

The logo for Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI), featuring the letters 'spi' in a stylized font with a red dot above the 'i'.

Sociedade Portuguesa de Inovação

The logo for PRODUTECH, with 'PRODU' in white and 'TECH' in blue, separated by a stylized bracket.

Elaboração de um  
**Roadmap**  
**Tecnológico** para a  
Fileira das  
**Tecnologias de**  
**Produção**



**PÓLOS DE COMPETITIVIDADE**

SECTORES PÚBLICA E EMPRESARIAL



**COMPETE**

PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE



QUADRO  
DE REFERÊNCIA  
ESTRATÉGICO  
NACIONAL  
PORTUGAL 2007-2013



**UNIÃO EUROPEIA**  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional



# Elaboração de um *Roadmap* Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

## FICHA TÉCNICA

Elaboração de um *Roadmap* Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

Agosto de 2013

**Autoria:** Sociedade Portuguesa de Inovação

**Coordenação Global:** Augusto Medina

**Equipa Técnica:** André Alvarim, Isabel Aguiar, Ivone Peres, João Medina, João Rodrigues, Mariana Fernandes, Mark Spinoglio, Miguel Taborda, Nuno Gonçalves

## Sumário executivo

A Associação para as Tecnologias de Produção Sustentável (PRODUTECH) decidiu promover, com o apoio da Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI), a elaboração de um *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção nacional.

O *roadmap* tecnológico é um documento estratégico, geralmente apresentado sob a forma de diagrama temporal, que identifica um ou mais caminhos críticos para que uma empresa ou setor atinjam os seus objetivos tecnológicos e de mercado. Trata-se, assim, de um elemento que permite que as empresas compreendam as tendências de mercado e os fluxos de conhecimento, no sentido de definirem as suas estratégias de evolução e de garantirem a sua competitividade.

Ciente da importância da realização de um levantamento das oportunidades de mercado para as empresas da Fileira e da definição de uma estratégia para a concretização dessas oportunidades, a PRODUTECH considerou prioritária a elaboração de um *roadmap* que perspetive o desenvolvimento e aplicação das tecnologias de produção para diferentes horizontes temporais e para nove setores industriais utilizadores, nomeadamente: Calçado; Cerâmica e Vidro; Cortiça; Curtumes; Madeira e Mobiliário; Metalomecânico; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; e Têxtil e Vestuário.

Para a elaboração do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção foi adotado um modelo específico, tendo por base uma análise alargada à diversidade de modelos existentes. Este modelo consiste num diagrama com três camadas (“*layers*”), correspondentes às três componentes consideradas de maior importância na elaboração do *roadmap*, designadamente:

- **Mercado** – contém as oportunidades de mercado existentes para as empresas da Fileira;
- **Produto** – apresenta os produtos (e.g. máquinas, equipamentos, *software*) que as empresas da Fileira poderão desenvolver/melhorar com vista a dar resposta às oportunidades identificadas;
- **Tecnologia** – identifica as tecnologias que terão de ser desenvolvidas/melhoradas e que deverão estar na origem dos produtos identificados.

O desenvolvimento do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção teve por base a utilização de uma abordagem metodológica que assentou na premissa de que as oportunidades de mercado para as empresas da Fileira estão diretamente relacionadas com as necessidades das empresas pertencentes aos nove setores utilizadores de tecnologias de produção envolvidos no projeto. Assim, foram desenvolvidos, numa primeira fase, *roadmaps* tecnológicos setoriais, tendo em vista a identificação de denominadores comuns aos nove setores envolvidos (ou a vários destes setores), os quais deram origem ao *roadmap* global para a Fileira. O esquema da Figura i mostra a abordagem adotada para o desenvolvimento do *roadmap* global. Os aspetos de mercado, produto e tecnologia de interesse específico apenas para um dos setores utilizadores ou para um grupo reduzido desses setores são abordados exclusivamente nos *roadmaps* setoriais.

Para a elaboração dos *roadmaps* setoriais e do *roadmap* global, foi efetuada uma recolha de informação através da interação com diferentes *stakeholders* (designadamente Centros Tecnológicos, entidades dedicadas à I&D e empresas fornecedoras de tecnologias de produção e dos setores utilizadores), a qual foi complementada com uma análise de fontes bibliográficas relevantes.

