a situação nos próximos momentos síncronos: Não deixe que este trabalho todo seja um ponto-final em toda esta nossa conversação. Duas ou três semanas depois das mudanças feitas, faça um pequeno check-in informal para perguntar *“Açam que*

Once you have digested the data and identified the major themes, plan to dedicate the first 10 to 15 minutes of a subsequent class to address the results. Do this quickly—ideally within one week of collecting the feedback. Follow these steps:

1. Discuss the Themes: Transparently summarize the major themes you found in their feedback. Show them the data in broad strokes (e.g., *“75% of you noted that you appreciate the interactive labs, but 40% mentioned the pre-lab reading is confusing”*). This proves they were heard.

2. Say Thank You: Express your genuine appreciation for their time, honesty, and vulnerability. Reiterate your desire to work collaboratively to make the course as effective as possible. A little humility goes a long way in building rapport.

3. Detail Your Action Plan: Explicitly state what changes you are making in response to their feedback. Be concrete. (e.g., *“Many of you noted that the reading load is overwhelming before Tuesday classes. To fix this, starting next week, I am shifting the secondary, supplementary readings to Thursdays, and I will provide a reading guide to help you skim more effectively.”*)

4. Explain What Won't Change (and Why): Students will sometimes request changes that are pedagogically unsound, logistically impossible, or fundamentally opposed to the course's learning objectives. Rather than ignoring these requests, use them as a *“teachable moment”* to articulate your rationale respectfully. (e.g., *“Several of you asked to drop the final group project in favor of an individual paper. I understand group work can be frustrating, but I cannot make that change. Collaborative problem-solving is a core accreditation requirement for this engineering program, and it mimics the actual workplace environments you will enter. However, to ease the friction you mentioned, I will dedicate more in-class time for your groups to meet and provide a clearer peer-evaluation rubric.”*)

5. Share Peer Strategies: Mid-semester surveys often reveal excellent study habits from top-performing students. If some students shared brilliant collaborative learning strategies, time-management tips, or creative ways they utilize office hours, anonymously share those peer strategies with the rest of the class. Students are often more receptive to advice from their peers than from their professor.

6. Iterative Follow-Up: Don't let this be the end of the conversation. Two or three weeks after implementing your changes, do a quick, informal check-in (perhaps a one-question poll) to ask, *“Did the changes we made to the reading schedule actually help reduce your stress and improve your comprehension?”*

as mudanças que fizemos à nossa agenda de leituras reduziu o vosso stress e melhorou a vossa compreensão?”

este sabe que o desenho da sua UC não está perfeito) e um desempenho ativo dos alunos.

Fazendo as perguntas certas, utilizando métodos eficientes e psicologicamente seguros para obter *feedback*, e comunicando ativamente as nossas respostas, conseguimos valorizar os nossos alunos para que se sintam conhecedores e donos da sua educação. Conseguimos assim ser mais precisos, empáticos, dialogantes e eficazes na nossa função de docência. Deixamos de esperar pela autópsia e passamos a, proativamente, cuidar da saúde da nossa UC durante o semestre. 📧

Referências • References

1. McGrath, Laura B., *Mid-Semester Evaluations: How to do some spring cleaning in your classroom*, Inside Higher Ed, March 14, 2014. URL: <https://www.insidehighered.com/blogs/gradhacker/mid-semester-evaluations>
2. Jennifer Blue, Gregg W. Wentzell, and Matthew J. Evins, *What Do Students Want? Small Group Instructional Diagnoses of STEM Faculty*, 2014 PERC Proceedings [Minneapolis, MN, July 30-31, 2014], edited by P. V. Engelhardt, A. D. Churukian, and D. L. Jones, doi:10.1119/perc.2014.pr.007.
3. *Mid-semester Formative Feedback*, MIT Teaching + Learning Lab, Accessed in March 2026. URL: <https://tll.mit.edu/teaching-resources/assess-teaching/mid-semester-formative-feedback/>
4. *Exit Ticket*, The Teacher Toolkit, Accessed in March 2026. URL: <https://www.theteachertoolkit.com/index.php/tool/exit-ticket>
5. Seymour, Elaine, Douglass Wiese, A. Hunter, and Susan M. Daffinrud. "Creating a better mousetrap: On-line student assessment of their learning gains." In National Meeting of the American Chemical Society, pp. 1-40. San Francisco, CA, USA: National Institute of Science Education, University of Wisconsin-Madison, 2000.
6. *Small Group Instructional Diagnosis (SGID)*, George Mason University Stearns Center for Teaching and Learning, Accessed in March 2026. URL: <https://stearnscenter.gmu.edu/knowledge-center/student-engagement-classroom-managment/small-group-instructional-diagnosis-sgid/>

design isn't perfect—and active engagement from the students.

