

DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

PARA A INDÚSTRIA DA MICROELETRÓNICA E OS
ECOSSISTEMAS REGIONAIS

Janeiro 2026



Ficha Técnica

Título: Desenvolvimento de Competências para a Indústria da Microeletrónica e os Ecossistemas Regionais

Entidade Promotora:

INOVA-RIA – Associação de Empresas para uma Rede de Inovação em Aveiro
Parque de Exposições de Aveiro
Av. Dom Manuel de Almeida Trindade
3810-488 Aveiro
Tel: +351 234 384 218
Email: geral@inova-ria.pt
Website: www.inova-ria.pt

Entidade Responsável pela Elaboração:

CrossLink Consulting Lda.
Rua do Cabeço das Moiras, nr 42, 3810-901, Oliveirinha
Email: crosslinkconsulting.lda@gmail.com

Tipo de documento: Estudo Estratégico de Desenvolvimento de competências para a Indústria da Microeletrónica

Objetivo do Estudo: Identificar, caracterizar e analisar as competências essenciais para o desenvolvimento da indústria da microeletrónica e dos semicondutores em Portugal, avaliando o alinhamento entre a oferta formativa, as necessidades do tecido empresarial e as dinâmicas dos ecossistemas regionais de inovação. O estudo visa ainda apoiar a definição de políticas públicas, estratégias regionais e instrumentos de capacitação que reforcem a competitividade, a autonomia tecnológica e a integração de Portugal nas cadeias de valor europeias do setor.

Número de páginas: 50

Idioma: Português (PT)

Público-Alvo: Decisores políticos, organismos da Administração Pública, autoridades regionais, agências de inovação, universidades, investidores e *stakeholders* do setor tecnológico.

Equipa Técnica:

Coordenação e Elaboração Técnica:
Consultores especializados em inovação, políticas públicas e desenvolvimento de competências.

Colaboração Técnica:
Especialistas em microeletrónica, sistemas eletrónicos e ecossistemas de inovação.

Colaboração Institucional:
INOVA-RIA – Associação de Empresas para uma Rede de Inovação em Aveiro, e entidades do ecossistema científico, tecnológico e empresarial.

Período de Execução: dezembro 2025 e janeiro 2026

Local de Produção: Aveiro, Portugal

Financiamento: Cofinanciamento no âmbito do projeto Agenda Microeletrónica, financiado pelo PRR – Recuperar Portugal

Formato: PDF

Declaração de Utilização: O presente documento destina-se a apoiar a definição de estratégias, políticas públicas e iniciativas de capacitação no domínio da microeletrónica e dos semicondutores. A sua utilização é permitida para fins institucionais, estratégicos e de planeamento, desde que devidamente citada a fonte.

A reprodução total ou parcial do conteúdo para fins comerciais carece de autorização prévia da entidade promotora.

ÍNDICE

Glossário Técnico.....	3
1 Resumo Executivo	4
2 Introdução	5
3 Panorama do Setor.....	6
4 A Cadeia de Valor e as Tendências Tecnológicas	7
5 Mapeamento de Ocupações e Funções	8
6 Competências-Chave.....	9
6.1 Competências Técnicas Específicas	10
6.2 Competências Transversais	11
6.3 Relação entre perfis e competências na cadeia de valor.....	11
6.4 Síntese e enquadramento estratégico.....	13
7 Análise de Lacunas de Competências.....	14
8 O desenvolvimento de competências nas Instituições de Ensino Superior	15
8.1 Diagnóstico e Desafios Atuais	15
8.2 Envolvimento dos Níveis de Ensino e Atratividade da Área.....	16
8.3 Formação Técnica e Diversificação de Perfis	18
8.4 Articulação e Cooperação Institucional	18
9 Ligação entre Competências e Ecossistemas Regionais.....	19
9.1 Caracterização de Ecossistema Regional	19
9.2 Mapeamento de Competências e Atores Locais	20
9.3 Articulação com a Estratégia RIS3	20
9.4 Recomendações para o Fortalecimento dos Ecossistemas Regionais	21
9.5 O exemplo da Região Centro	22
10 Metodologia para a Identificação e Atualização de Competências na Microeletrónica.....	24
10.1 Objetivos da Metodologia.....	24
10.2 Princípios Orientadores.....	25
10.3 Abordagem Metodológica	25
10.4 Ferramentas e Instrumentos de Apoio.....	26
10.5 Análise Comparativa e Benchmarking Internacional	27
10.6 Síntese e Benefícios Esperados	29
11 Análise territorial e de competências	30
12 Plano de Ação.....	32
13 Conclusão	36
14 Referências Bibliográficas.....	37
Anexo A	38
Anexo B	43

Glossário Técnico

3D-IC	Three-Dimensional Integrated Circuit
CEDEFOP	Centro Europeu para o Desenvolvimento da Formação Profissional
CSV	Formato de ficheiro: <i>Comma-Separated Values</i>
DFT	Design for Testability
DGEEC	Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência
EDA	Electronic Design Automation
EIS	European Innovation Scoreboard
EMS	Electronics Manufacturing Services
ESCO	European Skills, Competences, Qualifications and Occupations
FPGA	Field-Programmable Gate Array
GaN	Gallium Nitride
IES	Instituições de Ensino Superior
IPCEI	Important Project of Common European Interest
MES	Manufacturing Execution System
O*NET	Occupational Information Network
OSAT	Outsourced Semiconductor Assembly and Test
RAIDES	Registo de Alunos Inscritos e Diplomados do Ensino Superior
RIS3	Research and Innovation Strategy for Smart Specialisation
SIA	Semiconductor Industry Association
SiC	Silicon Carbide
SiP	System-in-Packaging
SPC	Statistical Process Control
SPICE	Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TRLs/MRLs	Technology Readiness Level/Manufacturing Readiness Level
VHDL	VHSIC Hardware Description Language
VHSIC	Very High Speed Integrated Circuit
WEF	World Economic Forum

1 Resumo Executivo

O setor da microeletrónica e dos semicondutores desempenha um papel estratégico para a autonomia tecnológica da Europa e para a competitividade económica das regiões que nele investem.

Este documento apresenta uma análise metodológica abrangente das competências do ecossistema do setor, avaliando a cadeia de valor, a maturidade formativa, as necessidades emergentes e os desafios enfrentados por instituições de ensino, empresas e entidades públicas.

O estudo identifica lacunas críticas na disponibilidade de perfis avançados, na oferta formativa ainda dispersa e dissociada dos interesses da indústria e na forte concorrência internacional pelo talento. Simultaneamente, evidencia bases sólidas para o crescimento, assentes na qualidade das instituições portuguesas de ensino superior, no potencial científico-tecnológico e nos investimentos previstos no Chips Act e em programas nacionais e regionais, neste último caso com destaque para a Região Centro.

A metodologia proposta combina análise documental, recolha de dados direta por inquérito, mapeamento de competências, benchmarking internacional, análise territorial e um exercício de validação técnica que permite alinhar o quadro nacional com referenciais reconhecidos como o ESCO e o European Chips Skills Framework.

Entre as principais conclusões, realça-se a necessidade de reforçar a articulação entre ensino, investigação e indústria; expandir as formações avançadas em *design*, fabrico, teste e integração de sistemas; e criar mecanismos de atualização contínua de competências.

A Região Centro ilustra bem esta dinâmica através do lançamento da Estratégia Regional para os Semicondutores e Microeletrónica, reunindo massa crítica académica, uma comunidade tecnológica diversificada e condições favoráveis à criação de um polo nacional de microeletrónica, desde que apoiado por políticas de capacitação, infraestruturas adequadas e estratégias eficazes de atração de talento.

Em síntese, **o documento fornece uma base robusta para o planeamento estratégico de desenvolvimento de competências, contribuindo para orientar decisões públicas e privadas, apoiando investimentos estruturantes e contribuindo para posicionar Portugal de forma competitiva nas cadeias de valor europeias de microeletrónica.**

2 Introdução

O presente documento tem como objetivo identificar as competências essenciais para a indústria da microeletrónica e dos semicondutores em Portugal e analisar o papel dos ecossistemas regionais no reforço da sua capacidade de inovação, especialização e competitividade.

De forma estrita, a Microeletrónica que integra o domínio dos semicondutores é a área da engenharia que lida com a conceção e fabrico de componentes eletrónicos, muitos de dimensão microscópica e a sua integração em sistemas. Abrange:

- Semicondutores (Chips): processadores, memórias, sensores e outros componentes eletrónicos;
- Sistemas Embarcados: As placas de circuito impresso (PCBs) e o software que fazem o chip funcionar;
- Packaging e Integração: O encapsulamento do chip e interligação de múltiplos chips;
- Sistemas Eletrónicos Completos: O produto final (ex: uma sonda médica, um sistema de carregamento para veículos elétricos, um telemóvel).

A relevância estratégica deste setor é hoje amplamente reconhecida, dado o seu carácter transversal e o papel central que os semicondutores desempenham em praticamente todas as áreas tecnológicas — desde as comunicações e a computação até à mobilidade autónoma e elétrica, energia, saúde digital e inteligência artificial.

Num contexto de reindustrialização europeia e de crescente necessidade de autonomia estratégica em tecnologias críticas, a capacidade de conceber, produzir e integrar semicondutores e sistemas microeletrónicos avançados constitui um fator determinante para a soberania tecnológica e a resiliência económica. Portugal dispõe de um conjunto de ativos científicos, tecnológicos e empresariais que podem posicioná-lo de forma relevante nesta cadeia de valor global. Contudo, a consolidação deste posicionamento exige um investimento expressivo na qualificação de recursos humanos, bem como na adequação das competências às exigências da indústria e às tendências tecnológicas emergentes.

Assim, este estudo visa apoiar a definição e operacionalização de estratégias de desenvolvimento de competências no setor da microeletrónica, identificando tendências, necessidades e oportunidades de qualificação e formação, e reconhecendo o papel central dos ecossistemas regionais na ligação entre ciência, tecnologia e indústria.

A abordagem adotada baseia-se em referências internacionais, estudos setoriais e contributos qualificados de atores académicos e empresariais, constituindo uma base de enquadramento para o planeamento de políticas e instrumentos de capacitação a nível nacional e regional.

No âmbito da operacionalização da Estratégia para os Semicondutores e Microeletrónica da Região Centro (CCDR-C, 2025), encontra-se em curso, desde novembro de 2025, uma atividade de mapeamento da oferta formativa nas

competências do setor, bem como um levantamento das necessidades de qualificações e perfis profissionais por parte das empresas na região. Os resultados destas atividades serão particularmente relevantes para complementar o presente estudo, sendo recomendada a sua consulta assim que estiverem disponíveis, de forma a assegurar a coerência entre a análise das competências e as dinâmicas reais do mercado e da formação.

Adicionalmente, o POEMS – Centro de Competências Nacional para os Semicondutores – tem no seu plano de ação a elaboração de um estudo nacional sobre as competências do setor, pelo que será benéfico tê-lo em conta, quando concluído, para se ter uma visão alargada deste tema.

3 Panorama do Setor

A indústria dos semicondutores constitui um pilar fundamental da economia digital e da transição tecnológica, sustentando um vasto conjunto de setores - desde a inteligência artificial e a computação de alto desempenho até aos veículos elétricos, telecomunicações, defesa e dispositivos médicos inteligentes. Trata-se de um setor altamente especializado, marcado por uma enorme complexidade tecnológica, fortes barreiras à entrada e uma cadeia de valor profundamente globalizada e interdependente.