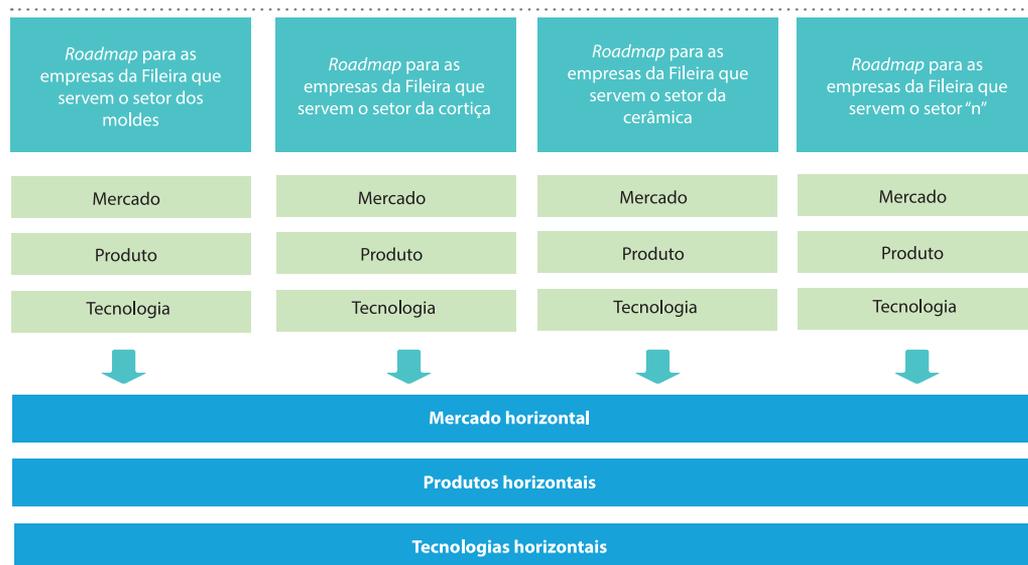


Figura i - Processo de desenvolvimento do *roadmap* geral da Fileira das Tecnologias de Produção

Como resultado do trabalho de identificação de denominadores comuns aos vários setores (componentes das camadas horizontais de mercado, produto e tecnologia), foram identificadas as cinco necessidades de mercado abaixo apresentadas:

#### **Necessidade 1 (N1):**

##### **Equipamento de alto desempenho**

Necessidade comum a todos os setores, que relataram estarem perante desafios que irão requerer a adoção de equipamento novo e melhorado, quer para produzir de forma mais eficiente e otimizada, quer para criar produtos de maior valor acrescentado ou para introduzir melhorias incrementais nas diversas fases dos atuais processos de fabrico;

#### **Necessidade 2 (N2):**

##### **Agilização, flexibilização e controlo de processos**

Necessidade que, tal como a anterior (com a qual está intimamente ligada), teve aceitação universal, resultando do facto de muitas

indústrias trabalharem hoje com o paradigma das pequenas séries de elementos feitos à medida;

#### **Necessidade 3 (N3):**

##### **Planeamento e simulação**

Necessidade que tem também uma forte ligação às duas anteriores (embora não tenha sido manifestada por todos os setores consultados) e que se prende com a existência de lacunas ao nível da capacidade para planear de forma mais rigorosa os processos em fábrica e de virtualizar mais esses mesmos processos de modo a torná-los economicamente mais eficientes;

#### **Necessidade 4 (N4):**

##### **Gestão de resíduos e materiais**

Necessidade comum a setores que têm operações de processo em fase aquosa e/ ou com grandes consumos de água (e.g. curtumes, cortiça, rochas ornamentais e industriais e têxtil), requerendo, portanto,

a otimização do tratamento de efluentes, o reaproveitamento das águas de processo e a valorização de resíduos e desperdícios;

---

**Necessidade 5 (N5):**

**Maior sustentabilidade energética**

---

Necessidade relativamente consensual entre todos os setores (embora não constitua em todos uma prioridade) e que resulta essencialmente do elevado custo da energia a nível nacional.

Adicionalmente, estabeleceu-se uma relação entre as necessidades de mercado supra-referidas e as exigências de produto detetadas em cada um dos setores envolvidos. Esta atividade resultou num conjunto de produtos, novos e melhorados, para os quais foram, por último, identificadas as tecnologias que deverão estar na sua origem.

