

**Pronúncia da Associação Portuguesa de Professores de Física e de Química**  
**sobre a formação de capital humano em semicondutores no ensino secundário**  
(vias científico-humanística e profissional)  
da sequência da participação no evento Café de Ciência 2025

A APPFQ saúda a realização do Café de Ciência no Parlamento a 3 de dezembro de 2025 dedicado ao tema *“Semicondutores: um mundo invisível com oportunidades à vista”* e o lançamento do POEMS – Centro Português de Competências em Semicondutores, que coloca Portugal alinhado com o *European Chips Act* e com a Estratégia Nacional para os Semicondutores.

A Estratégia Nacional identifica claramente a escassez de recursos humanos qualificados como um dos principais estrangulamentos do sector e define a necessidade de reforçar a formação e as competências específicas, incluindo **a promoção da microeletrónica e dos semicondutores no ensino básico e secundário, através de projetos e atividades práticas.**

Em paralelo, o país está a equipar as escolas com **Laboratórios de Educação Digital (LED)**, previstos no PRR, destinados a todos os alunos do 2.º e 3.º ciclos e do ensino secundário, em todas as vias – científico-humanística e profissional. Estes espaços congregam áreas de Programação e Robótica, STEM e Artes/Multimédia, para apoiar atividades curriculares e extracurriculares com forte componente tecnológica. Como associação representativa dos professores de Física e Química, a APPFQ considera que:

- O **ensino secundário científico-humanístico** é um elo crítico na consolidação de conhecimentos em Física, Química, Eletricidade, Estrutura da Matéria e Ciência dos Materiais.
- O **ensino profissional** tem de ser protagonista na formação técnica qualificada, com exigência, apoio aos alunos e forte ligação ao mundo do trabalho, sob pena de desperdiçarmos a oportunidade de resposta às necessidades de qualificação do sector dos semicondutores.

Na sequência do convite para participar no Café de Ciência no Parlamento, a APPFQ esteve presente, escutou atentamente as intervenções, sugestões e dificuldades partilhadas pelos diferentes atores envolvidos, e tomou conhecimento mais aprofundado do POEMS e da Estratégia Nacional para os Semicondutores. Nesse mesmo momento, a APPFQ apresentou uma primeira contribuição, alinhada com várias das preocupações e propostas então discutidas.

Com o presente documento, pretendemos consolidar essas propostas, desenvolvê-las e torná-las formalmente explícitas, sistematizando-as e complementando o contributo dado no próprio Café de Ciência, de modo a disponibilizar um conjunto coerente de linhas de ação para consideração das entidades responsáveis:

- A) Criação de cursos profissionais específicos e em articulação com os territórios;
- B) Criação de uma disciplina opcional de 12.º ano orientada para STEM e semicondutores;
- C) Reforçar e atualizar os currículos;
- D) Formação de professores.

## Propostas de Linhas de ação

### A

#### **Criação de cursos profissionais específicos e em articulação com os territórios**

A Estratégia Nacional para os Semicondutores será tanto mais eficaz quanto melhor integrar o ensino profissional como via de excelência técnica, particularmente nos concelhos e regiões onde existem empresas do sector (fabrico, design, teste, eletrónica associada, materiais, etc.).

A APPFQ propõe:

##### **A.1. Cursos de Ensino profissional dirigidos para o sector dos semicondutores**

Os cursos de ensino profissional dirigidos para o setor dos semicondutores devem ser especificamente concebidos para este domínio, valorizando as áreas da eletrónica, automação, informática, manutenção industrial e afins como via preferencial de acesso ao ecossistema dos semicondutores. É fundamental garantir que estes cursos mantêm currículos rigorosos e atualizados, combinando uma forte componente prática e tecnológica com o desenvolvimento da cultura geral e de competências transversais, como a comunicação e a resolução de problemas, bem como a consolidação de conhecimentos científico-tecnológicos de base, incluindo Física e Química relevantes para a área dos semicondutores.

### **A.2. Planeamento territorial da oferta: concelhos com empresas do sector**

A partir da identificação dos concelhos e regiões com empresas do ecossistema dos semicondutores e eletrónica avançada, conduzir à abertura ou requalificação de cursos profissionais diretamente articulados com essas empresas, garantindo que os planos curriculares contemplam conteúdos específicos em semicondutores, eletrónica de potência, controlo e sensores.