By asking the right questions, utilizing efficient and psychologically safe collection methods, and actively communicating your pedagogical responses, you empower your students to take ownership of their education. In doing so, you equip yourself with the precise, real-time tools needed to be a more responsive, empathetic, and highly effective educator. You stop waiting for the autopsy, and start actively nurturing the health of your classroom. 📧

Licença • License

This article has an Attribution-NonCommercial 4.0 International Creative Commons license.

Nota de Edição • Editor's Note

As ferramentas aqui expostas e descritas são soluções disponíveis no domínio público e cujos materiais são devidamente distribuídos, em versões nossas mas atribuídas aos autores originais, através da nossa página *web* principal. A versão em português deste artigo é a versão original e foi escrita seguindo as normas do acordo ortográfico em vigor. A versão em inglês foi traduzida pelo próprio autor.

The tools presented and described here are solutions available in the public domain, and the materials are duly distributed, in our own versions, but attributed to the original authors, through our main website. The English version was translated by the author himself.

Sugestões de Leitura

Reading Recommendations

Por Equipa do Capítulo Português de Educação do IEEE · By Portuguese IEEE Education Society Chapter

doi: 10.5281/zenodo.18916721



On Revision: The Only Writing That Counts

William Germano

University of Chicago Press, 2021

978-0226410654

Se alguma vez olhou para um primeiro rascunho confuso e se questionou como avançar, *On Revision: The Only Writing That Counts*, de William Germano, é uma obra que muda completamente as regras do jogo. Ao integrar a excelente série de livros "Chicago Guides to Writing, Editing, and Publishing", este livro oferece uma profunda mudança de perspetiva para escritores de todos os níveis. O que distingue este guia é o método de Germano, no qual rever não é apenas corrigir gralhas, cortar palavras ou andar à busca de erros gramaticais. Ao invés, ele trata a revisão como um verdadeiro ato de escrever. Com base em décadas de experiência como professor, autor e editor veterano na área da publicação, Germano desafia o leitor a dar um passo atrás em relação ao seu próprio trabalho e a relê-lo como se não o tivesse escrito.

Enquanto muitos manuais de escrita se concentram na revisão de texto para obter maior concisão, Germano ensina-nos a lidar com a tarefa muito mais difícil da revisão estrutural. Ele ajuda-nos a repensar a base do nosso argumento, a compreender a nossa própria estrutura e a garantir que estamos realmente a guiar o leitor conosco. Um dos aspetos mais brilhantes do livro é o seu conselho sobre como ouvir a nossa própria voz na escrita. O autor orienta-nos a descobrir o que o nosso texto realmente quer dizer, em vez daquilo que originalmente o forçámos a dizer durante a fase de rascunho.

Apesar de lidar com conceitos estruturais complexos, o livro permanece simplesmente prático, lendo-se como um ensaio reflexivo sobre a tarefa do escritor. Germano é perspicaz, generoso e escreve com o tipo de clareza que torna a leitura do livro um verdadeiro prazer. Quer seja um estudante de mestrado ou doutoramento a fazer a sua dissertação, um académico à procura de publicação, um aluno a tentar melhorar os seus relatórios, ou um escritor criativo a debater-se com um manuscrito, este livro fornece as ferramentas para elevar a sua escrita de meramente boa a inegavelmente concluída. Muda fundamentalmente a forma como pensamos sobre o processo criativo.

If you have ever stared at a messy first draft and wondered how to move forward, William Germano's On Revision: The Only Writing That Counts is an absolute game-changer. Part of the excellent Chicago Guides to Writing, Editing, and Publishing series, this book offers a profound shift in perspective for writers of all levels. What sets this guide apart is Germano's core philosophy that revising isn't just about fixing typos, trimming words, or hunting down grammatical errors. Instead, he treats revision as the actual act of writing. Drawing on his decades of experience as a professor, author, and veteran publishing editor, Germano challenges you to step back from your work and re-read it as if you didn't write it.

While many writing manuals focus on line-editing for concision, Germano teaches you how to tackle the much harder task of structural revision. He helps you rethink the foundation of your argument, understand your architecture, and ensure you are actually taking your reader along with you. One of the most brilliant aspects of the book is his advice on how to listen to your own writing voice. He guides you to figure out what your text actually wants to say, rather than what you originally forced it to say during the drafting phase.

Despite dealing with complex structural concepts, the book remains deeply practical while reading like a thoughtful essay on the writer's task. Germano is witty, generous, and writes with the kind of clarity that makes the book a genuine pleasure to read. Whether you are a dissertating graduate student, an academic looking to get published, a student trying to improve your essays, or a creative writer wrestling with a manuscript, this book provides the tools to get your writing from merely good to undeniably done. It fundamentally changes the way you think about the creative process.