Nos últimos anos, diversas disrupções – crises geopolíticas, instabilidade logística e a pandemia de COVID-19 – expuseram vulnerabilidades críticas das cadeias de abastecimento. Estas perturbações demonstraram que nenhuma região do mundo é autosuficiente e que a produção de semicondutores depende de um ecossistema amplo e distribuído. Como resultado, aumentou a necessidade de reforçar a cooperação internacional, diversificar fontes de produção e investir de forma consistente em competências e inovação ao longo da cadeia de valor, tornando-a mais resiliente.

A Europa, que já ocupou uma posição de liderança no setor, viu a sua quota de mercado global diminuir nas últimas décadas, passando a depender fortemente da Ásia para a produção de *wafers* e materiais críticos. O European Chips Act veio reconhecer esta vulnerabilidade e traçar um caminho para reforçar a autonomia estratégica europeia. No entanto, atrair fábricas avançadas de estado da arte é apenas uma parte da solução. O fortalecimento da indústria requer uma abordagem sistémica que envolva todas as etapas da cadeia de valor — desde o *design* de circuitos e o desenvolvimento de IP (Propriedade Intelectual) até às atividades de OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test) e EMS (Electronics Manufacturing Services). Requer igualmente ecossistemas regionais fortes e articulados, capazes de integrar formação, investigação e indústria.

Em Portugal, pela Agenda da Microeletrónica, seguida pela criação da Estratégia Nacional para os Semicondutores e pela iniciativa da Região Centro, observa-se uma dinâmica crescente em torno da consolidação de um ecossistema de microeletrónica que articula instituições de ensino superior, centros de investigação e empresas tecnológicas. Esta articulação é essencial para preparar recursos humanos altamente

qualificados, estimular a transferência de conhecimento e posicionar o país como um polo emergente na cadeia de valor europeia da microeletrónica e semicondutores.

4 A Cadeia de Valor e as Tendências Tecnológicas

A cadeia de valor da microeletrónica e dos semicondutores abrange um conjunto de etapas altamente especializadas e interdependentes — desde a conceção e *design* de circuitos integrados até ao seu fabrico, teste, encapsulamento, integração e aplicação em sistemas eletrónicos complexos. Para além da produção de *chips*, inclui o *design* eletrónico avançado, a integração de sistemas embarcados, o desenvolvimento de sensores e dispositivos fotónicos e as atividades de teste e montagem que asseguram a sua aplicação em produtos finais em domínios como a automação, energia, saúde, mobilidade autónoma e elétrica, comunicações, eletrónica de consumo, aeroespacial e defesa.

Cada uma destas fases requer competências técnicas específicas e infraestruturas avançadas, bem como uma forte articulação entre investigação, engenharia e produção industrial.

Portugal posiciona-se maioritariamente nos segmentos de *design*, sistemas, packaging, teste, automação e integração, sendo as competências de fabrico avançado tratadas numa lógica de interoperabilidade europeia.

Entre as principais tendências tecnológicas que moldam atualmente a evolução do setor, destacam-se:

- A miniaturização e aumento da densidade de transístores, com avanços em nós tecnológicos abaixo dos 3 nm (nanómetros) elevando a complexidade de fabrico, exigindo novas técnicas de litografia e materiais avançados;
- A transição para arquiteturas heterogéneas e *chipselets*, promovendo maior flexibilidade e eficiência energética com ciclos de desenvolvimento mais curtos e tornando-se uma das principais vias de evolução tecnológica;
- O crescimento da fotónica integrada e dos semicondutores compostos (SiC, GaN) que ganha peso em aplicações de potência, comunicações, sensores e mobilidade elétrica, abrindo espaço a novas áreas de especialização;
- A integração entre hardware, software e sistemas ciberfísicos, potenciando a convergência entre microeletrónica, automação e inteligência artificial, exigindo perfis híbridos e competências interdisciplinares;
- A aplicação de inteligência artificial e *machine learning* ao *design* e à otimização de processos de fabrico, para além da robótica bem como ao controlo de qualidade e à manutenção preditiva;
- O reforço da sustentabilidade e eficiência energética em todo o ciclo de produção e utilização de dispositivos reduzindo o impacto ambiental e tornando-se prioridades estruturais nas políticas globais e europeias;

A evolução destas tendências tecnológicas redefine não apenas os modelos de produção e inovação, mas também o perfil de qualificações exigido ao longo de toda a cadeia de valor. À medida que os processos se tornam mais automatizados, interconectados e baseados em dados, surgem novas funções e especializações que combinam competências em microeletrónica, fotónica, materiais, software, ciência de dados e sistemas ciberfísicos.

Compreender a estrutura das ocupações e funções do setor, torna-se essencial para antecipar necessidades de qualificação e alinhar a oferta formativa às exigências tecnológicas emergentes. O capítulo seguinte apresenta esse mapeamento, identificando os principais perfis profissionais e as áreas críticas de especialização que sustentam a competitividade do ecossistema da microeletrónica e dos semicondutores.

5 Mapeamento de Ocupações e Funções

Tendo em conta a relevância estratégica do setor e a sua crescente complexidade tecnológica, é vital compreender a estrutura da força de trabalho e as funções críticas que compõem a cadeia de valor da microeletrónica e dos semicondutores.

O mapeamento de ocupações permite identificar as áreas de especialização mais relevantes, as competências emergentes e as lacunas formativas que devem ser colmatadas para assegurar a competitividade e a sustentabilidade do ecossistema nacional.

Com base na análise setorial, foram identificados os principais perfis profissionais e funções associados às diferentes etapas da cadeia de valor – desde o *design* e integração de circuitos até ao fabrico, teste, automação, *packaging* (encapsulamento), integração e gestão de sistemas eletrónicos complexos:

- *Design* e engenharia de sistemas e chips: inclui funções como engenheiro de circuitos, engenheiro eletrónico, especialista em verificação e engenheiro de FPGA. Estes profissionais dominam linguagens de descrição de hardware, ferramentas EDA e metodologias de validação e integração de sistemas digitais e analógicos.
- Fabrico e processos: engenheiro de processos, técnico de sala limpa, engenheiro de automação fabril. São responsáveis pelos processos de litografia, deposição, dopagem, controlo estatístico e manutenção de ambientes altamente regulados.
- Testes, metrologia e qualidade: engenheiro de teste, analista de fiabilidade, metrologista. Asseguram a caracterização elétrica e térmica dos dispositivos, a análise de falhas e a calibração de equipamentos, garantindo a conformidade com padrões rigorosos.
- Integração e sistemas eletrónicos: engenheiro de sistemas embarcados, especialista em encapsulamento e integração de hardware, técnico de instrumentação e calibração. Contribuem para o desenvolvimento e integração de hardware, firmware e sensores em aplicações finais.

- Gestão e suporte técnico: gestor de projeto, especialista em *supply chain*, comprador técnico. Desempenham funções essenciais para a coordenação de processos, planeamento de produção e articulação com fornecedores internacionais.
- Investigação, desenvolvimento e simulação: investigadores e engenheiros dedicados à ciência dos materiais, à modelação e simulação de dispositivos, à fotónica integrada e à integração de novos processos e tecnologias avançadas.

Este mapeamento constitui um referencial estratégico para a definição de programas de qualificação, alinhamento curricular e planeamento de políticas públicas. A compreensão clara das funções e perfis profissionais existentes — e da sua relação com as etapas da cadeia de valor — é indispensável para desenvolver um sistema coerente de competências e apoiar o crescimento de um ecossistema nacional sólido e competitivo.

6 Competências-Chave

A caracterização das principais ocupações e funções ao longo da cadeia de valor, permite compreender a diversidade de perfis que sustentam o setor e identificar as áreas onde a qualificação assume maior relevância estratégica. Num contexto de rápida evolução tecnológica e crescente complexidade e especialização da indústria da microeletrónica e dos semicondutores, torna-se essencial dispor de profissionais altamente qualificados, capazes de acompanhar as inovações, novas ferramentas, processos e modelos de integração.

Cada um destes perfis exige um conjunto próprio de competências técnicas específicas, associadas às etapas produtivas e de desenvolvimento tecnológico como são as etapas de *design*, fabrico, teste, integração e automação; e competências transversais, que asseguram a capacidade de adaptação, colaboração e qualidade no desempenho profissional em contextos altamente exigentes num setor de alta intensidade tecnológica.

O reforço destas competências, tanto em contexto académico como empresarial, é decisivo para aumentar a capacidade de inovação, melhorar a produtividade e assegurar a inserção competitiva de Portugal na cadeia de valor global da microeletrónica e dos semicondutores.

A seguir são apresentadas as principais competências técnicas e transversais consideradas críticas para o desenvolvimento e consolidação do ecossistema nacional do setor.

Para além destas, é óbvio que são necessárias competências específicas dos domínios de aplicação (tomador da tecnologia), tais como normas para os setores da saúde, automóvel, espaço, telecomunicações, computação, etc.

6.1 Competências Técnicas Específicas

A competitividade e a capacidade de inovação do setor da microeletrónica e dos semicondutores dependem fortemente da especialização técnica dos seus profissionais. As competências técnicas refletem o domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos aplicados às diferentes etapas da cadeia de valor — desde o *design* de circuitos e sistemas até ao fabrico, teste, integração e automação industrial.

Estas competências requerem formação avançada e atualização contínua, acompanhando a rápida evolução das ferramentas e processos utilizados nas fábricas e nos centros de desenvolvimento. Entre as principais competências técnicas destacam-se:

- *Design* de circuito integrado digital, analógico/misto-sinal e RF: VHDL/Verilog, ferramentas EDA (Cadence, Synopsys, Mentor), DFT (Design for Test) e simulação SPICE. Envolve também metodologias de otimização de desempenho, área e consumo energético.
- *Design* e integração de sistemas: Layout físico e integração de sistemas digitais e analógicos, análise de integridade de sinal e potência e *co-design* de hardware e software;
- Sistemas embarcados e integração hardware-software: Abrange a programação de microcontroladores e FPGA, o desenvolvimento de firmware e sistemas em tempo real, a utilização de interfaces de comunicação e a integração de sensores, atuadores e módulos eletrónicos;
- Fabrico e processos de microfabrico: Inclui litografia, deposição, dopagem, *etching*, controlo estatístico de processos (SPC), operação em sala limpa, conhecimentos de automação fabril, controlo de vácuo e monitorização de rendimento (*yield*).
- Metrologia, teste e fiabilidade: análise de falhas, microscopia eletrónica, caracterização elétrica e térmica, calibração de equipamentos e métodos de controlo de qualidade;
- Materiais e processos avançados: semicondutores compostos (SiC, GaN), *packaging* 3D-IC e *chipselets*, *System-in-Packaging* (SiP), substratos avançados, tecnologias fotónicas e integração de novos materiais sustentáveis;
- Automação e digitalização industrial: robótica de precisão, integração de sensores industriais, sistemas MES, análise de dados, machine learning aplicado ao fabrico, manutenção preditiva e monitorização inteligente de processos.

Estas áreas de competência refletem a integração entre engenharia, eletrónica, física e ciência dos materiais, exigindo elevada precisão e uma compreensão profunda dos processos de fabrico e de caracterização.

6.2 Competências Transversais

Para além da especialização técnica, a excelência no setor depende também de um conjunto de competências transversais que potenciam a colaboração, a inovação e a qualidade operacional. Estas competências permitem articular equipas multidisciplinares, assegurar o cumprimento rigoroso de normas e procedimentos e responder de forma ágil a contextos tecnológicos e organizacionais em constante mudança.