As decisões de abertura de cursos devem resultar de um diálogo estruturado entre as entidades envolvidas (escolas, empresas, autarquias, centros tecnológicos, POEMS, etc) clarificando que tecnologias estão em uso, os perfis profissionais que serão necessários num horizonte de 3–5 anos e que equipamentos laboratoriais (incluindo LED e oficinas específicas) são necessários para garantir uma formação com qualidade.

### **A.3. Ligação real ao mundo do trabalho**

Reforçar a Formação em Contexto de Trabalho permitindo maior percentagem do tempo formativo passado em ambiente empresarial real, sob supervisão partilhada escola–empresa e a realização de projetos conjuntos em que alunos trabalham, ao longo de vários meses, em problemas concretos colocados pelas empresas de semicondutores ou de eletrónica.

### **A.4. Apoio efetivo aos alunos e às escolas profissionais**

Na formação profissional, tal como na científica-humanística, tem de haver garantias de exigência e evitar-se o facilitismo que leva à certificação formal sem competências reais, o que compromete a credibilidade da via profissional e afasta os melhores candidatos. A exigência no ensino tem de ser acompanhada por apoio acrescido de equipas técnicas (psicólogos, assistentes sociais, mediadores), tutorias e mentorias, e com a proteção da autoridade dos professores e criação de ambientes de aprendizagem estáveis, condição necessária para manter a exigência pedagógica.

## B

### **Criação de uma disciplina opcional de 12.º ano orientada para STEM e semicondutores**

A APPFQ propõe a criação, ao abrigo do artigo 14.º do Decreto-Lei n.º 55/2018 e do artigo 8.º da Portaria n.º 226-A/2018, de uma disciplina de oferta de escola, opcional no 12.º ano, integrada na componente específica dos Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias e de Ciências Socioeconómicas, com foco em STEM aplicado a semicondutores, eletrónica e sistemas inteligentes.

A oferta teria como finalidade:

**1. Reforçar a interdisciplinaridade entre Física, Química, Matemática, TIC e Engenharia**

Trabalhar, de forma integrada, modelação matemática, programação, eletrónica, ciência dos materiais e projetos de engenharia simples, com foco em aplicações que utilizam semicondutores (sensores, sistemas de automação, energia, mobilidade, saúde).

**2. Desenvolver competências de pensamento computacional e programação**

Domínio obrigatório de Pensamento Computacional e Programação (por exemplo, em *Python* e em plataformas de prototipagem como Arduino), como base para o desenvolvimento de projetos em eletrónica e semicondutores.

**3. Fomentar o desenvolvimento de projetos STEM com recurso a semicondutores e LED**

O Domínio de Desenvolvimento de Projetos STEM deverá incluir propostas como sistemas de automação residencial com microcontroladores, sistemas de monitorização ambiental com sensores, veículos de energia solar e dispositivos de energia eficiente, bem como pequenos sistemas de instrumentação e aquisição de dados, sempre que possível associados a problemas reais identificados em parceria com empresas e centros de I&D. Prevê-se, ainda, a utilização sistemática dos Laboratórios de Educação Digital (sensores, robótica, impressão 3D, multimédia) como espaço privilegiado para a conceção, prototipagem, teste e comunicação destes projetos.

A APPFQ considera que esta disciplina iria contribuir para o desenvolvimento de competências como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação, trabalho colaborativo, autonomia e responsabilidade, de forma alinhada com o Perfil dos Alunos. Em **anexo** encontra-se uma base de trabalho para a proposta de uma disciplina opcional de 12.º ano “STEM e Semicondutores”. Esta base de trabalho foi

elaborada a partir de propostas similares que já encontram implementadas no terreno, nomeadamente a disciplina STEM lecionada no 12.º ano na Escola Secundária Oliveira e Júnior, em S. João da Madeira.

A APPFQ defende que esta disciplina seja objeto de orientações nacionais de enquadramento, clarificando finalidades, domínios organizadores e exemplos de projetos, de forma a garantir a coerência com a Estratégia Nacional para os Semicondutores e com o POEMS. Propõe-se, igualmente, a promoção de uma fase piloto, envolvendo um conjunto de escolas selecionadas em diferentes regiões, nomeadamente em concelhos com presença de empresas do setor, articulando a disciplina com visitas a empresas, centros de I&D e iniciativas como o Café de Ciência no Parlamento e as escolas de verão de ciência. O desenho das Aprendizagens Essenciais desta disciplina deve, ainda, assegurar um equilíbrio adequado entre a ambição científica e tecnológica e a exequibilidade pedagógica.