Se está no mundo da escrita académica como falante não-nativo de inglês, *Writing in English at University: A Guide for Second Language Writers*, de Cecilia Wadsö-Lecaros, Ellen Turner e Satu Manninen, é uma ajuda indispensável. Este livro foi originalmente concebido para apoiar o curso online (MOOC) com o mesmo nome, mas funciona perfeitamente por si só como um manual altamente prático. O que torna esta obra particularmente valiosa é a sua profunda compreensão dos desafios enfrentados por quem escreve em inglês como segunda língua. Ao invés de simplesmente citar regras gramaticais estritas, as autoras desmistificam as convenções do inglês de nível mais académico. Tratam a escrita académica não como um talento inato, mas como um género específico e estruturado, tornando qualquer pessoa capaz de dominar assim que compreenda os seus mecanismos subjacentes.

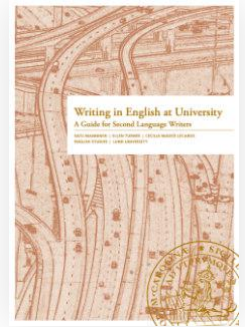
Este livro é perfeito para separar os elementos fundamentais dos textos académicos, guiando os leitores ao longo de toda a viagem, desde a interpretação de uma tarefa difícil até às fases finais de edição e revisão. As autoras dão grande ênfase à estrutura de um artigo, mostrando aos alunos exatamente como organizar os seus argumentos, como formular teses fortes e utilizar eficazmente estruturas estabelecidas (como a IMRaD para trabalhos de investigação). Um dos aspetos mais esclarecedores é a forma como lidam com o uso de fontes externas: em vez de simplesmente explicar os mecanismos para evitar o plágio, fornecem conselhos subtis sobre o uso de verbos para reportar com uma voz confiante.

Além do seu foco na estrutura e nas fontes, oferece conselhos úteis sobre o registo, o tom e os detalhes mais próprios do estilo académico. As autoras abordam diretamente dificuldades comuns para quem não tem inglês como língua materna, como escolher entre a voz ativa e a passiva, compreender quando é que o uso da primeira pessoa é apropriado num contexto académico e dominar a pontuação do inglês. Uma vez que o livro foi desenvolvido num ambiente universitário, especificamente para estudantes que trabalham em relatório e documentos finais de curso, cada capítulo torna-se relevante e prático. O tom é encorajador, em vez de prescritivo, tornando a leitura acessível e motivadora. Quer seja um estudante de licenciatura à procura de como se envolver neste estilo de redação ou alguém mais experiente a melhorar a sua tese, esta obra oferece a orientação clara e prática necessária para escrever com confiança, em inglês.

*If you are within the world of academic writing as a non-native English speaker, *Writing in English at University: A Guide for Second Language Writers* by Cecilia Wadsö-Lecaros, Ellen Turner, and Satu Manninen, is an indispensable companion. This book was originally designed to support their massive open online course (MOOC) of the same name, but it stands entirely on its own as a comprehensive and highly practical handbook. What makes this text particularly valuable is its deep understanding of the unique challenges faced by second-language writers. Rather than simply listing rigid grammatical rules, the authors demystify the often-intimidating conventions of university-level English. They treat academic writing not as an innate talent, but as a specific, structured genre that anyone can master once they understand its underlying mechanics.*

The book is perfect in breaking down the foundational elements of academic texts, guiding readers through the entire journey from interpreting a difficult assignment to the final stages of editing and also proofreading. The authors place a strong emphasis on the architecture of a paper, showing students exactly how to organize their arguments, formulate strong thesis statements, and effectively use established frameworks like the IMRaD (Introduction, Methods, Results, and Discussion) structure for research papers. One of the most illuminating aspects of their approach is how they tackle the integration of outside sources. Instead of merely explaining the mechanics of avoiding plagiarism, they provide nuanced advice on using reporting verbs to establish a confident authorial voice. They demonstrate how relying on the same few verbs can make a text feel dull or vague, offering practical strategies to ensure the student's own ideas remain distinct from the research they are citing.

Beyond its focus on structure and sources, the guide offers incredibly useful advice on register, tone, and the finer mechanics of academic style. The authors directly address common difficulties for non-native speakers, such as choosing between the active and passive voice, understanding when the use of first-person pronouns is appropriate in an academic context, and mastering standard English punctuation. Because the book was developed in a university environment specifically for students working on active essays and degree projects, every chapter feels highly relevant and immediately applicable. The tone is encouraging rather than prescriptive, making it an accessible and empowering read. Whether you are an undergraduate trying to understand the basic expectations of a university essay or a graduate student refining a thesis, this handbook provides the clear, practical guidance needed to write with clarity and confidence in a second-language environment.



Writing in English at University : A Guide for Second Language Writers

Cecilia Wadsö-Lecaros,
Ellen Turner, Satu
Manninen

University of Lund, 2020

978-91-89213-14-2



**Vultos da
Electrotecnia e da
Computação: Uma
Viagem Histórica do
século XVIII ao
século XXI**

Francisco Vaz, Pedro Guedes
de Oliveira

Edições Afrontamento,
2025

978-972-36-2065-8

Esta é a nossa primeira sugestão de um livro em português, mas a sua relevância supera essa *limitação*. Falamos de *Vultos da Electrotecnia e da Computação: Uma Viagem Histórica do Século XVIII ao Século XXI*, que numa compilação da autoria de Francisco Vaz e de Pedro Guedes de Oliveira conseguiram juntar biografias de 42 personalidades nascidas entre meados dos séculos XVIII e o século XXI, escritas por 28 académicos convidados. É uma obra singular, que merece uma atenção particular e onde se nota um tom sempre muito próxima à vida e obra de cada personalidade retratada, pela voz de quem, algures na sua vida pessoal e profissional, sentiu a relevância do biografado.