São particularmente valorizadas as seguintes competências transversais:

- Resolução de problemas complexos e capacidade de diagnóstico técnico em sistemas integrados com identificação de causas raiz e propostas de soluções robustas em contextos de elevada exigência.
- Pensamento analítico e sistémico, com compreensão das interdependências entre *design*, fabrico, materiais, software, logística e automação, permitindo decisões técnicas informadas e integradas.
- Rigor e disciplina operacional, essenciais para o trabalho em ambientes limpos, regulados e com normas de qualidade exigentes;
- Colaboração interdisciplinar e trabalho em equipa, integrando engenheiros eletrónicos, físicos, informáticos, químicos e especialistas em materiais;
- Gestão de projeto, com domínio de metodologias ágeis, gestão de riscos e planeamento técnico, aplicados ao desenvolvimento de produtos e processos inovadores;
- Comunicação técnica e domínio do inglês, facilitando a interação em contextos internacionais e a partilha de conhecimento entre equipas globais.

O desenvolvimento destas competências é essencial para reforçar a adaptabilidade e o trabalho colaborativo em ecossistemas de alta tecnologia, promovendo uma cultura de melhoria contínua e de inovação partilhada entre empresas, Centros de I&D e instituições de ensino.

6.3 Relação entre perfis e competências na cadeia de valor

A análise das competências técnicas e transversais evidencia a natureza multidimensional e interdependente do conhecimento necessário à indústria da microeletrónica e dos semicondutores. O desempenho eficaz neste setor exige não apenas domínio técnico especializado, mas também competências cognitivas e relacionais que permitam integrar equipas complexas, resolver problemas em contextos incertos e garantir padrões elevados de qualidade e fiabilidade.

A combinação equilibrada destas competências constitui um fator diferenciador para a inovação e a competitividade, contribuindo para acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias, otimizar processos produtivos e reforçar a capacidade de Portugal em atrair investimento, criar emprego qualificado e participar ativamente nas cadeias de valor europeias e globais do setor.

O quadro 1 sintetiza a relação entre as principais etapas da cadeia de valor da microeletrónica, as funções profissionais identificadas e as respetivas competências

técnicas associadas, evidenciando a natureza integrada e multidisciplinar do ecossistema.

Quadro 1: Relação entre etapas da cadeia de valor, funções e competências técnicas associadas

Etapas da Cadeia de Valor	Funções / Ocupações Principais	Competências Técnicas Associadas
<i>Design e Engenharia de Chips e Sistemas</i>	Engenheiro de circuitos, Engenheiro Eletrónico, Especialista em verificação, Engenheiro de FPGA	<i>Design</i> de circuitos integrados (VHDL/Verilog); utilização de ferramentas EDA (Cadence, Synopsys, Mentor); simulação SPICE; integração de sistemas digitais e analógicos; <i>co-design</i> HW/SW, otimização de desempenho e consumo.
Sistemas embarcados e integração HW/SW	Engenheiro de sistemas embarcados, Programador de microcontroladores, Especialista em integração de HW	Desenvolvimento de sistemas em tempo real; interfaces de comunicação; programação; <i>firmware</i> ; integração de sensores e atuadores; validação e teste de software embarcado
Fabrico e Processos	Engenheiro de processos, Técnico de sala limpa, Engenheiro de automação fab	Litografia, deposição e dopagem; controlo estatístico de processos; manutenção de ambientes limpos; automação industrial e controlo de vácuo; monitorização de rendimento (<i>yield</i>).
Metrologia, Teste e Qualidade	Engenheiro de teste, Analista de fiabilidade, Metrologista	Caracterização elétrica e térmica; microscopia eletrónica; análise de falhas; calibração e metrologia de precisão; metodologias de garantia e controlo de qualidade.
Materiais, Fotónica e Processos Avançados	Investigador em materiais, Engenheiro de simulação, Especialista em integração de sistemas	Semicondutores compostos (SiC, GaN); encapsulamento 3D; substratos avançados; tecnologias fotónicas, simulação de dispositivos; integração de novos materiais e processos sustentáveis.
Gestão, Logística e Suporte Técnico	Gestor de projeto, Especialista em cadeia de abastecimento (<i>supply chain</i>), Comprador técnico	Gestão de projeto e planeamento de produção; logística e cadeia de fornecimento; negociação técnica; avaliação de fornecedores; normas de qualidade e segurança industrial.

Para além das competências técnicas específicas, o setor exige um conjunto de competências transversais que asseguram a eficácia, a segurança e a capacidade de inovação em ambientes de elevada exigência tecnológica.

O quadro 2 complementa a análise anterior e apresenta essas competências e os contextos em que assumem maior relevância ao longo da cadeia de valor.

Quadro 2: Competências transversais e contextos de aplicação na cadeia de valor

Competência Transversal	Descrição	Contextos e Funções onde é mais relevante
Resolução de problemas complexos	Capacidade de analisar sistemas técnicos, identificar causas-raiz e propor soluções inovadoras.	Engenharia de processos; teste e fiabilidade; I&D; integração de sistemas.
Pensamento analítico e sistémico	Compreensão das interdependências entre <i>design</i> , fabrico, materiais e logística.	<i>Design</i> de chips e sistemas; gestão de projeto; automação fabril; integração de sistemas; gestão de cadeias de abastecimento.
Trabalho em ambientes limpos e normativos	Rigor na aplicação de protocolos, normas ISO e boas práticas de sala limpa e segurança industrial.	Fabrico e processos; metrologia; teste e qualidade.
Colaboração interdisciplinar	Trabalho em equipas que integram engenheiros de materiais, eletrónicos, físicos, químicos e informáticos.	Todas as fases da cadeia de valor, com ênfase em I&D, automação fab e integração de sistemas.
Comunicação técnica	Capacidade de documentar, comunicar e partilhar resultados em ambientes internacionais e multiculturais.	<i>Design</i> , I&D, gestão de projeto, compras técnicas e interação com fornecedores globais.

Em conjunto, estes dois quadros permitem compreender a articulação entre perfis profissionais, competências e funções produtivas, servindo de base para o planeamento de políticas de qualificação, o desenho de programas formativos especializados e a definição de prioridades de investimento em capital humano no setor da microeletrónica e dos semicondutores.

6.4 Síntese e enquadramento estratégico

A consolidação de um ecossistema competitivo e sustentável na área da microeletrónica e dos semicondutores depende da capacitação contínua dos recursos humanos e da articulação entre formação, investigação e indústria. As competências técnicas e transversais identificadas nas secções anteriores constituem a base para o desenvolvimento de perfis profissionais altamente especializados, capazes de responder às exigências de um setor em constante transformação tecnológica e organizacional.

O reforço destas competências deve ser entendido como uma prioridade estratégica nacional, contribuindo para:

- a valorização do capital humano e a criação de emprego qualificado;
- o aumento da capacidade de inovação e de transferência de conhecimento entre academia e empresas;
- o posicionamento competitivo de Portugal nas cadeias de valor europeias e globais.

Torna-se, assim, essencial promover a atualização contínua da oferta formativa, reconhecer e integrar novas qualificações emergentes, promover percursos flexíveis de desenvolvimento de competências e assegurar o alinhamento entre as necessidades empresariais e o sistema científico e tecnológico.

Só uma estratégia coerente e sustentada de desenvolvimento de competências permitirá a Portugal afirmar-se como um polo de referência na formação e capacitação de recursos humanos para a microeletrónica e os semicondutores, fortalecendo a autonomia tecnológica e contribuindo para a competitividade europeia neste domínio crítico e estratégico.

7 Análise de Lacunas de Competências

A análise de lacunas (*gap analysis*) de competências permite comparar as competências atualmente disponíveis nas universidades, centros de I&D e empresas com as necessidades reais e emergentes específicas do setor da microeletrónica e dos semicondutores.

Este diagnóstico é essencial para identificar desajustamentos entre a oferta formativa e a procura industrial, orientar a atualização curricular e definir políticas de qualificação e requalificação.

Para assegurar rigor e consistência nesta análise, é indispensável dispor de um mapa atualizado da oferta formativa nacional, articulado com:

- a matriz de competências identificada neste estudo;
- as necessidades específicas das empresas ao longo da cadeia de valor;
- e o número de diplomados em áreas relevantes.

Contudo, a informação existente encontra-se ainda dispersa, fragmentada e de difícil acesso. Esta ausência de dados consolidados limita a capacidade de diagnóstico e compromete a formulação de respostas estratégicas eficazes.

Por esta razão, torna-se crucial criar um Observatório Nacional de Competências em Microeletrónica e Semicondutores, responsável pela recolha sistemática de dados, pela monitorização contínua da oferta e da procura, e pela produção de relatórios periódicos que apoiem a tomada de decisão.

Este Observatório, que poderá estar incluído no que foi desenvolvido no âmbito da Agenda da Microeletrónica, deverá atuar como uma plataforma nacional de referência, reunindo informação proveniente de instituições de ensino superior, empresas, laboratórios de I&D e entidades públicas, permitindo:

- acompanhar a evolução da formação e dos perfis emergentes;
- antecipar necessidades de competências críticas;
- apoiar a criação de programas formativos ajustados às dinâmicas industriais;
- e reforçar o alinhamento entre talento, investigação e inovação.

Sem este esforço integrado e continuado, Portugal arrisca-se a manter lacunas estruturais que podem limitar a capacidade de atração de investimento, dificultar a expansão do ecossistema e comprometer a competitividade nacional nas cadeias de valor globais dos semicondutores.

8 O desenvolvimento de competências nas Instituições de Ensino Superior

As Instituições de Ensino Superior (IES) constituem o espaço natural de criação e consolidação de competências avançadas em microeletrónica e semicondutores.

Em Portugal, tal como noutras regiões da União Europeia e do mundo, observa-se uma escassez crítica de diplomados nestas áreas, o que limita a capacidade de resposta às necessidades atuais das empresas instaladas no país e condiciona a atração de novo investimento internacional.

8.1 Diagnóstico e Desafios Atuais

Apesar do crescimento registado nos últimos anos no número de diplomados em Engenharia Eletrotécnica/Eletrónica e de Computadores (EEC), Física, Nanociências e Ciência dos Materiais — cerca de 1.900 diplomados em EEC, 700 em Física/Nanociência e 300 em Ciência dos Materiais no ano letivo de 2022/2023, segundo dados da DGEEC — o foco específico em microeletrónica permanece extremamente reduzido. Esta lacuna constitui um desafio estratégico urgente para o sistema científico e tecnológico nacional.

Na maioria das IES, os temas relacionados com microeletrónica e semicondutores são maioritariamente abordados apenas a partir do segundo ciclo de estudos, o que se traduz em que apenas cerca de 30% dos diplomados têm contacto com estas áreas durante o percurso académico, e menos de 5% desenvolvem projetos diretamente ligados a estas tecnologias.

Como resultado, apenas 30 a 40 diplomados por ano estão efetivamente preparados para integrar de imediato o mercado de trabalho e contribuir de forma direta para o setor industrial.

Dentro da complexa cadeia de valor global dos semicondutores, Portugal já desempenha um papel relevante, nomeadamente nas áreas de conceção de *chips* (*chip design*) e encapsulamento avançado (*advanced packaging*).

O crescimento do ecossistema nacional de empresas e startups nestes domínios torna ainda mais premente o reforço da formação especializada. À medida que estas áreas se consolidam, geram novas oportunidades de emprego e de investigação aplicada, desencadeando um ciclo virtuoso de crescimento industrial e de qualificação de recursos humanos. Contudo, tanto o número total de diplomados como o daqueles com formação técnica diretamente relacionada com microeletrónica continuam alarmantemente baixos face às necessidades do país. É, por isso, imperativo aumentar significativamente ambos os números, de forma célere e sustentada. Sem uma força de trabalho altamente qualificada, não será possível garantir um futuro tecnológico sólido e competitivo para Portugal.