Relacionado com esta problemática, com a necessidade de uma formação mais sólida dos nossos jovens dos cursos científico-humanísticos nestas áreas e com a discrepância evidente entre a carga letiva dos alunos do 10.º e 11.º anos e a do 12.º ano, importa sublinhar a necessidade de repor uma carga horária adequada ao funcionamento das disciplinas de opção no 12.º ano. A carga horária das disciplinas de Física e de Química do 12.º ano encontra-se grosseiramente desajustada face às Aprendizagens Essenciais definidas para essas disciplinas.

## C

### **Reforçar e atualizar os currículos**

Importa reforçar e atualizar os currículos tornando explícitas as ligações entre eletricidade, magnetismo, semicondutores e sistemas eletrónicos, através de atividades experimentais e de projeto que envolvam, por exemplo, a utilização de sensores, LEDs, díodos, transístores e circuitos simples, articulados com problemas do quotidiano dos alunos.

Contudo, esta aposta só será plenamente bem-sucedida se, a montante, no ensino básico, for claramente fomentado o contacto experimental com os fenómenos elétricos e magnéticos, quase ao nível da tomada de consciência de fenómenos: experiências elementares de eletrização por fricção, contacto e indução; estudo das interações entre ímanes (tipos de ímanes, forças de atração e repulsão); magnetização de agulhas e construção de bússolas simples; observação de que correntes elétricas geram fenómenos magnéticos; forças

exercidas entre fios percorridos por corrente; consciência do fenómeno de indução eletromagnética; fabrico de eletroímãs e construção de pequenos motores rudimentares.

Atualmente, o currículo praticamente não explicita este tipo de atividades práticas elementares, quer de natureza eletrostática quer eletromagnética, o que fragiliza a compreensão conceptual dos alunos e limita o potencial de exploração, no ensino secundário, de temas mais avançados como a eletrónica, os semicondutores e as tecnologias digitais que deles dependem.

## D

### Formação de professores

O desenvolvimento do tema dos semicondutores nas escolas deverá ser acompanhado por um investimento consistente na formação contínua de professores, em três níveis complementares:

Em primeiro lugar, é necessário reforçar o conhecimento geral em eletricidade, magnetismo e eletrónica dos docentes. O acesso aos mestrados em ensino de Física e Química pode ser feito a partir de formações de licenciatura muito diversas, muitas delas com um número reduzido de unidades de crédito nas áreas técnicas da eletricidade e do eletromagnetismo. Acresce que uma parte significativa dos professores atualmente no ativo, e que ainda permanecerão no sistema durante vários anos, provém de cursos pré-Bolonha sem formação de base sólida nestes domínios. Torna-se, por isso, indispensável apostar numa formação contínua mais consistente em eletricidade e magnetismo em geral, que permita consolidar conceitos fundamentais e a sua transposição didática.

Num segundo plano, importa promover formação específica na área dos semicondutores, abordando, de forma articulada com o currículo, temas como díodos, transístores, junções p–n, componentes básicos de circuitos, bem como a conceção e exploração de circuitos simples de eletrónica, incluindo a utilização de microcontroladores em contexto educativo (sensores, atuadores, sistemas de monitorização e controlo).

Por fim, num terceiro nível, deve ser fomentada a formação em contexto, no próprio ecossistema de I&D e na indústria, através de estágios de curta duração (*job shadowing*) de professores em laboratórios e empresas da área, integrando a rede POEMS. Estes estágios devem permitir o contacto direto com linhas de investigação, processos de fabrico, teste e encapsulamento, bem como com os diferentes perfis profissionais em falta no sector, reforçando a ligação entre a escola, a ciência e a indústria.