Alguns destes homens e mulheres aqui retratados foram cientistas ou engenheiros com formação académica, mas também muitos outros foram pessoas sem tais qualificações, dotadas de um forte espírito inventivo e inovador, que lhes permitem, aqui, partilhar a mesma morada descritiva. Todas estas personalidades, ainda que com diferentes características de formação, foram capazes de construir uma sólida base científica e experimental que permitiu a criação de indústrias, serviços e sistemas que hoje fazem parte do nosso dia-a-dia.

É assim impactante ler este livro e consumi-lo aos poucos para que as várias vidas aqui retratadas possam ser bem apreciadas. Cada biografia, para além de ser escrita por uma pessoa diferente, é acompanhada da sua própria experiência interseçada pelos retratados e como novos trabalhos continuam a ser feitos com base nas mesmas origens. É este o valor que a educação fornece, pela saudável transmissão de conhecimento e pela inspiração que poderá influenciar novas gerações.

This is our first book suggestion in Portuguese, but its relevance surpasses this limitation. We are talking about Figures of Electrotechnics and Computing: A Historical Journey from the 18th to the 21st Century (translated title), a compilation by Francisco Vaz and Pedro Guedes de Oliveira that brought together biographies of 42 personalities born between the mid-18th and 21st centuries, written by 28 invited academics. It is a unique work that deserves particular attention and where one notices a tone that is always very close to the life and work of each personality portrayed, through the voice of someone who, at some point in their personal and professional life, felt the relevance of the person being biographed.

Some of the men and women portrayed here were scientists or engineers with academic training, but many others were also people without such qualifications, endowed with a strong inventive and innovative spirit, which allows them to share the same descriptive space. All these personalities, despite having different backgrounds, were able to build a solid scientific and experimental foundation that allowed the creation of industries, services, and systems that are now part of our daily lives.

It is so impactful to read this book and consume it little by little so that the diverse lives portrayed here can be fully appreciated. Each biography, in addition to being written by a different person, is accompanied by their own experience intersected with those portrayed, and how new works continue to be done based on the same origins. This is the value that education provides, through the healthy transmission of knowledge and the inspiration that can influence new generations.

Se a sua cabeça salta constantemente de uma tarefa para outra durante o dia e se raramente sente que está a fazer progressos significativos nos seus projetos mais importantes, o livro *Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World* de Cal Newport, é exatamente o que tem de ler. Vivemos numa era em que as notificações de telemóvel, os *feeds* das redes sociais (o *scroll* infinito) e dezenas de separadores abertos de um *browser* quebram constantemente a nossa atenção. Newport, professor de ciência da computação na Universidade de Georgetown, oferece um poderoso antídoto para esta epidemia moderna. Define o trabalho profundo como a arte perdida de se concentrar, sem distrações, numa tarefa cognitivamente exigente. Em vez de simplesmente dizer para trabalhar mais, Newport explica a ciência da produtividade e leva-o a treinar o seu cérebro a concentrar-se numa única coisa de cada vez.

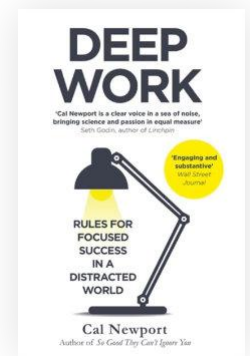
O livro está engenhosamente dividido em duas secções práticas e que o guiam da teoria a uma execução imediata. A primeira metade explora o conceito de trabalho profundo, explicando-o e às diferentes formas de o abordar. A segunda metade funciona como um manual prático de execução, com regras e métodos para tornar o trabalho profundo uma prática regular e habitual na sua vida, de forma a que possa colocar as suas teorias em algo real e palpável. Newport aborda os *assassinos ocultos* da produtividade que muitas vezes ignoramos, como o conceito de "resíduo de atenção", mostrando que mudar o foco, mesmo que brevemente para uma nova tarefa, pode prejudicar seriamente o desempenho pretendido. O autor desafia igualmente os leitores a fazer o trabalho maçador de abraçar o tédio — ou, como alguns leitores preferem chamar, abraçar a simplicidade — ao invés de recorrerem imediatamente a um ecrã no momento em que há uma pausa durante o dia.