O *Advisory Board da Agenda da Microeletrónica*, no documento **Plano de Desenvolvimento da Indústria de Microeletrónica**, propôs um conjunto de medidas estruturantes para reforçar a geração de talento em Portugal. Entre estas destaca-se:

- o objetivo de duplicar o número de diplomados em Engenharia Eletrotécnica/Eletrónica e de Computadores, Física, Nanociências e Ciência dos Materiais;
- e de multiplicar por 15 o número de diplomados com formação específica em microeletrónica e semicondutores ao longo da próxima década — atingindo cerca de 6.000 e 600 diplomados por ano, respetivamente.

8.2 Envolvimento dos Níveis de Ensino e Atratividade da Área

O reforço da formação em microeletrónica e semicondutores deve assentar numa abordagem integrada e multissetorial, que envolva não apenas o ensino superior, mas também o ensino básico e secundário, a formação profissional e o sistema científico e tecnológico.

O desenvolvimento de talento nestas áreas depende da capacidade de estimular vocações STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) desde cedo e de aumentar a atratividade social e institucional da microeletrónica enquanto setor estratégico.

Podem identificar-se dois desafios principais:

- Estimular o interesse precoce pelas áreas STEM e pela microeletrónica, promovendo a literacia tecnológica e o contacto com a ciência aplicada desde o ensino básico e secundário;
- Reforçar a atratividade e o reconhecimento público do setor, valorizando as oportunidades de carreira, o impacto económico e o papel da microeletrónica na transição digital e verde.

As ações de resposta a estes desafios, apresentadas a seguir, implicam o envolvimento coordenado de escolas, universidades, empresas, associações científicas e entidades públicas, de modo a construir um ecossistema educativo e tecnológico coeso e atrativo.

Desafio 1 – Estimular o interesse pelas áreas STEM

O primeiro desafio consiste em despertar o interesse dos jovens pelas áreas tecnológicas, ainda durante o ensino básico e secundário, já que a literacia tecnológica precoce é o primeiro passo para criar uma nova geração de engenheiros, técnicos e investigadores em microeletrónica.

Programas de divulgação científica e tecnológica, laboratórios abertos e atividades extracurriculares orientadas para a experimentação, são instrumentos eficazes para introduzir conceitos de eletrónica, programação e *design* de sistemas.

É fundamental mostrar aplicações concretas da microeletrónica no quotidiano, desde a mobilidade elétrica e autónoma até à inteligência artificial e exploração do espaço, tornando tangível o impacto social e económico destas tecnologias.

Neste âmbito, organizações como a Ciência Viva, as Escolas Profissionais e as Redes de Clubes de Ciência e Inovação podem desempenhar um papel determinante na aproximação entre o sistema educativo, a indústria e a sociedade.

No ensino secundário, é essencial reforçar a integração de disciplinas práticas de eletrónica, física aplicada e programação, bem como criar vias curriculares tecnológicas mais visíveis e prestigiadas.

Escolas de Verão como a ECS Summer School, da European Chips Skills Academy, são um excelente exemplo de iniciativas destinadas a atrair e inspirar jovens talentos STEM para a indústria europeia de componentes e sistemas eletrónicos (ECS), oferecendo formação intensiva em microeletrónica, *design* de Circuitos Integrados, sistemas digitais e integração, com o objetivo principal de combater a escassez de mão-de-obra qualificada, promover a inovação e ligar estudantes a profissionais e oportunidades de carreira no setor.

Iniciativas como o Plano de Ação para as Competências Digitais (Portugal Digital) e o Pacto para as Competências no quadro europeu (ação emblemática da Agenda de Competências para a Europa, lançada em 2020) oferecem enquadramento e financiamento para programas de transição digital e academias tecnológicas regionais.

Recomenda-se o desenvolvimento de parcerias estruturadas entre escolas, universidades e empresas para:

- realizar projetos-piloto interdisciplinares (hardware, software, energia e sustentabilidade);
- organizar competições técnicas e *hackathons* nacionais e regionais;
- e criar programas de mentoria vocacional, nos quais estudantes do ensino superior e profissionais da indústria apoiem alunos do secundário.

Desafio 2 – Aumentar a atratividade e a valorização do setor

O segundo desafio consiste em elevar a visibilidade e o reconhecimento público da microeletrónica como área estratégica para o desenvolvimento nacional. A perceção limitada do seu impacto faz com que muitos jovens não a considerem uma opção de futuro atrativa. Para além da visibilidade pública, a atratividade da microeletrónica depende da valorização das carreiras tecnológicas e da criação de pontes entre educação, ciência e indústria.

Para inverter esta tendência, é necessário:

- Reforçar a comunicação pública sobre a relevância do setor, através de campanhas nacionais e conteúdos educativos acessíveis (vídeos, jogos, exposições, documentários);
- Valorizar a empregabilidade e o potencial de carreira, apresentando casos de sucesso e exemplos de inovação portuguesa no setor;
- Criar incentivos diretos à formação, como bolsas de estudo, estágios e prémios de mérito financiados por empresas e associações industriais;
- Envolver os media e as comunidades científicas na promoção da imagem da microeletrónica como pilar da economia digital e da soberania tecnológica europeia.

A entrada no ensino superior deve corresponder à continuidade natural deste percurso formativo. As Instituições de Ensino Superior devem reforçar os conteúdos de microeletrónica nos primeiros ciclos, ampliar as oportunidades de aprendizagem prática

(laboratórios, projetos integrados, estágios) e desenvolver programas interdisciplinares que combinem engenharia eletrónica, ciência dos materiais, física aplicada e computação.

A criação de academias universitárias especializadas, inspiradas em modelos internacionais como os *European Chips Skills Academies*, poderá desempenhar um papel decisivo na capacitação de novas gerações de profissionais com competências técnicas e transversais alinhadas com as necessidades industriais emergentes.

Em síntese, o envolvimento de todos os níveis de ensino — do básico ao superior — é crucial para criar um pipeline sustentável de talento. A combinação de divulgação científica precoce, programas de orientação vocacional, formação técnica estruturada e cooperação entre ensino e indústria é a única via para ultrapassar o défice atual de competências e consolidar Portugal como referência europeia na formação em microeletrónica e semicondutores.

8.3 Formação Técnica e Diversificação de Perfis

Para além da formação universitária, é crucial reforçar a formação técnica especializada, indispensável para responder à procura crescente de perfis não universitários com funções de operação, manutenção e supervisão industrial.

Este esforço deve incluir a expansão dos cursos profissionais, programas de curta duração e iniciativas de requalificação, articulados diretamente com as empresas do setor para garantir flexibilidade e empregabilidade imediata.

Simultaneamente, é necessário criar percursos de requalificação acessíveis a diferentes idades e perfis profissionais, assegurando uma resposta abrangente e inclusiva às exigências do setor.

8.4 Articulação e Cooperação Institucional

A criação de novos programas formativos e o reforço dos existentes devem refletir as tendências industriais e tecnológicas atuais, garantindo uma articulação permanente entre:

- as autoridades nacionais de inovação e ciência,
- as IES e os centros tecnológicos,
- e a indústria.

Só uma cooperação efetiva e contínua permitirá construir uma base sólida de competências, capaz de sustentar o crescimento e a competitividade do setor da microeletrónica e dos semicondutores em Portugal.

As Instituições de Ensino Superior desempenham um papel estratégico na formação do talento que garantirá o futuro tecnológico do país. O investimento em competências é, por isso, um investimento direto na soberania e na competitividade nacional.

9 Ligação entre Competências e Ecossistemas Regionais

Este capítulo estabelece a ligação entre as competências identificadas e os ecossistemas regionais de inovação, visando reforçar a relevância territorial das ações de capacitação e investigação no domínio da microeletrónica e dos semicondutores. Ligar as competências à realidade dos ecossistemas locais ou regionais é essencial para que seja possível orientar políticas públicas, adequar programas de formação e estimular o investimento empresarial, assegurando que o desenvolvimento de talento acompanha as dinâmicas locais de especialização e inovação.

9.1 Caracterização de Ecossistema Regional

Um ecossistema regional de microeletrónica integra um conjunto de atores interligados como sejam: empresas industriais e tecnológicas, instituições de ensino superior, centros tecnológicos, laboratórios de I&D, startups e estruturas públicas de apoio à inovação. A articulação entre estes agentes é determinante para o desenvolvimento de competências avançadas, a transferência de conhecimento e a consolidação de clusters regionais competitivos.

Os principais componentes de um ecossistema robusto incluem:

- Universidades e Politécnicos com programas em engenharia eletrotécnica/ eletrónica, física, materiais e tecnologias de informação;
- Centros de I&D e Laboratórios Associados com competências em microfabrico, materiais semicondutores e eletrónica integrada;
- Empresas industriais e tecnológicas especializadas em *design*, teste e montagem/encapsulamento de componentes eletrónicos;
- Entidades públicas e clusters tecnológicos que promovem a cooperação interinstitucional, o empreendedorismo e a inovação.

A complexidade crescente do setor exige também a integração de competências transversais e emergentes, nomeadamente em inteligência artificial, computação de alto desempenho, física, matemática aplicada e programação avançada, que são hoje pilares críticos para o desenvolvimento de novos dispositivos e processos em microeletrónica.

De facto, uma parte significativa dos profissionais do setor atua em áreas de software e automação, com impacto direto em todas as fases da cadeia de valor.

A análise ao ecossistema regional permite identificar pontos fortes consolidados e lacunas críticas, embora esta caracterização dependa em boa medida de qual o posicionamento que se pretende avaliar na cadeia de valor da Microeletrónica e Semicondutores:

- **Pontos fortes:** presença de universidades e centros de I&D com experiência em microfabrico, *design* digital e integração de sistemas.
- **Lacunas:** carência de competências industriais em desenho de circuitos integrados, sistemas eletrónicos (também a sua montagem), litografia avançada e encapsulamento 3D (estes últimos mais relacionados com a produção de *chips*).

9.2 Mapeamento de Competências e Atores Locais

Na prática, muitas das competências críticas são adquiridas em contexto empresarial, através de formação interna ou aprendizagem em projetos de I&D.

Por isso, o mapeamento de competências deve incluir não apenas as instituições de ensino e investigação, mas também as empresas e entidades tecnológicas que atuam como polos de formação aplicada no setor da microeletrónica.

Deve, portanto, ter-se em mente que as entidades formativas não se podem limitar às IES e a outras entidades públicas, mas têm de ter em conta empresas que com o seu *know-how* podem contribuir para uma cobertura eficaz do mapa de competências regional.

9.3 Articulação com a Estratégia RIS3

As competências da microeletrónica têm um impacto direto e interdependência em vários domínios de especialização inteligente (RIS3) de uma região, nomeadamente:

1. Tecnologias de Produção e Indústria 4.0, através da automação, digitalização e integração de sistemas eletrónicos;
2. Materiais Avançados, com o desenvolvimento de novos substratos, semicondutores compostos e técnicas inovadoras de encapsulamento;
3. Saúde Digital e Dispositivos Médicos, incluindo sensores, instrumentação biomédica e monitorização inteligente;
4. Telecomunicações e Conectividade Avançada, abrangendo sistemas RF, fotónica integrada, 5G/6G, edge computing e infraestruturas críticas de comunicação;
5. Espaço e Tecnologias Aeroespaciais, onde a microeletrónica desempenha um papel central em sistemas embarcados críticos, fiabilidade, teste e qualificação de componentes.

Poder-se ia ainda acrescentar as áreas de Mobilidade Elétrica e Autónoma, Energia e Redes Inteligentes e Defesa e Segurança que têm vindo a ganhar terreno na geo-estratégia global.

Esta integração reforça as cadeias de valor regionais e potencia sinergias com setores estratégicos, contribuindo para o posicionamento competitivo de Portugal e das suas regiões na agenda europeia de inovação tecnológica.

9.4 Recomendações para o Fortalecimento dos Ecossistemas Regionais

O reforço dos ecossistemas regionais de microeletrónica e semicondutores exige uma abordagem integrada que combine investimento em formação, investigação aplicada e inovação empresarial.