## Considerações finais

A APPFQ considera que o sucesso da Estratégia Nacional para os Semicondutores será coadjuvado com a capacidade do país em:

- Valorizar simultaneamente o ensino secundário científico-humanístico e o ensino profissional como vias complementares e de excelência;
- Aproveitar integralmente os Laboratórios de Educação Digital (LED) como infraestrutura para projetos em semicondutores e eletrónica em todas as vias de ensino;
- Criar uma disciplina opcional de 12.º ano orientada para STEM e semicondutores, que consolide percursos e vocações nesta área;
- Articular, de forma territorialmente inteligente, a oferta de cursos profissionais com a presença de empresas do sector, assegurando currículos exigentes, apoio aos alunos e ligação real ao mundo do trabalho;
- Abrir laboratórios e centros de investigação às escolas e aos professores, tornando a ciência e a tecnologia acessíveis e próximas.

As propostas aqui apresentadas – criação de cursos profissionais especificamente orientados para o ecossistema dos semicondutores, definição de uma disciplina opcional de 12.º ano centrada em STEM e semicondutores, reforço e atualização dos currículos em eletricidade, magnetismo e eletrónica e investimento estruturado na formação contínua de professores na sua área específica – devem ser entendidas como partes de uma mesma visão sistémica. Não se trata apenas de “acrescentar conteúdos”, mas de garantir condições reais de exequibilidade pedagógica: tempos letivos adequados, equipamentos e laboratórios operacionais, docentes capacitados no tema, redes de parceria com empresas, centros de I&D e entidades de ensino superior, e uma valorização efetiva das vias profissionais.

A APPFQ coloca-se à disposição da Assembleia da República, do MECI, do POEMS e das empresas para, em conjunto e na medida em que os seus meios ou apoios o permitam, transformar o “mundo invisível” dos semicondutores numa oportunidade visível e concreta para os nossos alunos e para o desenvolvimento científico, tecnológico e industrial de Portugal.

Penafiel, 5 de dezembro de 2025

A Direção



## ANEXO

### Base de trabalho para uma proposta de disciplina opcional de 12.º ano

#### “STEM e Semicondutores”

(Disciplina de oferta de escola – componente específica)

### 1. Identificação da disciplina

- **Designação:** STEM e Semicondutores
- **Nível de ensino:** Ensino Secundário – 12.º ano
- **Tipo de oferta:** Disciplina opcional de **oferta de escola**, integrando a componente específica
- **Cursos abrangidos:**
  - Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias
  - Curso Científico-Humanístico de Ciências Socioeconómicas
- **Público-alvo:** Alunos do 12.º ano interessados em aprofundar conhecimentos em ciência, tecnologia e engenharia, com particular ênfase em eletrónica, semicondutores, sistemas inteligentes e aplicações digitais.
- **Pré-requisitos recomendados:**
  - Frequência de Física e Química A e Matemática A (ou disciplinas equivalentes);
  - Competências básicas de literacia digital.

### 2. Enquadramento legal e curricular

A disciplina é criada ao abrigo de:

- **Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho**
  - Artigo 14.º – Ofertas de escola;
  - Artigo 19.º – Organização do currículo do ensino secundário.
- **Portaria n.º 226-A/2018, de 7 de agosto**
  - Artigo 8.º – Organização da componente de oferta de escola.

A proposta inspira-se na disciplina **STEM – Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática**, prevista como oferta de escola no 12.º ano, e especializa a sua matriz na área dos **semicondutores, eletrónica e sistemas inteligentes**, articulando:

- a **Estratégia Nacional para os Semicondutores**;
- o **POEMS – Centro Português para os Semicondutores**;
- a utilização sistemática dos **Laboratórios de Educação Digital (LED)** das escolas.



### 3. Finalidades

A disciplina “STEM e Semicondutores” tem como finalidades:

1. **Reforçar a literacia científica e tecnológica** dos alunos em áreas centrais da economia digital: semicondutores, eletrónica, sistemas embebidos, sensores, energia e automação.
2. **Integrar Física, Química, Matemática, TIC e Engenharia**, através de projetos práticos, que evidenciem a relevância das ciências fundamentais nas tecnologias do quotidiano.
3. **Desenvolver competências de pensamento computacional e programação**, aplicadas a problemas concretos (leitura de sensores, controlo de atuadores, tratamento e visualização de dados).
4. **Fomentar o trabalho de projeto em contexto STEM**, desde a conceção à prototipagem e comunicação, utilizando os recursos dos LED e dos laboratórios existentes na escola.
5. **Apoiar a orientação vocacional**, dando a conhecer percursos de estudo e profissões na área dos semicondutores, microeletrónica, informática, materiais e engenharia.
6. Contribuir para o desenvolvimento das competências do **Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória**, nomeadamente pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, comunicação, colaboração, responsabilidade e autonomia.