Em última análise, *Deep Work* é um guia essencial para qualquer pessoa que queira trabalhar de forma mais inteligente e evitar o fluxo interminável de distrações modernas. Fornece uma estrutura vital para retomar o controlo do seu tempo e da sua capacidade cognitiva. Quer seja um empreendedor a tentar expandir o seu negócio, um profissional criativo a trabalhar num projeto exigente ou simplesmente alguém cansado do ruído constante do mundo digital, as estratégias de Newport oferecem um caminho comprovado para alcançar o sucesso com foco. Ao aprender a ignorar as distrações e a comprometer-se com um foco profundo e ininterrupto, poderá finalmente produzir o tipo de resultado significativo que realmente importa.

If your mind constantly bounces from task to task all day and you rarely feel like you are making meaningful progress on your most important projects, Cal Newport's Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World is exactly what you need to read. We live in an era where phone notifications, social media feeds, and dozens of open browser tabs constantly fracture our attention. Newport, a computer science professor at Georgetown University, offers a powerful antidote to this modern epidemic. He defines deep work as the lost art of focusing without distraction on a cognitively demanding task. Rather than simply telling you to work harder, Newport explains the science of productivity, and teaches you to train your brain to embrace one single thing at a time.

The book is thoughtfully divided into two highly practical sections that guide you from theory to immediate execution. The first half explores the fundamental concept of deep work, explaining what it is and the different ways to approach it. The second half acts as an execution manual, providing actionable rules and methods to make deep work a regular, habitual practice in your own life so you can put his theories right into action. Newport tackles the hidden productivity killers we often ignore, such as the concept of "attention residue," which explains how shifting your focus even briefly to a new task can severely impair your performance. He also challenges readers to do the uncomfortable work of embracing boredom—or as some readers prefer to call it, embracing simplicity—rather than immediately reaching for a screen the moment there is a pause in the day.

Ultimately, Deep Work is an essential guide for anyone who wants to work smarter and avoid the endless stream of modern distractions. It provides a vital framework for taking back control of your time and your cognitive bandwidth. Whether you are an entrepreneur trying to scale your business, a creative professional working on a demanding project, or simply someone who is tired of the constant digital noise, Newport's strategies offer a proven path to achieving focused success. By learning to tune out the distractions and commit to deep, uninterrupted focus, you can finally produce the kind of meaningful output that truly matters.



Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World

Carl Newport

Piatkus, 2016

978-0349411903



Teaching Engineering

Phillip C. Wankat,
Frank S. Oreovicz

Purdue University Press,
2015

978-1-61249-561-9

Em *Teaching Engineering*, os autores Phillip C. Wankat e Frank S. Oreovicz abordam uma lacuna crítica na academia: a realidade de que, embora os professores de engenharia sejam fortes na investigação, muitas vezes recebem pouca a nenhuma instrução sobre como realmente ensinar. Este livro é um manual, prático e essencial, escrito principalmente para estudantes de doutoramento e professores de todas as disciplinas de engenharia. Enquanto estudantes, não experienciamos o *stress* ao entrar numa sala de aula, mas é facilmente imaginável a imensa pressão que um professor enfrenta ao equilibrar a investigação científica com a tarefa assustadora de conceber um primeiro curso (veja-se o *cartoon* desta edição). Esta obra oferece uma abordagem estruturada e altamente pragmática para entrar no contexto de sala de aula. Reconhecendo este pesadelo, fornece passos práticos para o evitar, concentrando-se igualmente na eficácia do ensino e na eficiência profissional.

O ponto forte deste livro está no seu estilo completamente prático, do *como fazer*, que se baseia em princípios de aprendizagem comprovados, em vez de apresentar apenas reflexões filosóficas abstratas. Os autores guiam os leitores ao longo de todo o ciclo de vida da educação, desde os detalhes minuciosos do desenvolvimento de um plano de estudos e da seleção bibliográfica, até conceitos mais amplos, como o fomento da criatividade e das competências de resolução de problemas dos alunos. Este livro possui secções sobre processos de acreditação, o uso de *flipped classroom*, o *problem-based learning* e a integração de tecnologias mais contemporâneas, como *wikis* e plataformas de vídeo. Ao tratar o ensino com a mesma abordagem rigorosa e estruturada que os engenheiros aplicam aos problemas técnicos, Wankat e Oreovicz tornam a pedagogia mais acessível e prática.

Em última análise, *Teaching Engineering* é mais do que um mero guia de sobrevivência para novos professores; é um catalisador para uma melhoria ao longo da carreira. O texto defende com sucesso que o ensino é uma competência complexa e cumulativa, e que tornar-se um educador eficiente, na verdade, liberta tempo valioso para a investigação e inclusive para as atividades pessoais. Quer seja um estudante de pós-graduação que ambiciona uma carreira académica ou um professor experiente que procura atualizar os seus métodos com abordagens de aprendizagem ativa, este livro é um recurso inestimável. É uma leitura altamente recomendada para qualquer pessoa empenhada em elevar a qualidade do ensino da engenharia e em envolver eficazmente a próxima geração de estudantes de engenharia diversificados e não tradicionais.