As recomendações seguintes visam traduzir os diagnósticos de competências em ações concretas de política e cooperação territorial, assegurando que o desenvolvimento de talento acompanha as dinâmicas locais de especialização e inovação:

1. Criação de Plataformas Regionais de Cooperação
 - Estabelecer redes regionais permanentes que integrem universidades, centros de I&D, empresas e clusters tecnológicos.
 - Promover projetos colaborativos focados em microfabrico, *design* de circuitos e sistemas, automação, materiais avançados e integração de sistemas.
 - Apoiar laboratórios conjuntos entre academia e indústria, com foco em formação aplicada e transferência tecnológica.
2. Alinhamento da Oferta Formativa com as Necessidades Regionais
 - Mapear a oferta formativa existente e identificar lacunas face às competências críticas do setor.
 - Desenvolver programas curtos de especialização e reconversão profissional, alinhados com as necessidades imediatas das empresas.
 - Incentivar a integração curricular de áreas transversais como Inteligência Artificial, Computação de Alto Desempenho e Sustentabilidade.
3. Valorização das Empresas como Polos de Formação
 - Reconhecer o papel das empresas como agentes formadores, através de programas de aprendizagem dual e estágios tecnológicos.
 - Apoiar iniciativas de certificação de competências adquiridas em contexto de trabalho.
 - Promover projetos-piloto de formação em ambiente fab (*cleanroom*) em parceria com instituições de ensino superior.
4. Reforço da Infraestrutura de Inovação Regional
 - Incentivar a criação ou modernização de infraestruturas partilhadas de aceleração, prototipagem e teste – HUBs Tecnológicos Regionais.
 - Estimular e apoiar a participação de atores regionais em programas europeus, como o *Chips Joint Undertaking* e as *Pilot Lines*.
 - Favorecer o acesso das PME e startups a recursos tecnológicos avançados e a redes de I&D internacionais.
5. Monitorização e Governança Colaborativa
 - Criar mecanismos regionais de monitorização de competências e inovação, articulados com o “Observatório Nacional de Competências”.

- Definir indicadores de desempenho para medir o impacto das ações de capacitação e cooperação.
- Promover uma governança participada, com envolvimento equilibrado de instituições académicas, empresariais e públicas.

Estas recomendações pretendem assegurar que o investimento em competências e infraestruturas se traduz num reforço efetivo da capacidade de inovação regional, contribuindo para o posicionamento sustentável de Portugal na cadeia de valor europeia da microeletrónica e dos semicondutores.

9.5 O exemplo da Região Centro

A Região Centro de Portugal constitui um caso de estudo exemplar na operacionalização de uma estratégia territorial integrada para a microeletrónica e os semicondutores.

Sob coordenação da CCDR Centro, foi desenvolvida uma Estratégia Regional para os Semicondutores e Microeletrónica, assente em três pilares estruturantes, que visam reforçar a competitividade, a capacitação e a autonomia tecnológica regional.

Pilar 1 — Cadeia de Valor Alargada e Circular

A estratégia regional adota uma visão abrangente da cadeia de valor, que ultrapassa o domínio estrito dos semicondutores (*chips*) para abranger todas as etapas da microeletrónica, desde o *design* e fabrico até à reciclagem e circularidade dos materiais.

Esta abordagem permite maximizar a sustentabilidade e a eficiência de recursos, promovendo a integração de princípios de economia circular e inovação verde nos processos de produção.

Pilar 2 — HUBs Tecnológicos Regionais

A criação de HUBs Tecnológicos Regionais constitui o segundo pilar da estratégia.

Estes HUBs especializados, liderados, sempre que possível, por empresas e em estreita articulação com universidades, centros de I&D e entidades públicas, atuam como plataformas de desenvolvimento e aceleração na cadeia de valor da microeletrónica e semicondutores.

O seu papel é integrar capacidades de *design*, fabrico, teste e montagem, mas também envolver os utilizadores finais da tecnologia, assegurando a ligação entre a inovação e as necessidades reais do mercado.

Pilar 3 — Ações Transversais e Eficiência Coletiva Inter-Hubs

O terceiro pilar centra-se nas ações transversais, concebidas para maximizar a eficiência coletiva e a cooperação inter-hubs. Estas ações incidem em três eixos principais:

a) Atratividade e adequação de competências

- Desenvolvimento de percursos formativos personalizados, articulados com as Instituições de Ensino Superior e os HUBs regionais;
- Formações curtas, avançadas e microcredenciais orientadas para necessidades emergentes da indústria;
- Criação de comunidades de prática, redes profissionais e workshops técnicos;
- Núcleos de formação conjuntos envolvendo alunos, docentes e especialistas empresariais;
- Programas de mentoria, estágios e bolsas (incluindo mestrados e doutoramentos em parceria com empresas);
- Organização de escolas de verão, conferências, hackathons e “talks” temáticas sobre microeletrónica.

b) Atratividade de estudantes para a formação em microeletrónica

- Produção de materiais informativos, vídeos, jogos e conteúdos educativos que despertem o interesse vocacional;
- Escolas de verão, laboratórios abertos e competições estudantis;
- Criação de bolsas de estudo e incentivos diretos da indústria (ex.: Bolsa Jovem Investigador em Eletrónica);
- Ligação direta entre indústria e ensino, com programas de estágios, visitas técnicas e mentoria profissional.

c) Apoio aos ecossistemas de inovação

- Dinamização de redes regionais de inovação e apoio ao empreendedorismo tecnológico;
- Reforço das ligações entre HUBs, empresas e entidades científicas, promovendo a transferência de conhecimento e tecnologia;
- Criação de mecanismos de financiamento e apoio à experimentação, favorecendo a testagem e demonstração de novas soluções.

O caso da Região Centro demonstra a importância da articulação entre competências, indústria e políticas públicas na construção de um ecossistema regional robusto e competitivo.

A estratégia combina formação, investigação e inovação, estimulando uma colaboração contínua entre universidades e empresas.

O investimento coordenado em I&D, talento e infraestruturas é essencial para garantir a autonomia tecnológica e a integração sustentável da região nas cadeias de valor europeias da microeletrónica.

A experiência da Região Centro constitui um modelo de referência replicável noutras regiões do país, demonstrando como a cooperação territorial e o desenvolvimento de competências podem ser motores da transformação tecnológica nacional.

Os ecossistemas regionais podem assim ser responsáveis por desenvolver as competências que potenciem a capacidade instalada localmente numa forte ligação da indústria com as dinâmicas académicas e institucionais. Só assim será possível criar e desenvolver competências, realmente úteis e que impactam na economia.

10 Metodologia para a Identificação e Atualização de Competências na Microeletrónica

A identificação rigorosa das competências necessárias à indústria da microeletrónica que integra o domínio específico dos semicondutores, mas também as áreas de sistemas eletrónicos, materiais avançados, automação e integração, é essencial para garantir a adequação entre a oferta formativa, as necessidades industriais e as tendências tecnológicas globais.

Este capítulo apresenta uma metodologia estruturada, dinâmica e participativa para assegurar a identificação, validação e atualização contínua das competências críticas ao setor em Portugal, em alinhamento com as boas práticas europeias e internacionais.

10.1 Objetivos da Metodologia

A abordagem proposta servirá de base à construção de um diagnóstico estratégico e à definição de linhas de ação prioritárias no quadro de Estratégias Regionais ou Nacionais para os Semicondutores e Microeletrónica.

A metodologia proposta visa estabelecer uma abordagem estruturada, sistemática e contínua para o mapeamento das competências críticas, abrangendo o domínio dos semicondutores, mas também as áreas complementares de sistemas eletrónicos, materiais avançados, automação e integração de processos.

O seu principal propósito é assegurar a coerência entre a oferta formativa, a investigação científica e as necessidades tecnológicas e produtivas do setor, promovendo a articulação efetiva entre o ensino superior, a formação técnica, os centros de I&D e a indústria.

Esta metodologia procura ainda identificar lacunas e antecipar competências emergentes, resultantes da rápida evolução tecnológica e organizacional do setor, fornecendo uma base de evidência sólida para apoiar a definição de políticas públicas, estratégias regionais e decisões de investimento em qualificação e inovação.

Outro objetivo fundamental consiste em harmonizar o quadro nacional de competências com os referenciais e taxonomias internacionais, nomeadamente o *European Skills, Competences, Qualifications and Occupations* (ESCO) e o *European Chips Skills Framework*, assegurando a comparabilidade, a mobilidade europeia e o alinhamento estratégico com as iniciativas comunitárias no domínio da microeletrónica e dos semicondutores.

10.2 Princípios Orientadores

A metodologia assenta num conjunto de princípios orientadores que garantem a sua relevância e aplicabilidade prática:

- Relevância sectorial - a relevância setorial, assegura que o processo cobre toda a cadeia de valor da microeletrónica e dos semicondutores, desde a conceção até à integração e circularidade.
- Evidência empírica – os processos de mapeamento e análise devem basear-se em dados concretos sobre oferta formativa, perfis profissionais, necessidades empresariais e tendências tecnológicas.
- Participação multi-actor - envolve universidades, politécnicos, centros de I&D, empresas industriais, clusters tecnológicos e entidades públicas, garantindo a legitimidade e a diversidade de perspetivas.
- Atualização dinâmica - o mapeamento de competências deve ser cíclico e adaptável às novas tecnologias, assegurando que as conclusões permanecem relevantes ao longo do tempo.
- Articulação institucional – pretende-se alinhamento e coerência entre esta metodologia e outras políticas e estratégias nacionais, como a Estratégia Nacional para a Microeletrónica e os Semicondutores, a Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente (RIS3) e o Plano de Ação para as Competências Digitais.

10.3 Abordagem Metodológica

A metodologia proposta organiza-se em cinco etapas principais, que seguem uma lógica sequencial e complementar. Cada etapa corresponde a um conjunto de ações destinadas a assegurar a identificação rigorosa, validação participativa e atualização contínua das competências críticas para a indústria da microeletrónica e dos semicondutores. Este processo combina análise quantitativa e qualitativa, envolvendo de forma integrada a academia, a indústria, os centros de I&D e as entidades públicas responsáveis pela qualificação e inovação.

Etapas 1 – Mapeamento inicial da cadeia de valor e perfis profissionais

- Identificação das principais funções, ocupações e segmentos da cadeia de valor (*design*, fabrico, teste, integração, automação, I&D).
- Recolha de dados junto de empresas, centros tecnológicos e instituições de ensino, incluindo descrição de tarefas, ferramentas, processos e níveis de qualificação.
- Produção de um quadro de referência nacional de perfis profissionais, compatível com as taxonomias europeias (ESCO e CEDEFOP).

Etapa 2 – Identificação e classificação das competências-chave

- Mapeamento das competências técnicas e transversais associadas a cada perfil.
- Organização das competências em famílias funcionais (engenharia de *design*, processos de fabrico, metrologia e teste, gestão e logística, I&D).
- Identificação de competências emergentes em domínios como a fotónica integrada, semicondutores compostos (SiC, GaN), automação avançada e inteligência artificial aplicada ao fabrico.
- Priorização das competências críticas para a competitividade e autonomia tecnológica do país.

Etapa 3 – Análise da oferta e da procura de competências

- Levantamento detalhado da oferta formativa nacional (universitária, politécnica e profissional) e sua correspondência com a matriz de competências.
- Identificação das necessidades de curto e médio prazo da indústria, através de inquéritos e entrevistas com empresas e clusters.
- Realização de uma análise de lacunas (*gap analysis*), comparando quantitativamente (número de diplomados) e qualitativamente (nível de proficiência) a oferta e a procura.
- Benchmarking com modelos internacionais de formação e certificação no setor da microeletrónica.