O principal resultado deste trabalho foi o *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção que se apresenta na Figura ii.



## Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

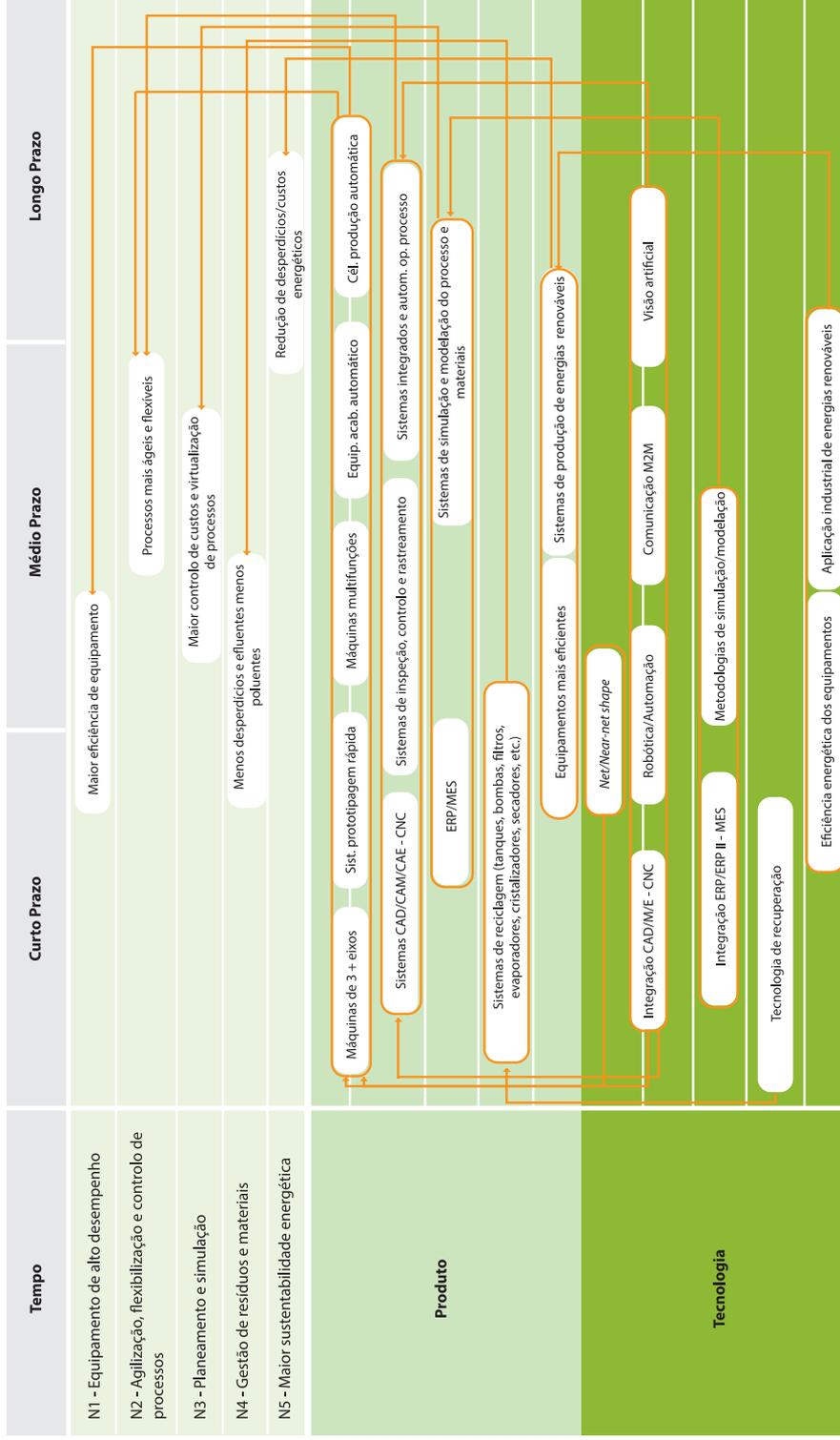


Figura ii - Roadmap tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção

No sentido de facilitar a interpretação do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, foram definidos quatro percursos tecnológicos (i.e. frações do *roadmap* que permitem analisar ligações e interdependências entre a informação que consta das diferentes camadas), designadamente:



#### Percurso tecnológico 1

O Percurso Tecnológico 1 abarca as necessidades N1 e N2, fruto das interdependências que naturalmente existem entre a adoção, por parte da indústria transformadora, de equipamento de mais alto desempenho e a agilização, flexibilização e controlo do processo produtivo através de uma maior incorporação de TIC e tecnologias de automação;



#### Percurso tecnológico 2

O Percurso Tecnológico 2 refere-se também à introdução de TIC no processo de manufatura, mas de um ponto de vista da necessidade de planeamento e simulação (N3), revelando-se particularmente importante para os agentes industriais que lidam com séries curtas e produtos altamente customizados, os quais apresentam dificuldades em adquirir instrumentos de planeamento da sua atividade que sirvam adequadamente os seus propósitos;



#### Percurso tecnológico 3

O Percurso Tecnológico 3 reflete os produtos e tecnologias associados à necessidade de gestão de resíduos e materiais (N4), sendo particularmente relevante em setores com operações do processo produtivo em fase aquosa ou setores que, simplesmente, utilizem grandes quantidades de água;



#### Percurso tecnológico 4

O Percurso Tecnológico 4 diz respeito a questões de aumento de sustentabilidade energética (N5), sendo relevante para a generalidade dos setores utilizadores, em particular aqueles em que se registam custos energéticos muito significativos.

As tecnologias identificadas no *roadmap* deram também origem à definição de várias áreas de I&D que permitirão o seu avanço.

É nestas áreas que se devem desenrolar os projetos de investigação industrial de base que deverão estar no início da cadeia de desenvolvimento dos produtos que respondem às necessidades de mercado diagnosticadas.

As áreas de I&D identificadas estão referenciadas na Tabela i.

Uma parte significativa das necessidades dos setores utilizadores poderá ser colmatada pelas empresas fornecedoras de tecnologias de produção com base na introdução de melhorias incrementais em tecnologias já existentes. Devem ser, naturalmente, considerados os diferentes ritmos a que os setores utilizadores se movem em termos tecnológicos. Adicionalmente, deve ser também tido em conta que as necessidades dos setores utilizadores variam ao longo do tempo, pelo que o exercício de *roadmapping* deve acompanhar a evolução dessas mesmas necessidades.

Assim, propõe-se, por fim, que seja efetuada uma actualização periódica do *roadmap* tecnológico desenvolvido no âmbito do presente projeto, sugerindo-se, para o efeito, a implementação (com uma periodicidade de 3 anos) da metodologia apresentada na Figura ii.

Tabela i - Áreas de investigação para o desenvolvimento de tecnologias indicadas no *roadmap*

Tecnologia	Áreas de investigação
Aplicação industrial de energias renováveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia solar concentrada</li> <li>• Energia fotovoltaica</li> <li>• Energia solar térmica</li> <li>• Bombas de calor</li> </ul>
Comunicação M2M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolos e mecanismos de networking</li> </ul>
Eficiência energética dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicações de controlo intensivo com automação integrada</li> <li>• Capacidade de recuperação, recolha e captação de energia dos equipamentos</li> <li>• Adaptabilidade e auto-adaptabilidade do equipamento a diferentes requisitos de processo</li> </ul>
Integração CAD/M/E – CNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC</li> </ul>
Integração ERP/ERP II – MES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML</li> </ul>
Metodologias de simulação/modelação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelação e simulação de processos de fabrico</li> <li>• Modelação inteligente de maior capacidade preditiva</li> <li>• Simulação integrada em chão-de-fábrica</li> <li>• Interfaces de utilizador avançadas</li> </ul>
Net/near-net shape	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de fabrico aditivo (ALM)</li> <li>• Transferência de técnicas para uso em materiais avançados</li> </ul>
Robótica/automação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automação cooperativa inteligente</li> <li>• Interação humano-robot</li> <li>• Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade</li> <li>• Máquinas de produção inteligente</li> </ul>
Tecnologias de recuperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtros de membranas</li> <li>• Biorreatores de membranas (MBR)</li> <li>• Tratamento e desinfeção químicos</li> <li>• Desmineralização</li> </ul>
Visão artificial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção automatizada e inteligência artificial                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de visão de alta resolução</li> <li>- Interferometria de luz estruturada</li> </ul> </li> </ul>