In their comprehensive guide, Teaching Engineering, authors Phillip C. Wankat and Frank S. Oreovicz address a critical gap in academia: the reality that while engineering professors are heavily trained in research, they often receive little to no instruction on how to actually teach. This book serves as an essential manual written primarily for PhD students and professors across all engineering disciplines. As students, we don't experience the stress of stepping into a lecture hall, but it is easily understandable the immense pressure educators face when balancing rigorous research with the daunting task of designing a first course. This text validates those concerns by offering a structured and highly pragmatic approach to entering the classroom. It acknowledges the daunting new professor horror show and provides actionable steps to avoid it by focusing equally on teaching effectiveness and professional efficiency.

The core strength of this book lies in its thoroughly practical, how-to-do-it style, which is grounded in proven learning principles rather than just abstract philosophical musings. The authors navigate readers through the entire lifecycle of education, from the granular details of developing a syllabus and selecting textbooks to broader concepts like fostering student creativity and problem-solving skills. Notably, it features sections on ABET accreditation, the flipped classroom, problem-based learning, and the integration of contemporary technology like wikis and video platforms. By treating teaching with the same rigorous, structured approach that engineers apply to technical problems, Wankat and Oreovicz make pedagogy accessible and actionable.

Ultimately, Teaching Engineering is more than just a survival guide for new faculty; it is a catalyst for career-long improvement. The text successfully argues that teaching is a complex, learnable skill, and that becoming an efficient educator actually frees up valuable time for research and personal pursuits. Whether you are a graduate student anticipating an academic career or a seasoned professor looking to refresh your methods with active learning strategies, this book is an invaluable asset. It is a highly recommended read for anyone committed to elevating the quality of engineering education and effectively engaging the next generation of diverse, non-traditional engineering students.

O Guia para o Corpo de Conhecimento em Engenharia de *Software* (SWEBOK), desenvolvido pela IEEE Computer Society, define uma visão consensual do conhecimento essencial da engenharia de *software*. Serve como referência para estudantes, investigadores e profissionais, ajudando a estabelecer um entendimento comum da disciplina, a clarificar os seus limites e a apoiar a educação e certificação.

Desde a sua origem no início dos anos 2000, o SWEBOK tem evoluído acompanhando os avanços da indústria, da tecnologia e da educação. A versão de 2014 (Versão 3) representou um marco importante no reconhecimento da engenharia de *software* como uma disciplina de engenharia formal.

A nova Versão 4 tem como objetivo melhorar a clareza, relevância e usabilidade. Está estruturada em 18 Áreas de Conhecimento (KAs), cada uma descrevendo processos, práticas, ferramentas e técnicas essenciais, além de apêndices de apoio que incluem normas e referências.

Todas as Áreas de Conhecimento foram atualizadas para refletir práticas modernas, destacando-se a adoção generalizada de Agile e DevOps ao longo do ciclo de vida do *software*. Adicionalmente, tecnologias emergentes como inteligência artificial (IA), aprendizagem automática (ML) e internet das coisas (IoT) foram integradas na estrutura.

Para responder às necessidades crescentes da indústria, foram introduzidas três novas Áreas de Conhecimento: Arquitetura de *Software*, Segurança de *Software* e Operações de Engenharia de *Software*. No geral, o SWEBOK V4 representa um passo importante na evolução contínua da profissão de engenharia de *software*.

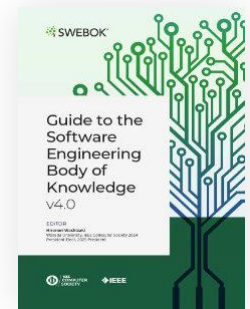
The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), developed by the IEEE Computer Society, defines a consensus-based view of the core knowledge in software engineering. It serves as a reference for learners, researchers, and practitioners, helping establish a shared understanding of the discipline, clarify its boundaries, and support education and certification.

Since its origins in the early 2000s, SWEBOK has evolved alongside advances in industry, technology, and education. The 2014 release (Version 3) marked a key milestone in recognizing software engineering as a formal engineering discipline.

The new Version 4 aims to improve clarity, relevance, and usability. It is structured into 18 Knowledge Areas (KAs), each describing essential processes, practices, tools, and techniques, along with supporting appendices covering standards and references.

All KAs have been updated to reflect modern practices, notably the widespread adoption of Agile and DevOps across the software lifecycle. Additionally, emerging technologies such as AI, machine learning, and IoT are now integrated into the framework.

To address growing industry needs, three new Knowledge Areas have been introduced: Software Architecture, Software Security, and Software Engineering Operations. Overall, SWEBOK V4 represents an important step forward in the continued maturation of the software engineering profession.