Etapa 4 – Validação participativa e análise comparativa

- Organização de painéis de especialistas e workshops inter-institucionais (academia, empresas, clusters, administração pública).
- Validação dos resultados preliminares do mapeamento e da análise de lacunas.
- Integração de boas práticas internacionais (benchmarking com a União Europeia, EUA e Ásia) para calibrar os referenciais nacionais.
- Produção de um referencial nacional de competências em microeletrónica e semicondutores, validado por consenso multiactor.

Etapa 5 – Monitorização e atualização contínua

- Criação de um Observatório Nacional de Competências em Microeletrónica e Semicondutores, com funções de recolha, tratamento e divulgação de dados.
- Atualização anual do mapa de competências e perfis emergentes, integrando indicadores de inovação e tendências tecnológicas.
- Implementação de mecanismos de interoperabilidade digital com sistemas de informação de ensino, emprego e investigação (DGEEC, IEFP, ANI, FCT).
- Publicação periódica de um Relatório Nacional de Competências para a Microeletrónica, garantindo transparência e apoio à decisão.

10.4 Ferramentas e Instrumentos de Apoio

A implementação eficaz da metodologia exige um conjunto de ferramentas e instrumentos que assegurem a recolha estruturada, a análise rigorosa e a atualização contínua da informação sobre competências. Estes instrumentos funcionam como a base operacional do sistema, permitindo consolidar dados, promover a cooperação entre os diferentes intervenientes e apoiar a tomada de decisão estratégica.

Para além de contribuírem para a monitorização e planeamento de políticas públicas, estas ferramentas são igualmente essenciais para o alinhamento entre a formação e as necessidades da indústria, bem como para o reforço da articulação entre o sistema científico e tecnológico e o setor produtivo.

A maior parte dos instrumentos aqui identificados não existem de forma consolidada, razão pela qual é bastante penoso e demorado fazer-se uma análise profunda e rigorosa. De qualquer modo, são apresentados com o objetivo de poderem vir a ser construídos.

Entre os principais instrumentos de apoio incluem-se:

- Base de Dados Nacional de Competências em Microeletrónica, integrada numa plataforma digital interoperável;
- Taxonomia nacional de competências, compatível com o ESCO e adaptada às especificidades da indústria portuguesa;
- Indicadores de monitorização, incluindo número de diplomados, taxa de empregabilidade e cobertura formativa por domínio;
- Painéis de especialistas e comunidades de prática, assegurando o diálogo permanente entre formação, investigação e indústria;
- Mecanismos de feedback contínuo entre empresas e instituições de ensino, para ajustamento curricular e planeamento antecipado de necessidades.

10.5 Análise Comparativa e Benchmarking Internacional

Embora o domínio dos semicondutores seja um eixo central de inovação e soberania tecnológica, esta metodologia abrange toda a cadeia de valor da microeletrónica, incluindo *design*, integração de sistemas, fabrico, teste, encapsulamento, software embarcado e circularidade de materiais, garantindo uma visão abrangente, coerente e sustentável da capacitação nacional.

A metodologia proposta incorpora uma dimensão comparativa internacional, permitindo avaliar o posicionamento nacional face a países de referência. Este exercício de benchmarking inclui a comparação de estruturas curriculares, perfis profissionais e programas de qualificação, bem como a identificação de boas práticas formativas e tecnológicas para a formação avançada e especializada. Adicionalmente, compara instrumentos, programas e políticas públicas.

Uma atenção especial deve ser dada aos melhores modelos de cooperação academia-indústria e certificação modular por forma a adaptá-los ao contexto português.

A análise comparativa assenta em:

- Revisão de políticas e estratégias nacionais relacionadas com competências tecnológicas.
- Avaliação de programas internacionais de referência, incluindo iniciativas europeias (ex.: Chips Act, IPCEI) e até casos extraeuropeus relevantes.

- Comparação de indicadores-chave: investimento, capacidade formativa, infraestruturas, especialização, nível de qualificação, taxa de emprego em áreas STEM.

Assim, a identificação de boas práticas e níveis de maturidade técnica para um benchmarking internacional de competências deve partir da comparação entre competências existentes e práticas de referência em países líderes (EUA, Alemanha, Coreia do Sul, Japão, Taiwan, Países Baixos) e usar como fontes o European Chips Act, os SIA Workforce Reports, a organização SEMI, a OCDE e o Eurostat.

Com este trabalho espera-se identificar as boas práticas e os níveis de maturidade técnica.

A cadeia de valor deste setor a nível nacional tem que ser levada em conta, já que a ausência, por exemplo, de *foundries* pode diminuir a importância de certas competências. No entanto, apesar dessa ausência, são necessárias todas as competências ao longo da cadeia de valor de forma a potenciar as restantes dimensões.

A análise das posições ocupadas na cadeia de valor global de semicondutores e microeletrónica, efetuada com regiões de referência, deve ter como indicadores o grau de especialização, a maturidade tecnológica (TRLs/MRLs), a intensidade de I&D e o valor acrescentado industrial.

Deve também ser tida em atenção uma avaliação comparativa de densidade e maturidade dos ecossistemas (Clusters e modelos) de inovação em microeletrónica através de análises de clusterização, tripla hélice (academia – indústria – governo) e índices de competitividade regional. Podem ser usados o European Innovation Scoreboard e Regional Competitiveness Index, por exemplo.

Um mapeamento das redes de colaboração entre universidades, empresas e centros tecnológicos permite analisar as Redes de Cooperação com o objetivo de identificar “nós de conhecimento” e oportunidades de cooperação internacional. Existem diversas ferramentas que permitem uma visualização de grafos e encontrar indicadores de centralidade como a técnica SNA - Social Network Analysis.

A análise de programas de ensino e formação técnica em microeletrónica, permite fazer uma comparação curricular e formativa na qual as dimensões comparadas devem ser: carga prática, cooperação empresa-escola, certificações e empregabilidade. Como exemplos de referência sugerem-se: IMEC Academy (Bélgica), TU Dresden (Alemanha), TSMC University Program (Taiwan), SEMATECH (EUA).

Relativamente à análise de lacunas (*gap analysis*) de competências referida no capítulo 6, propõem-se como fontes: ESCO, CEDEFOP Skills Panorama e O*NET (nos Estados Unidos) com as seguintes etapas:

- Inventário da oferta nacional (formação, laboratórios, centros tecnológicos);
- Identificação da procura (empresas e clusters);
- Cruzamento entre oferta e procura;
- Priorização das lacunas críticas.

Esta análise comparativa, da evolução das competências e da estrutura industrial, com a evolução da oferta de formação STEM, número de investigadores, patentes, volume de exportação e investimento em I&D deve ser feita de forma contínua ao longo do

tempo, de forma a identificar tendências e pontos de viragem que necessitem de atuação imediata.

10.6 Síntese e Benefícios Esperados

A análise comparativa constitui um pilar metodológico essencial para o planeamento estratégico de competências.

Ao integrar benchmarking, análise de lacunas e comparação de políticas, esta abordagem permite alinhar a capacitação nacional com as tendências globais e posicionar a microeletrónica como vetor central de competitividade e autonomia tecnológica.

No quadro 3 apresenta-se o resumo da comparação das políticas internacionais de apoio ao setor.

Quadro 3: Referências para a comparação com políticas internacionais de apoio ao setor dos semicondutores.

País/Região	Estratégia	Foco Principal
União Europeia	<i>EUROPEAN CHIPS ACT (2023)</i>	Soberania tecnológica e competências
EUA	<i>CHIPS AND SCIENCE ACT (2022)</i>	Incentivos e formação industrial
Coreia do Sul	<i>K-SEMICONDUCTOR BELT STRATEGY</i>	Clusters e formação técnica
Japão	<i>SEMICONDUCTOR STRATEGY 2023</i>	Cooperação internacional e I&D

No quadro 4 resumem-se as diversas análises comparativas propostas.

Quadro 4: Métodos Comparativos

Tipo de Análise	Âmbito	Fontes Principais	Resultado Esperado
Benchmarking internacional	Global	SIA, SEMI, OCDE, Eurostat	Boas práticas e padrões de referência
Análise de Lacunas	Nacional	ESCO, CEDEFOP, O*NET	Identificação de lacunas de competências
Value chain benchmarking	Indústria	McKinsey, SEMI, WEF	Posicionamento competitivo
Comparação curricular	Educação	Universidades, CEDEFOP	Alinhamento formativo
Cluster analysis	Regional	RIS3, EIS, Eurostat	Avaliação de densidade do ecossistema
Políticas públicas	Estratégico	UE, EUA, Ásia	Benchmark de governança e incentivos

Com esta metodologia são esperados os seguintes benefícios:

- Consolidar uma base nacional de evidência sobre as competências existentes e emergentes na microeletrónica e semicondutores;
- Diagnosticar o nível atual de competências face aos padrões internacionais;
- Reduzir lacunas de competências, promovendo o ajustamento entre oferta formativa e necessidades industriais;
- Apoiar o planeamento de políticas públicas e a criação de programas de formação, requalificação e inovação;
- Identificar oportunidades de especialização inteligente;
- Fomentar a cooperação entre ensino, investigação e indústria, com mecanismos permanentes de validação e atualização;
- Reforçar a competitividade e autonomia tecnológica de Portugal, assegurando a sua integração sustentável nas cadeias de valor europeias.

11 Análise territorial e de competências

Este capítulo sistematiza uma possível abordagem territorial que permite avaliar a capacidade de uma região para formar, atrair e reter talento especializado, através de uma análise estruturada das competências existentes e necessárias.

A análise territorial, deve seguir de muito perto a metodologia proposta no capítulo 9 embora com um foco regional, devendo incluir:

- Levantamento da oferta de ensino e formação (universidades, politécnicos, centros de formação e empresas).
- Mapeamento das competências existentes, em falta e emergentes no tecido empresarial.
- Identificação de lacunas críticas (skills gaps).

Pode ser utilizada a seguinte análise SWOT para resumir os fatores internos e externos que influenciam a capacidade regional para o desenvolvimento de competências:

Forças (Strengths)

- A presença de instituições de ensino superior com oferta relevante
 - Universidades e Politécnicos com cursos em Engenharia Eletrotécnica, Física, Materiais e áreas afins.
 - Existência de laboratórios de investigação reconhecidos (ex: INESC, INL, I3N, Instituto de Telecomunicações).
- Tecido empresarial tecnológico em crescimento
 - Empresas estabelecidas em *design* de chips, sistemas embebidos e encapsulamento avançado.
 - Presença de centros de I&D de multinacionais (ex: Bosh, Nokia).
- Estratégias Regionais Estruturadas

- Exemplo da Região Centro com uma estratégia integrada e hubs tecnológicos
- Alinhamento com a RIS3 e financiamento europeu.
- Quadro Legal e Político de apoio
 - Agenda da Microeletrónica e Estratégia Nacional para os Semicondutores.
 - Enquadramento no Plano de Recuperação e Resiliência (PRR).

Fraquezas (Weaknesses)

- Escassez de mão de obra altamente especializada.
 - Número insuficiente de diplomados com formação específica em microeletrónica.
 - Dificuldade em reter talento devido à competitividade salarial internacional.
- Fragmentação e falta de coordenação da oferta formativa.
 - Cursos dispersos, sem massa crítica em áreas nucleares (ex: fabrico avançado).
 - Falta de articulação entre programas académicos e necessidades da indústria.
- Infraestruturas limitadas
 - Ausência de foundries (fábricas de chips) em Portugal, limitando a formação prática em fabrico.
 - Laboratórios de sala limpa e equipamentos de prototipagem avançada escassos.
- Falta de Dados Consolidados
 - Informação desagregada sobre oferta formativa, necessidades das empresas e empregabilidade.
 - Dificuldade em realizar planeamento estratégico baseado em evidências.