### 4. Organização curricular

A disciplina organiza-se em dois domínios articulados, contribuindo para o reforço da formação especializada e das competências específicas em microeletrónica e semicondutores, tal como preconizado na Estratégia Nacional para os Semicondutores:

1. **Domínio 1 – Pensamento Computacional, Eletrónica Digital e Programação**
2. **Domínio 2 – Desenvolvimento de Projetos STEM**

O Domínio 1 fornece as bases de programação, eletrónica digital elementar e interação com sensores e atuadores necessárias ao desenvolvimento, no Domínio 2, de projetos STEM que dão a conhecer aplicações reais de semicondutores ao longo da cadeia de valor (sensores, microcontroladores, LED, energia, comunicação, automação, etc.), aproximando os alunos das áreas estratégicas identificadas na Estratégia Nacional.

#### 4.1. Domínio 1 – Pensamento Computacional, Eletrónica Digital e Programação

### Objetivo geral:

Desenvolver competências de pensamento computacional, eletrónica digital elementar e programação orientadas para a interação com sensores, atuadores e dispositivos baseados em semicondutores (por exemplo, LED, sensores de temperatura, iluminação, proximidade, células fotovoltaicas simples).

O aluno deve ser capaz de:

- **Compreender a noção de algoritmo** e representá-lo em linguagem natural, fluxogramas ou pseudocódigo, relacionando-o com o funcionamento interno dos “chips” e dos sistemas programáveis que comandam dispositivos do quotidiano.
- **Desenvolver algoritmos simples para problemas reais** envolvendo aquisição de dados e controlo de dispositivos eletrónicos (por exemplo, ligar/desligar um LED consoante a luminosidade, ativar um alarme de proximidade, regular a ventilação em função da temperatura).
- **Utilizar uma linguagem de programação imperativa** (por exemplo, Python ou linguagem de microcontrolador) para construir programas com:
  - variáveis e tipos de dados simples;
  - operadores aritméticos, lógicos e relacionais;
  - estruturas de seleção (if/else) e repetição (while/for);
  - funções com passagem de parâmetros.
- **Estabelecer ligação entre o programa e sensores/atuadores**, via microcontrolador ou plataforma equivalente, para:
  - ler sinais de temperatura, luminosidade, proximidade, humidade, etc.;
  - controlar LEDs, motores, buzinas e outros dispositivos simples, discutindo o papel dos semicondutores nesses componentes.
- **Relacionar sensores e atuadores com aplicações reais do setor dos semicondutores**, como automóvel, energia, saúde, cidades inteligentes e indústria, reconhecendo que são “pontos de entrada” para profissões e formações futuras nestas áreas.
- **Organizar dados recolhidos** (listas, tabelas, ficheiros) para posterior análise e visualização, ligando esta prática à importância dos dados na monitorização de processos industriais, redes de sensores e sistemas inteligentes.
- **Documentar o código e os procedimentos**, seguindo boas práticas de programação, colaboração e reprodutibilidade, em linha com as exigências de trabalho em equipas de desenvolvimento e I&D.

### 4.2. Domínio 2 – Desenvolvimento de Projetos

### Objetivo geral:

Conceber, desenvolver e testar projetos que integrem semicondutores, sensores, atuadores, sistemas programáveis e, quando possível, elementos de comunicação de dados, articulando conhecimentos de Física, Química, Matemática e TIC. Os projetos devem tornar visível o papel dos semicondutores ao longo da cadeia de valor (dispositivo – sistema – aplicação – impacto social/ambiental) e aproximar os alunos das necessidades reais de talento identificadas pelo ecossistema nacional.