**Guide to the
Software
Engineering Body of
Knowledge
(SWEBOK Guide),
Version 4.0**

IEEE Computer Society

IEEE Computer Society
Press, 2024

978-0769500003

Conferências apoiadas pela Secção Portuguesa

Portugal Section Supported Conferences

IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)

Barcelos, Braga, Portugal

22 a 23 de abril de 2026 · April 22nd to 23rd, 2026

Webpage: <https://icarsc.pt>



IEEE Communication Theory Workshop (CTW)

São Miguel, Açores, Portugal

17 a 20 de maio de 2026 · May 17th to 20th, 2026

Webpage: <https://ctw2026.ieee-ctw.org>

31st IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)

Vilamoura, Faro, Portugal

23 a 26 de junho de 2026 · June 23rd to 26th, 2026

Webpage: <https://ieee-iscc.computer.org/2026>



26th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)

EEEIC
2026
LISBOA

Lisboa, Portugal
29 de junho a 2 de julho de 2026 · June 29th to July 2nd, 2026

Webpage: <https://eeeic.net>

IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (I&CPS Europe)

Lisboa, Portugal

29 de junho a 2 de julho de 2026 · June 29th to July 2nd, 2026

Webpage: <https://eeeic.net>



International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)

SeGAH
26

Rio de Janeiro, Brasil · Brazil
29 a 31 de julho de 2026 · July 29th to 31st, 2026

Webpage: <https://segah.org/2026>



IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)

Singapura · Singapore

1 a 4 de setembro de 2026 · September 1st to 4th, 2026

Webpage: <https://pimrc2026.ieee-pimrc.org>



23rd Annual International Conference on Body Sensor Networks (BSN)

Porto, Portugal

10 a 12 de outubro de 2026 · October 10th to 12th, 2026

Webpage: <https://bsn.rmbs.org/2026>



IEEE Future Networks World Forum (FNWF)

Lisboa, Portugal

20 a 23 de outubro de 2026 · October 20th to 23rd, 2026

Webpage: <https://fnwf2026.ieee.org>



12th IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)

Porto, Portugal

27 a 30 de outubro de 2026 · October 27th to 30th, 2026

Webpage: <https://dei.fe.up.pt/ieee-isc2-2026>



1st IEEE Annual Integrated Sensing and Communication Conference (ISAC)

Lisboa, Portugal

16 a 18 de novembro de 2026 · November 16th to 18th, 2026

Webpage: <https://isac2026.isac-ieee.org>



14th International Conference on Systems and Control (ICSC)

Porto, Portugal

16 a 18 de dezembro de 2026 · December 16th to 18th, 2026

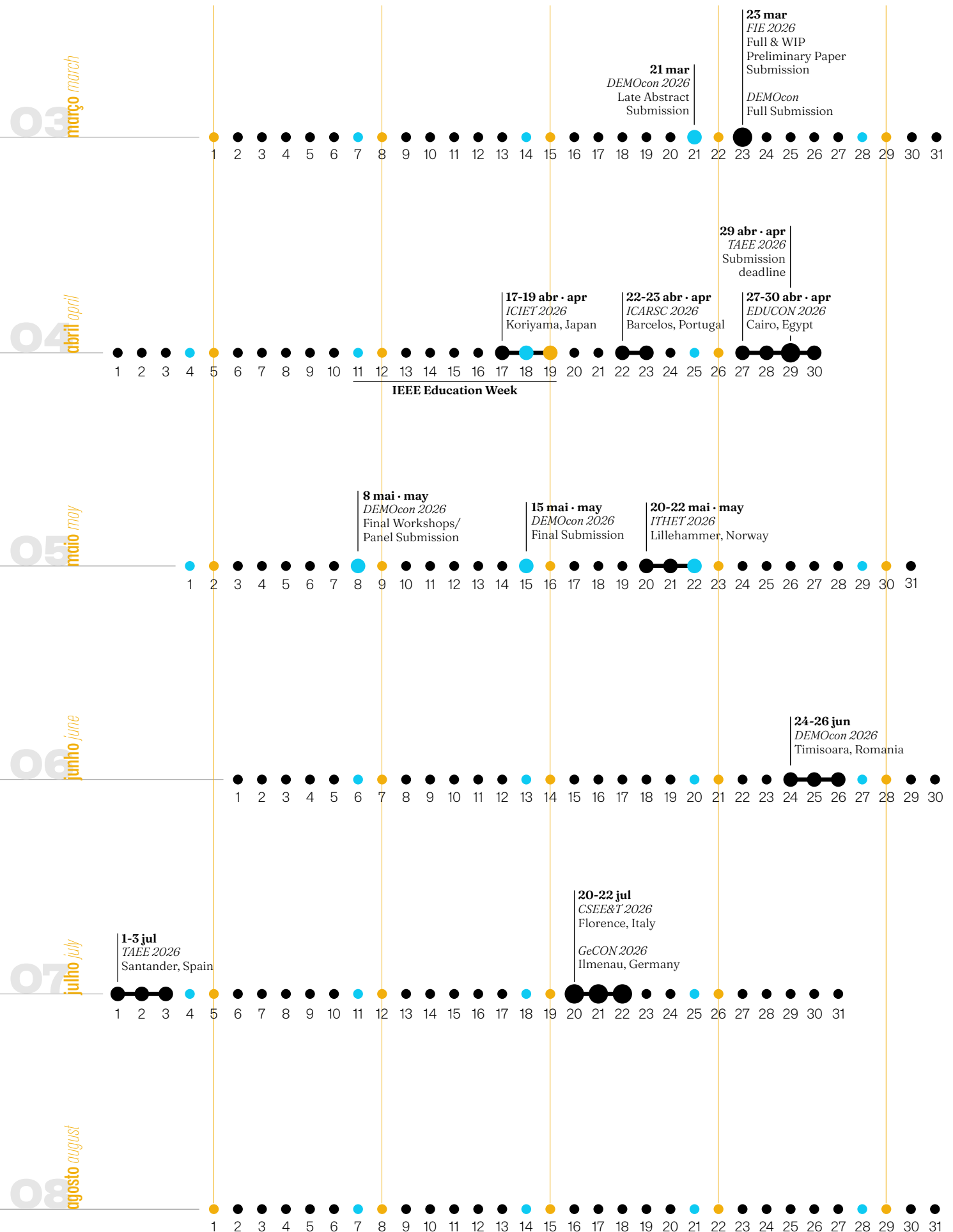
Webpage: <https://icsc.conference.univ-poitiers.fr>