Oportunidades (Opportunities)

- Financiamento nacional e europeu para capacitação tecnológica.
 - European Chips Act, IPCEI, STEP, Portugal 2030
 - Programas de bolsas e incentivos à formação avançada (ex: doutoramentos industriais)
- Crescente procura global por talento em semicondutores.
 - Crescimento da indústria na Europa atrai investimento e cria empregos qualificados.
 - Possibilidade de posicionamento de Portugal como polo de *design* e encapsulamento.
- Parcerias internacionais
 - Cooperação com centros de excelência (ex: IMEC, Fraunhofer)
 - Participação em redes europeias de formação (ex: Chips Academy)
- Transição Digital e Verde
 - Microeletrónica como habilitadora de setores estratégicos (energia, saúde, mobilidade).
 - Oportunidade de especialização em tecnologias sustentáveis (ex: eficiência energética)

Ameaças (Threats)

- Competição internacional por talento
 - Países como Alemanha, Holanda e Irlanda atraem profissionais com salários mais altos
 - Risco de fuga de cérebros e dificuldade em atrair especialistas estrangeiros.
- Ritmo acelerado de evolução tecnológica
 - Necessidade de atualização contínua de currículos e equipamentos.
 - Risco de obsolescência rápida de competências.
- Dependência de cadeias de abastecimento globais
 - Vulnerabilidade a crises geopolíticas e disrupções logísticas.
 - Concentração de produção de *wafers* e equipamentos na Ásia e EUA
- Falta de coordenação nacional
 - Riscos de duplicação de esforços entre regiões.
 - Dificuldade em consolidar uma visão única e integrada para o setor.

Com base nesta análise recomendam-se as seguintes ações estratégicas:

Forças: Alavancar os Hubs regionais para criar redes nacionais de inovação e formação.

Fraquezas: Criar um Observatório Nacional de Competências para unificar dados e planeamento.

Oportunidades: aproveitar fundos europeus para investir em infraestruturas de formação prática.

Ameaças: Desenvolver programas de atração e retenção de talento (ex: bolsas, vistos).

Esta análise SWOT pode ser usada como base para planos de ação regionais, propostas de financiamento ou revisão de políticas públicas, oferecendo uma visão mais completa dos fatores críticos para o desenvolvimento do setor em Portugal.

12 Plano de Ação

O Plano de Ação proposto tem como objetivo geral posicionar Portugal como um polo competitivo na cadeia de valor europeia da microeletrónica, garantindo talento qualificado, infraestruturas adequadas e integração academia-indústria.

Em primeiro lugar, é necessário fazer um levantamento da oferta formativa e das necessidades da indústria. Para isso poderão utilizar-se os inquéritos propostos neste Estudo nos Anexos A e B, necessitando ainda consolidar informação das entidades oficiais.

Tendo em conta a inexistência de uma Base de Dados que identifique as competências procuradas pelas empresas do setor e um repositório oficial consolidando a oferta formativa, é fundamental criar um Observatório Nacional de Competências em Microeletrónica e Semicondutores, que pode ser integrado, tal como referido, no Observatório já criado no âmbito da Agenda da Microeletrónica, responsável pela recolha sistemática de dados, pela monitorização contínua da oferta e da procura, e pela produção de relatórios periódicos que apoiem a tomada de decisão.

Em Portugal, existem várias entidades e plataformas que disponibilizam dados sobre cursos, número de diplomados por área e por ano, bem como indicadores do ensino superior como se mostra no quadro 5.

Quadro 5: tabela comparativa das entidades e plataformas com dados sobre cursos e diplomados em Portugal:

Entidade/Plataforma	Tipo de Dados Disponíveis	Formato de Acesso	Periodicidade
DGEEC (Direção Geral de Estatísticas da Educação e Ciência)	Nº de diplomados por curso, ciclo, ano; inscritos; empregabilidade	Relatórios PDF, Base RAIDES, exportação CSV	Anual
DGES (Direção-Geral do Ensino Superior)	Oferta formativa, vagas, acesso ao ensino superior	Portal online	Contínua
PORDATA	Indicadores agregados: diplomados por sexo, ciclo, área	Portal online, exportação CSV	Anual
Dados.gov.pt	Conjuntos de dados abertos: diplomados por curso, instituição, região, sexo e nacionalidade	API, CSV, JSON	Atualização periódica
Portal da Oferta Formativa	Cursos disponíveis por nível e modalidade	Portal online www.ofertaformativa.gov.pt	Contínua
SIGO (Sistema Integrado de Informação e Gestão da Oferta Educativa e Formativa)	Registo de ações de formação e oferta educativa	Plataforma online www.sigo.pt	Contínua

Um possível Plano de Ação para 10 anos deve ser desenvolvido à volta de 5 Eixos (ver também Plano de Desenvolvimento da Indústria da Microeletrónica elaborado pelo Advisory Board da Agenda da Microeletrónica, 2025):

Eixo 1 – Formação e Qualificação Avançada

Medidas:

- Criar Academias Nacionais de Microeletrónica em parceria com universidades e indústria.
- Introduzir conteúdos de microeletrónica nos 1.º ciclos e reforçar laboratórios práticos.
- Expandir mestrados e doutoramentos com bolsas co-financiadas por empresas.
- Desenvolver microcredenciais e cursos curtos para atualização contínua.

Metas:

- Duplicar diplomados em Engenharia Eletrotécnica/Eletrónica até 2035.
- Multiplicar por 15 diplomados com formação específica em microeletrónica (600/ano até 2035).
- Prazo: Início imediato; consolidação até 2030.

Eixo 2 – Formação Técnica e Requalificação

Medidas:

- Criar programas técnicos especializados (sala limpa, teste, automação fab).
- Implementar aprendizagem dual (empresa + escola técnica).
- Lançar programas de requalificação para profissionais de áreas adjacentes.

Metas:

- Formar 2.000 técnicos especializados até 2030.
- Garantir 50% das empresas com programas internos certificados.

Prazo: 2026-2030.

Eixo 3 – Observatório Nacional de Competências

Medidas:

- Criar plataforma digital para monitorização da oferta e procura.
- Publicar Relatório Nacional de Competências anual.
- Integrar dados com DGEEC, IEFP, ANI e FCT.

Metas:

- Observatório operacional até 2027.
- 100% das IES e clusters integrados na plataforma.

Prazo: 2026-2027.

Eixo 4 – Cooperação Academia-Indústria

Medidas:

- Estabelecer laboratórios conjuntos e hubs regionais.

- Criar programas de estágios e mentoria.
- Organizar hackathons, escolas de verão e conferências técnicas.

Metas:

- 10 hubs regionais ativos até 2030.
- 500 estágios anuais em empresas do setor.

Prazo: 2025-2030.

Eixo 5 – Atratividade e Divulgação

Medidas:

- Implementar campanhas nacionais sobre carreiras em microeletrónica.
- Criar incentivos diretos: bolsas, prémios e estágios.
- Desenvolver programas STEM para ensino básico e secundário.

Metas:

- Aumentar em 50% as candidaturas a cursos STEM até 2030.
- Criar 100 programas escolares de literacia tecnológica.

Prazo: 2025-2030.

Indicadores-Chave

- Nº de diplomados por área.
- Taxa de empregabilidade no setor.
- Nº de técnicos certificados.
- Nº de hubs e laboratórios ativos.
- Participação em programas europeus (Chips Act, IPCEI).

13 Conclusão

O desenvolvimento de competências na microeletrónica e nos semicondutores, pelo seu papel na transformação da sociedade e da economia a que assistimos, representa uma oportunidade histórica para afirmar Portugal como um território competitivo, inovador e integrado nas prioridades estratégicas europeias. A análise ao setor demonstra que o país dispõe de recursos científicos relevantes, capacidade formativa instalada e um ecossistema empresarial em crescimento, mas enfrenta desafios estruturantes como ausência de informação consolidada sobre competências, a escassez de talento especializado, a necessidade de modernizar a oferta educativa e a urgência de consolidar uma visão nacional alinhada com tendências tecnológicas globais.

A articulação entre políticas públicas, instituições de ensino, centros de investigação e empresas será determinante para garantir uma resposta eficiente às necessidades do setor. O reforço da formação avançada, a criação de programas de requalificação, o investimento em infraestruturas laboratoriais e a constituição de redes de colaboração internacional são elementos essenciais para assegurar que Portugal não apenas acompanha, mas lidera domínios estratégicos emergentes.

Em termos regionais, a Região Centro, pela importância estratégica que dá ao setor, mostra-se particularmente posicionada para assumir um papel de destaque, beneficiando de capacidade científica, uma comunidade tecnológica robusta e uma estratégia regional coerente. A implementação contínua da metodologia proposta, sustentada em evidência, alinhamento internacional e monitorização permanente, permitirá consolidar um sistema dinâmico de identificação e atualização de competências. No entanto, há forças e valências existentes noutras regiões, em particular na Região Norte e Lisboa e Vale do Tejo, que podem complementar e integrar uma estratégia nacional coordenada.

Assim, este documento constitui não apenas um diagnóstico, mas também um instrumento de orientação estratégica para o futuro. O seu propósito é apoiar decisões que reforcem a soberania tecnológica, promovam o desenvolvimento económico e garantam que o talento nacional contribui de forma decisiva para a transformação digital e industrial da Europa.

14 Referências Bibliográficas

Accenture. (2023). *Addressing the talent gap in the semiconductor industry*. <https://www.accenture.com>

Agenda da Microeletrónica. (2025). *Plano de desenvolvimento da indústria da microeletrónica*.

CCDR-C (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro). (2025). *Estratégia para os semicondutores e microeletrónica da Região Centro*.

CEDEFOP. (s.d.). *European Centre for the Development of Vocational Training*. <https://www.cedefop.europa.eu>

Chips Academy. (s.d.). *Chips Academy*. <https://chipsacademy.eu>

Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência. (s.d.). *DGEEC*. www.dgeec.medu.pt

European Commission. (2020). *Skills for industry strategy 2030*. <https://ec.europa.eu>

European Commission. (2022). *Proposal for a regulation establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem (Chips Act)*. <https://eur-lex.europa.eu>

European Commission. (2024). *European Chips Act: Shaping Europe's digital future*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu>

European Commission & Industry Stakeholders. (2023). *Pact for skills: Microelectronics large-scale partnership*. <https://ec.europa.eu>

European Commission. (s.d.). *Digital education action plan*. <https://education.ec.europa.eu/pt-pt/focus-topics/digital-education/plan>

European Skills, Competences, Qualifications and Occupations. (s.d.). *ESCO*. <https://esco.ec.europa.eu/>

McKinsey & Company. (2024). *Filling the talent gap in semiconductors*. <https://www.mckinsey.com/>

METIS4Skills. (s.d.). *METIS4Skills - Skills intelligence for microelectronics*. <https://www.metis4skills.eu>

National Semiconductor Industry Association. (s.d.). *Semiconductors.org*. <https://www.semiconductors.org>

ONET Online. (s.d.). <https://www.onetonline.org>

SEMI. (s.d.). *Global electronics manufacturing supply chain association*. <https://www.semi.org>

Anexos

Anexo A

Inquérito às Necessidades de Competências no Setor da Microeletrónica e Eletrónica Avançada em Portugal

Este inquérito visa recolher informação junto das empresas do setor da microeletrónica e eletrónica avançada, abrangendo toda a cadeia de valor — desde o *design* e fabrico de semicondutores até ao desenvolvimento de sistemas eletrónicos, PCBs, montagem, teste, integração, manutenção e reciclagem. O objetivo é identificar as principais necessidades de competências, perfis profissionais e qualificações, contribuindo para a conceção de um Plano de Capacitação alinhado com as dinâmicas e desafios do ecossistema nacional e de acordo com a Estratégia da Microeletrónica e Semicondutores da Região Centro.