O aluno deve ser capaz de:

- **Identificar problemas ou desafios reais** em áreas como energia, ambiente, mobilidade, saúde, habitat, indústria, agricultura inteligente ou cidades inteligentes e propor soluções tecnológicas realistas com base em sistemas de sensores, atuadores e microcontroladores.
- **Reconhecer, em linguagem acessível, o papel dos semicondutores** em:
  - LEDs, células fotovoltaicas, sensores, microcontroladores, memórias;
  - componentes como díodos, transístores e circuitos integrados;
  - aplicações emergentes (por exemplo, fotónica integrada, eletrónica flexível, sensores em larga escala), ainda que numa perspetiva introdutória.
- **Utilizar sensores baseados em semicondutores** em projetos de monitorização e controlo (por exemplo, qualidade do ar, conforto térmico, iluminação eficiente, medição de radiação luminosa, deteção de obstáculos, segurança).
- **Integrar microcontroladores ou plataformas equivalentes em protótipos funcionais**, compreendendo, de forma introdutória, que estes dispositivos são “chips” programáveis produzidos na indústria de semicondutores.
- **Aplicar ferramentas de modelação e/ou impressão 3D** para construir elementos estruturais dos protótipos (suportes, caixas, peças de ligação), discutindo a importância do encapsulamento, da proteção dos componentes e da fiabilidade dos sistemas.
- **Recolher, organizar e analisar dados experimentais**, recorrendo a gráficos, tabelas e dashboards simples, valorizando a leitura crítica dos resultados e a sua relação com a eficiência, consumo energético e robustez das soluções.
- **Avaliar o impacto das soluções desenvolvidas** quanto a:
  - sustentabilidade e eficiência energética (por exemplo, consumo de energia dos protótipos, uso de LEDs de alta eficiência, estratégias de poupança);
  - ergonomia e usabilidade;

- viabilidade técnica e potencial de escalabilidade (ligação a contextos industriais e à produção em série).
- **Explorar ligações à formação avançada e às profissões do setor**, reconhecendo percursos possíveis (cursos profissionais, CTESP, licenciaturas em eletrónica, engenharia física, materiais, informática, etc.) e o papel de Portugal na cadeia de valor global dos semicondutores.
- **Comunicar o trabalho realizado** (relatórios, posters, apresentações orais, vídeos, portefólios digitais), utilizando linguagem científica adequada e fazendo referência explícita ao papel dos semicondutores nas soluções apresentadas.
- 

**Exemplos de projetos (a adaptar por cada escola, de acordo com os recursos disponíveis):**

- **Sistema de iluminação eficiente** com LEDs e sensores de presença/luminosidade, com registo do consumo energético e análise de cenários de poupança.
- **Estação de monitorização ambiental** (temperatura, humidade, pressão, qualidade do ar, ruído) com registo e análise de dados, discutindo a relevância de redes de sensores para cidades inteligentes.
- **Protótipo de veículo de energia solar ou de baixo consumo**, com sensores de distância e de luminosidade, articulando conceitos de semicondutores (célula fotovoltaica, eletrónica de potência) com sustentabilidade.
- **Sistema de apoio ao estacionamento ou navegação** com sensores de distância, relacionando o protótipo com sistemas reais de assistência à condução no setor automóvel.
- **Automação residencial à escala reduzida**, com controlo de iluminação, temperatura, ventilação e segurança, fazendo o paralelismo com soluções industriais de automação e IoT.
- **Projeto “cadeia de valor do chip” à escala escolar**, em que diferentes grupos trabalham etapas distintas (conceção, simulação, prototipagem em breadboard, implementação em PCB simples, encapsulamento/caixa, teste e validação), discutindo as profissões envolvidas em cada fase.

Em todos os casos, recomenda-se a valorização dos recursos existentes nos Laboratórios de Educação Digital (LED), articulando sensores, atuadores, robótica educativa, impressão 3D, ferramentas multimédia e, sempre que possível, ligações com o Centro de Competências em Semicondutores e com instituições de ensino superior/empresas do setor (sessões “laboratório aberto”, visitas, palestras online, etc.).

## 5. Metodologias de ensino e avaliação

A disciplina assenta em metodologias ativas, em linha com a Estratégia Nacional, que preconiza a promoção da microeletrónica e dos semicondutores no ensino básico e secundário, através de projetos e atividades práticas:

- **Aprendizagem baseada em projetos**, com desafios reais e produtos finais concretos, preferencialmente ligados a problemas de energia, ambiente, mobilidade, saúde e indústria 4.0.
- **Trabalho em pequenos grupos**, com repartição de funções (programação, hardware, documentação, comunicação, análise de dados), simulando equipas de I&D/engenharia.
- **Utilização sistemática dos Laboratórios de Educação Digital (LED)** e de outros espaços laboratoriais, assegurando contacto regular com hardware real (sensores, atuadores, microcontroladores, robótica, impressão 3D).
- Sempre que possível, **integração de visitas de estudo**, sessões em “laboratórios abertos” de universidades, politécnicos, centros de investigação e empresas do setor dos semicondutores, fotónica, eletrónica de potência, sensores, etc.
- **Reflexão sobre o processo** (diários de bordo, autoavaliação, partilha de dificuldades e estratégias), promovendo competências de colaboração, resiliência e responsabilidade.
- **Envolvimento pontual de especialistas externos** (engenheiros, investigadores, antigos alunos) para dar visibilidade a percursos formativos e profissionais ligados aos semicondutores.