2025 Second IEEE Portugal Section ExCom Meeting
Politécnico de Leiria, Portugal



Agenda



Call for Abstracts

Important Dates

February 2, 2026

Full & Work-in-Progress Paper Abstract Submission Deadline

February 13, 2026

Full & Work-in-Progress Paper Abstract Acceptance Notification

February 23, 2026

Alternative Session Proposal Deadline

March 13, 2026

Alternative Session Proposal Acceptance Notification

March 23, 2026

Full & Work-in-Progress Preliminary Paper Submission Deadline

May 4, 2026

Alternative Session Paper Submission Deadline

May 8, 2026

Notification of Full & Work-in-Progress Paper Revision Requirements and Acceptance Notification

May 22, 2026

Alternative Session Paper Acceptance Notification

June 15, 2026

Revised Full & Work-in-Progress Paper Submission Deadline

June 29, 2026

Alternative Session Revised Paper Submission Deadline

July 10, 2026

Final Acceptance Notification for all Paper and Session Types

July 20, 2026

Final Camera-Ready Paper Submission for all Paper and Session Types & Copyright Deadline

* Orange-highlighted dates apply exclusively to the Main Track

* Green-highlighted dates are dedicated to the Alternative Track

* Blue-highlighted dates are shared across all track

Conference Theme: Engineering and Computing Education in the Large Language Model Era

We encourage authors to consider the FIE 2026 theme for submissions.

The conference features peer-reviewed papers (Work-in-Progress (WIP) and Full papers), special sessions, pre-conference workshops, and panels across all engineering and computing education disciplines.

Authors are invited to submit Extended Structured Abstracts for the Full and WIP tracks, and Proposals for Alternative Session tracks (workshops, panels, special sessions).

The main tracks (along with some examples) as well as submission instructions for the FIE 2026 conference are listed on the conference website at fie-conference.org/2026.

FIE welcomes Full Papers up to nine-pages and Work-in-Progress Papers up to five-pages. The work-in-progress and full papers can be categorized into the following categories:

1. Innovative practice
2. Research to practice
3. Research

Work-in-progress papers are typically in frontier areas where it is understood the work is in an early or intermediate stage and authors are seeking feedback from the community. Further, FIE welcomes proposals for panels, pre-conference workshops, and special sessions in order to disseminate scholarly efforts in non-traditional ways.

Abstract submission deadline: January 26, 2026.

FIE 2026 is scheduled as an in-person meeting on October 11-14, 2026.

For each accepted paper, one author must register and participate in the conference.

Sponsors



Submeta o seu trabalho *Submit your work*

Procuramos conteúdos que explorem a relação entre Engenharia e Educação, dentro das seguintes categorias.

We welcome submissions that explore the relation between Engineering and Education across the following categories.

- **Opinião** *Opinion*
- **Experiências Pedagógicas** *Pedagogical Experiments*
- **Propostas de Colunas** *Column Proposals*
- **Sumários de Artigos** *Scientific Article Summaries*
- **Outras Propostas** *Other Proposals*

O foco da nossa publicação está nos seguintes tópicos:
The focus of our publication is in the following topics:

- **Recomendações de Curricula** *Curricula Guidelines*
- **Inclusão** *Inclusion*
- **Educação na Indústria** *Education in Industry*
- **Aprendizagem ao Longo da Vida** *Lifelong Learning*
- **Inovação Pedagógica** *Pedagogical Innovation*

Saiba mais através na página oficial, através do seguinte código QR.

Know more about it on our official page, through the following QR code.



O Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE

*The IEEE Education Society
Portuguese Chapter*


**IEEE Education Society
Portuguese Chapter**