1. Identificação da Empresa

Nome da empresa:

Localização (Concelho):

NIF:

Pessoa de contacto:

Cargo / Função:

E-mail:

Telefone:

2. Caracterização da Atividade

2.1. Principais áreas de atuação (pode selecionar mais do que uma):

- ☐ Design e engenharia de circuitos integrados (Chip design)
- ☐ System Design
- ☐ Fabricação e Processos de semicondutores (front-end / back-end)
- ☐ Teste e validação de semicondutores
- ☐ Encapsulamento / packaging de semicondutores
- ☐ Equipamentos (tooling) para o fabrico de semicondutores
- ☐ Materiais para o fabrico de semicondutores
- ☐ Software e automação para o fabrico de semicondutores
- ☐ Desenvolvimento de sistemas eletrónicos
- ☐ Desenho de PCBs e PCBAs

- ☐ Fabrico de PCBs e Assemblagem
- ☐ Montagem e integração de sistemas eletrónicos
- ☐ Teste, diagnóstico e reparação/recondicionamento de equipamentos eletrónicos
- ☐ Desenvolvimento de firmware / software embarcado
- ☐ Eletrónica de potência
- ☐ Instrumentação e controlo
- ☐ Automação industrial
- ☐ Investigação e desenvolvimento (I&D): Investigação em materiais, Engenharia de simulação, Integração de sistemas ou Programação
- ☐ Investigação e desenvolvimento (I&D) / prototipagem
- ☐ Serviços de engenharia e consultoria
- ☐ Manutenção e Suporte de máquinas utilizadas na montagem e fabrico de microeletrónica / semicondutores
- ☐ Gestão e suporte técnico (Gestão de projetos, Ferramentas para supply chain)
- ☐ Outra (especifique):

2.2. Setores de aplicação predominantes:

- ☐ Automóvel
- ☐ Mobilidade autónoma
- ☐ Mobilidade elétrica (sistemas de carregamento e gestão)
- ☐ Saúde / dispositivos médicos
- ☐ Energia e redes inteligentes
- ☐ Telecomunicações
- ☐ Indústria e automação
- ☐ Defesa
- ☐ UAVs
- ☐ Aeroespacial
- ☐ Eletrónica de consumo
- ☐ Outro (especifique):

2.3. Dimensão da empresa:

- ☐ Microempresa (até 9 trabalhadores)
- ☐ Pequena empresa (10 a 49 trabalhadores)
- ☐ Média empresa (50 a 249 trabalhadores)
- ☐ Grande empresa (250 ou mais trabalhadores)

2.4. Número total de colaboradores: _____

2.5. Distribuição estimada da força de trabalho por nível de qualificação:

- Nível 8 (Doutoramento): _____%
- Nível 7 (Mestrado): _____%
- Nível 6 (Licenciatura): _____%
- Nível 5 (CTeSP/CET): _____%
- Nível 4 (Cursos Profissionais/Especialização Tecnológica): _____%
- sem formação técnica específica: _____%

3. Necessidades de Competências e Perfis Profissionais

3.1. Áreas de competência mais críticas para a sua empresa atualmente (assinale as mais relevantes):

- ☐ Chip Design
- ☐ Chip Verification
- ☐ Systems Design
- ☐ Engenharia de Circuitos
- ☐ Design FPGA
- ☐ Engenharia de processos
- ☐ Técnico(a) de sala limpa
- ☐ Engenharia de automação fab
- ☐ Desenho e fabrico de PCBs e PCBAs
- ☐ Soldadura, montagem e testes de placas eletrónicas
- ☐ Desenvolvimento de firmware e software embarcado
- ☐ Teste, verificação e validação de sistemas eletrónicos
- ☐ Reparação e manutenção de equipamentos
- ☐ Integração de sistemas e automação industrial
- ☐ Microfabricação e processos em sala limpa
- ☐ Inteligência artificial aplicada a sistemas eletrónicos
- ☐ Eletrónica flexível / impressa
- ☐ Sistemas embebidos inteligentes
- ☐ Conectividade IoT e 5G
- ☐ Eficiência energética e *design* sustentável
- ☐ Automação e robótica
- ☐ Gestão de qualidade e certificação
- ☐ Engenharia de processos e industrialização
- ☐ Gestão de equipas e de projetos tecnológicos
- ☐ Comprador Técnico ou Especialista em supply chain
- ☐ Outras (especifique):

.....
.....
.....
.....

3.2. Perfis profissionais mais difíceis de recrutar:

-
-
-
-
-

3.3. Dificuldades na contratação:

- ☐ Falta de candidatos qualificados
- ☐ Falta de experiência prática / técnica
- ☐ Oferta formativa desajustada
- ☐ Rotatividade elevada
- ☐ Outra (especifique):

3.4. Competências emergentes relevantes para os próximos 3-5 anos:

- ☐ Tecnologias Quânticas
- ☐ Cibersegurança em sistemas eletrónicos
- ☐ Outras (especifique):
 -
 -
 -
 -
 -

3.5. Níveis de formação a reforçar no setor:

- ☐ Cursos técnicos profissionais (CET e CETeSP)
- ☐ Microcredenciais
- ☐ Licenciaturas / mestrados
- ☐ Pós-graduações / doutoramentos
- ☐ Formação modular / curta duração
- ☐ Formação prática em contexto de trabalho

4. Colaboração e Apoio

4.1. A sua empresa colabora atualmente com ENESII (Entidades Não Empresariais do Sistema de Investigação e Inovação)?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, indique quais e em que âmbito:

.....
.....

4.2. Interesse em participar em programas de:

- ☐ Formação de técnicos especializados
- ☐ Requalificação de profissionais
- ☐ Estágios curriculares ou profissionais
- ☐ Programas conjuntos empresa–academia
- ☐ Desenvolvimento de conteúdos formativos
- ☐ Acesso a laboratórios de prototipagem ou fab labs

4.3. Tipos de apoio mais relevantes:

- ☐ Formação financiada
- ☐ Parcerias com ENESII (Entidades Não Empresariais do Sistema de Investigação e Inovação)
- ☐ Acesso a infraestruturas tecnológicas
- ☐ Programas de estágios
- ☐ Apoio à internacionalização de competências
- ☐ Outros (especifique):
 -
 -
 -

5. Observações Finais

5.1. Comentários, sugestões ou prioridades para o plano de capacitação:

.....

.....

.....

.....

Anexo B

Formulário de Mapeamento da Oferta Formativa e Competências no Setor da Microeletrónica e Semicondutores

1. Identificação da Entidade

Nome da instituição / entidade formativa:

.....

Tipo de entidade:

- ☐ Universidade
- ☐ Instituto Politécnico
- ☐ Centro de Investigação
- ☐ Escola Profissional
- ☐ Centro de Formação do IEFP
- ☐ Centro Tecnológico
- ☐ Associação Empresarial
- ☐ Outra (especificar):

.....

Unidade orgânica responsável pela formação:

.....

(ex: Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Escola Superior de Tecnologia, etc)

Pessoa de contacto (Nome / Cargo / Email / Telefone):

.....

.....

Localização (concelho):

.....

2. Oferta formativa relevante para o setor

Indique os cursos ou formações relacionadas com eletrónica, microeletrónica, semicondutores, materiais, automação, computação ou áreas afins.

[illegible]

Notas de apoio:

- Níveis de qualificação (QEQ): Nível 4 – Cursos Profissionais / Especialização Tecnológica | Nível 5 – CTeSP / CET | Nível 6 – Licenciatura | Nível 7 – Mestrado | Nível 8 – Doutoramento
- Certificação: DGERT, ANQEP, IEFP, DGES, etc.

3. Conteúdos e competências desenvolvidas

Competências técnicas e transversais associadas à formação.

Principais módulos / unidades de formação relacionados com o setor:

(ex: Microeletrónica, Dispositivos de Estado Sólido, Processos de Fabrico de Chips, CAD para circuitos integrados, etc)

.....

.....

.....

Competências desenvolvidas (assinale as aplicáveis):

Design e Engenharia de Circuitos:

- ☐ Chip Design
- ☐ Chip Verification & Test
- ☐ System Design
- ☐ Design FPGA
- ☐ Engenharia de Circuitos / Eletrónica analógica
- ☐ Engenharia de Circuitos / Eletrónica digital
- ☐ Desenvolvimento de firmware e software embarcado (sistemas embebidos)
- ☐ Teste, verificação e validação de sistemas eletrónicos

Outras (especifique):

.....

.....

Fabrico, Processos e Operação

- ☐ Materiais e nanotecnologia
- ☐ Fabrico e Processos de semicondutores (front-end / back-end)
- ☐ Microfabricação e trabalho em sala limpa
- ☐ Encapsulamento / packaging de semicondutores
- ☐ Teste e caracterização de semicondutores
- ☐ Desenho e montagem de PCBs/PCBAs
- ☐ Soldadura, montagem e testes de placas eletrónicas
- ☐ Automação fab / Engenharia de processos industriais
- ☐ Outras (especifique):

.....

.....

Integração, Manutenção e Suporte

- ☐ Integração de sistemas eletrónicos e automação industrial
- ☐ Reparação e manutenção de equipamentos eletrónicos
- ☐ Gestão de qualidade e certificação
- ☐ Gestão de projetos e equipas tecnológicas
- ☐ Compras técnicas / supply chain
- ☐ Outras (especifique):

.....

.....

Competências emergentes e transversais

- ☐ Inteligência artificial aplicada a sistemas eletrónicos
- ☐ Eletrónica flexível / impressa
- ☐ Sistemas embebidos inteligentes
- ☐ Conectividade IoT e 5G
- ☐ Eficiência energética e *design* sustentável
- ☐ Cibersegurança em sistemas eletrónicos
- ☐ Automação e robótica
- ☐ Outras (especifique):

.....

.....

.....

Infraestruturas e equipamentos de apoio:
(ex: sala limpa, laboratório de eletrónica, CAD tools, etc.)

4. Ligação ao ecossistema e empregabilidade

Parcerias com empresas / clusters / centros

tecnológicos:.....

(ex: nome e natureza da colaboração)

Taxa de empregabilidade dos diplomados/formandos:

Áreas de empregabilidade dos diplomados/formandos (assinale as aplicáveis):

- ☐ Indústria de semicondutores e microeletrónica
- ☐ Automóvel
- ☐ Aeronáutica / Espaço
- ☐ IoT / Sensores
- ☐ Telecomunicações

- ☐ Energia
- ☐ Fotónica
- ☐ Manutenção e automação industrial
- ☐ Outras:

.....

.....

5. Necessidades, lacunas e oportunidades

Principais lacunas de competências já identificadas: na oferta formativa para o setor?

.....

.....

Que novas competências ou formações considera prioritárias desenvolver?

.....

.....

Apoios ou colaborações consideradas úteis:

- ☐ Formação de formadores
- ☐ Equipamentos e infraestruturas
- ☐ Projetos conjuntos de inovação / pilotos
- ☐ Atualização curricular
- ☐ Outras:

.....

.....

6. Interesse em cooperação

A entidade tem disponibilidade para participar em iniciativas conjuntas de formação ou redes regionais (ex: hub regional de microeletrónica)?

- ☐ Sim ☐ Não ☐ A avaliar

Se sim, indicar áreas de interesse:

.....

7. Observações adicionais

Campo livre para comentários, sugestões ou informação complementar

This image shows a full page of a worksheet designed for handwriting practice. It features approximately 20 horizontal rows, each defined by two parallel dotted lines. The lines are evenly spaced and extend across the entire width of the page, providing a guide for letter height and placement. There is no text or other markings on the page.