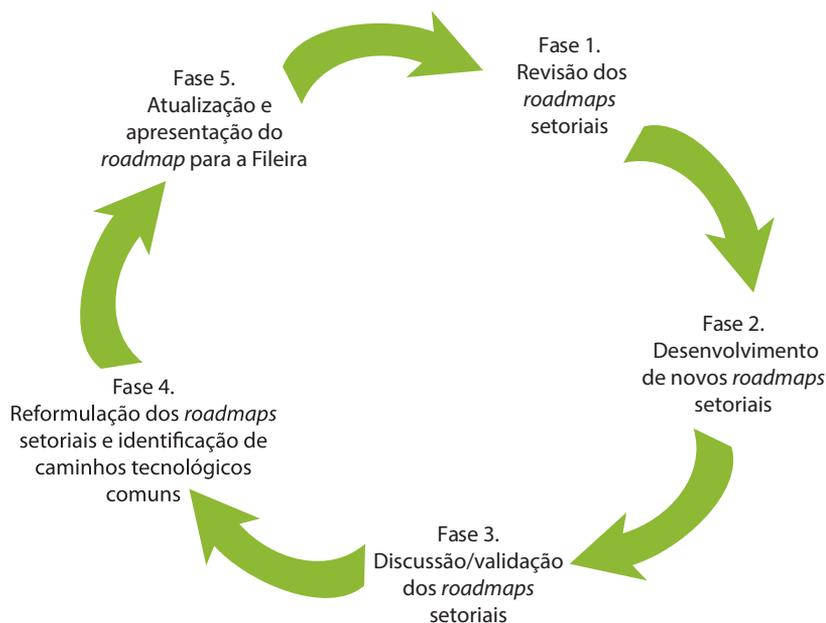


Figura iii - Proposta de metodologia para atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção

A implementação da metodologia proposta deverá ocorrer durante um período de seis meses e permitirá às empresas fornecedoras de tecnologias de produção alinhar, de forma frequente, os seus objetivos estratégicos com as necessidades do mercado, contribuindo, desta feita, para o reforço da competitividade do tecido empresarial da Fileira.

O presente documento visa, tal como previsto no caderno de encargos do projeto, apresentar a versão final do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção. Esta versão resulta de um trabalho de refinação e ajuste do Relatório Intermédio, apresentado em Julho de 2013.

Porto, Agosto de 2013

A Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A.

## Agradecimento

Gostaríamos de agradecer a todas as pessoas e entidades que generosamente se disponibilizaram para a discussão de temas relevantes para a elaboração do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção, contribuindo com a sua visão e conhecimento para uma análise multifacetada da realidade e facilitando significativamente a reflexão apresentada no presente documento.

Porto, Agosto de 2013

A Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A.

## Índice

<b>1. Introdução</b>	<b>5</b>
1.1 Enquadramento do Estudo	7
1.2 <i>Roadmaps</i> tecnológicos e a sua utilização na indústria	8
1.3 O modelo de <i>roadmap</i> tecnológico selecionado	9
<b>2. Abordagem metodológica</b>	<b>11</b>
2.1 Abordagem geral	13
2.2 Descrição das atividades desenvolvidas	15
<b>3. <i>Roadmap</i> global para a Fileira das Tecnologias de Produção</b>	<b>19</b>
3.1 Fundamentação do <i>roadmap</i>	21
3.2 Estratégia para a elaboração do <i>roadmap</i> tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção	22
3.3 Percursos tecnológicos	39
3.4 Atividades de I&D	50
<b>4. Conclusões e observações</b>	<b>63</b>
<b>5. Recomendações para atualização do <i>roadmap</i></b>	<b>69</b>
<b>Anexo - <i>Roadmaps</i> setoriais</b>	<b>75</b>