### Avaliação das aprendizagens

A avaliação é contínua e combina dimensões formativa e sumativa, incidindo sobre:

#### 1. Conhecimentos e aplicação (30–40 %)

- Domínio dos conceitos de programação, sensores, sistemas com semicondutores e contexto da indústria de semicondutores em Portugal e na Europa.
- Capacidade para aplicar esses conhecimentos na resolução de problemas e no desenvolvimento de pequenos protótipos funcionais.

#### 2. Qualidade do projeto (30–40 %)

- Funcionalidade, robustez e segurança dos protótipos (incluindo aspetos como ligações, proteção de componentes, fiabilidade).
- Criatividade e adequação da solução proposta ao problema identificado.
- Rigor na recolha, organização e análise de dados, incluindo reflexão sobre consumo energético e sustentabilidade.

### 3. Competências transversais (20–30 %)

- Trabalho colaborativo, responsabilidade, autonomia e gestão de projeto.
- Comunicação oral e escrita (relatórios, apresentações, documentação de código, portefólios digitais).
- Capacidade de integrar feedback de colegas, professores e, quando possível, de parceiros externos (empresas, centros de investigação).

A concretização da ponderação e dos instrumentos de avaliação (grelhas, relatórios, apresentações, portefólios, protótipos, etc.) é definida no regulamento interno da escola e no respetivo projeto curricular de turma.

### 6. Requisitos para implementação

Para garantir a qualidade da disciplina e a sua coerência com a Estratégia Nacional para os Semicondutores, recomenda-se que a escola assegure:

#### Equipa docente

- Pelo menos um docente com formação em Física e Química, Engenharia Física, Engenharia Eletrotécnica ou área afim, com sensibilidade para os conceitos de semicondutores e para o enquadramento científico.
- Um docente com competências em TIC/Programação/Eletrónica, podendo ser:
  - o mesmo professor (em regime de monodocência); ou
  - um segundo docente em regime de coadjuvação, promovendo a interdisciplinaridade.
- Sempre que possível, articulação com clubes de ciência/robótica, equipas de projetos externos (Olimpíadas, concursos de ciência e tecnologia, etc.).
- 

#### Infraestruturas e equipamentos mínimos

- Acesso a **uma sala LED ou espaço equivalente** com:
  - computadores com ligação à internet;
  - kits de prototipagem (sensores, atuadores, microcontroladores, robótica educativa, placas de ensaio, fontes de alimentação seguras);
  - impressora 3D e software de modelação, sempre que possível.
- **Material básico para experiências com semicondutores**, incluindo:

- LEDs, díodos, transístores, resistências, potenciômetros, breadboards, cablagem, fontes de alimentação seguras;
- sensores diversos (temperatura, luminosidade, proximidade, qualidade do ar, etc.) adequados ao nível de ensino.
- Acesso, ainda que pontual, a **laboratórios de instituições de ensino superior ou centros de investigação** (salas limpas, laboratórios de eletrónica, fotónica, materiais), de forma a tornar visível o continuum “escola secundária – ensino superior – indústria”, em consonância com a Estratégia Nacional e com as Linhas Piloto europeias.

### Articulação com a formação de professores

- **Oferta de formação contínua acreditada (CCPFC)** centrada em:
  - atualização científica em semicondutores, microeletrónica, sensores, fotónica, eletrónica flexível e sustentável;
  - didáticas de projeto STEM, uso pedagógico dos LED e integração de programação em contextos experimentais.
- Promoção de **parcerias com o futuro Centro de Competências em Semicondutores**, universidades, politécnicos, centros de investigação e empresas, para:
  - estágios de professores em contexto industrial/laboratorial;
  - coorientação de projetos de alunos;
  - partilha de recursos didáticos e boas práticas.