## Índice de figuras

Figura 1 – Modelo de <i>roadmap</i> tecnológico utilizado	9
Figura 2 – Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto	15
Figura 3 – Processo de desenvolvimento do <i>roadmap</i> geral da Fileira das Tecnologias de Produção	22
Figura 4 – <i>Roadmap</i> tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção	31
Figura 5 – Camada “Mercado” do <i>roadmap</i> global	32
Figura 6 – Camada “Produto” do <i>roadmap</i> global	34
Figura 7 – Camada “Tecnologia” do <i>roadmap</i> global	39
Figura 8 – Percurso Tecnológico 1 do <i>roadmap</i> global	41
Figura 9 – Percurso Tecnológico 2 do <i>roadmap</i> global	43
Figura 10 – Integração ERP/MES	44
Figura 11 – Percurso Tecnológico 3 do <i>roadmap</i> global	46
Figura 12 – Percurso Tecnológico 4 do <i>roadmap</i> global	48
Figura 13 – Proposta de metodologia para atualização do <i>roadmap</i> para a Fileira das Tecnologias de Produção	71
Figura 14 – Proposta de cronograma para a implementação da metodologia de atualização do <i>roadmap</i> tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção	73
Figura 15 – <i>Roadmap</i> para o setor do Calçado	78
Figura 16 – <i>Roadmap</i> para o setor da Cerâmica e do Vidro	80
Figura 17 – <i>Roadmap</i> para o setor da Cortiça	83
Figura 18 – <i>Roadmap</i> para o setor dos Curtumes	85
Figura 19 – <i>Roadmap</i> para o setor da Madeira e do Mobiliário	87
Figura 20 – <i>Roadmap</i> para o setor da Metalomecânica	90
Figura 21 – <i>Roadmap</i> para o setor dos Moldes, Ferramentas e Plásticos	92
Figura 22 – <i>Roadmap</i> para o setor das Rochas Ornamentais e Industriais	94
Figura 23 – <i>Roadmap</i> para o setor do Têxtil e Vestuário	96

## Índice de tabelas

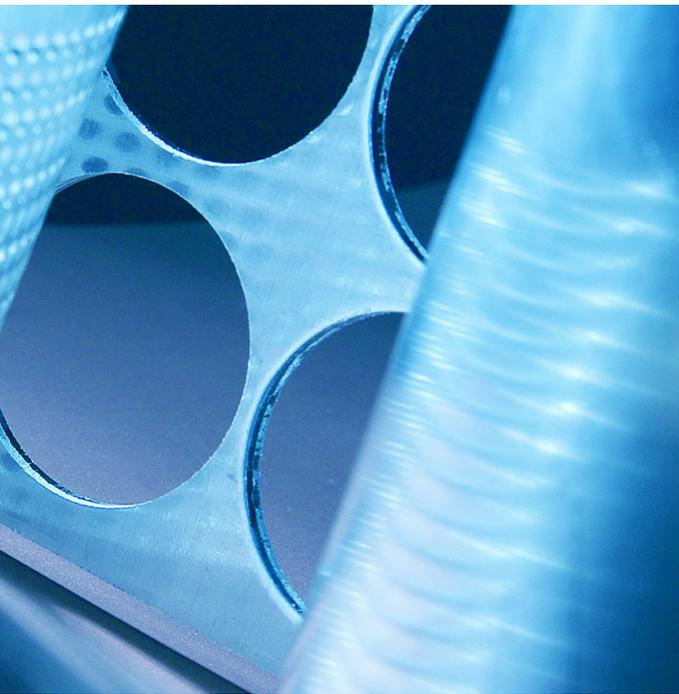
Tabela 1 – Matriz de necessidades de mercado dos setores utilizadores	24
Tabela 2 – Necessidades de mercado transversais e prioritárias	25
Tabela 3 – Matriz de necessidades de produto	26
Tabela 4 – Necessidades de produto transversais e prioritárias	29
Tabela 5 – Correspondência entre necessidades de mercado e detores utilizadores	30
Tabela 6 – Áreas tecnológicas do <i>roadmap</i> global	50
Tabela 7 – Áreas de investigação para o desenvolvimento de tecnologias	50

## Lista de siglas e acrónimos

<b>AEPF</b> – Associação Empresarial de Paços de Ferreira	<b>HVLP</b> – <i>High Volume Low Pressure</i>
<b>ALM</b> – <i>Additive Layer Manufacturing</i>	<b>I&amp;D</b> – Investigação e Desenvolvimento
<b>B2MML</b> – <i>Business To Manufacturing Markup Language</i>	<b>ICT</b> – <i>Information and Communication Technology</i>
<b>CAD</b> – <i>Computer-aided Design</i>	<b>IDI</b> – Investigação, Desenvolvimento e Inovação
<b>CAE</b> – <i>Computer-aided Engineering</i>	<b>INEGI</b> – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
<b>CAM</b> – <i>Computer-aided Manufacturing</i>	<b>INESC</b> – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores
<b>CATIM</b> – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica	<b>IR</b> – <i>Infra-red</i>
<b>CECIMO</b> – <i>Comité Européen de Coopération des Industries de la Machine-Outil</i>	<b>KPI</b> – <i>Key Performance Indicators</i>
<b>CENTIMFE</b> – Centro Tecnológico da Indústria dos Moldes, Ferramentas e Plásticos	<b>LMD</b> – <i>Laser Metal Deposition</i>
<b>CEVALOR</b> – Centro Tecnológico da Pedra Natural de Portugal	<b>MBR</b> – <i>Membrane Bioreactors</i>
<b>CITEVE</b> – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal	<b>M2M</b> – <i>Machine-to-machine</i>
<b>CNC</b> – Controlo Numérico Computacional	<b>MES</b> – <i>Manufacturing Execution System</i>
<b>CORDIS</b> – <i>Community Research and Development Information Service</i>	<b>MEMS</b> – <i>Microelectromechanical System</i>
<b>CTCOR</b> – Centro Tecnológico da Cortiça	<b>MRP</b> – <i>Manufacturing Resource Planning</i>
<b>CTCP</b> – Centro Tecnológico do Calçado de Portugal	<b>NASA</b> – <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
<b>CTCV</b> – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro	<b>NC</b> – <i>Numerical control</i>
<b>CTIC</b> – Centro Tecnológico das Industrias do Couro	<b>PECVD</b> – <i>Plasma-enhanced chemical vapor deposition</i>
<b>DLF</b> – <i>Direct Laser Forming</i>	<b>PPP</b> – <i>Public-Private Partnership</i>
<b>ECD</b> – <i>Electron Capture Detector</i>	<b>PVD</b> – <i>Physical vapor deposition</i>
<b>EDM</b> – <i>Electrical Discharge Machining</i>	<b>RECET</b> – Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal
<b>EM</b> – <i>Electromagnetic</i>	<b>RFID</b> – <i>Radio-frequency Identification</i>
<b>ERP</b> – <i>Enterprise Resource Planning</i>	<b>SCT</b> – Sistema Científico e Tecnológico
<b>ERP4IT</b> – <i>Enterprise Resource Planning for Information Technology</i>	<b>SCI</b> – <i>Science Citation Index</i>
<b>GC</b> – <i>Gas Chromatography</i>	<b>STEP-NC</b> – <i>Standard for the Exchange of Product – Numerical Control</i>
<b>GC-ECD</b> – <i>Gas chromatography - Electron Capture Detector</i>	<b>TCA</b> – Tricloroanisol
<b>H2020</b> – Horizonte 2020	<b>TIC</b> – Tecnologias de Informação e Comunicação
	<b>UV</b> – <i>Ultra-violet</i>



## 1. Introdução





## 1. Introdução

### 1.1 Enquadramento do Estudo

Surgindo no contexto da implementação de estratégias de eficiência coletiva que visam a inovação, a qualificação e a modernização das empresas produtoras e utilizadoras de tecnologias de produção, a Associação para as Tecnologias de Produção Sustentável (PRODUTECH) dinamiza, de forma estruturada, a cooperação entre as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção e entre estas e outros atores relevantes, assumindo-se como um parceiro chave no reforço da competitividade internacional da economia portuguesa.

No atual contexto, as empresas, de forma a garantirem a sua competitividade, têm necessidade de recorrer cada vez mais a estudos estratégicos e/ou de natureza prospetiva sobre a evolução e futuro das tecnologias emergentes – i.e. *roadmaps* tecnológicos. Estes estudos permitem às empresas entenderem melhor as tendências de mercado e de desenvolvimento tecnológico, bem como os fluxos de conhecimento, e definirem em conformidade as suas estratégias de desenvolvimento, investimento, inovação e gestão de tecnologia.

Consciente desta realidade, a PRODUTECH promoveu a elaboração de um *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção, perspetivando o desenvolvimento e aplicação das tecnologias de produção para diferentes horizontes temporais e para um conjunto de setores utilizadores, nomeadamente: Calçado; Cerâmica e Vidro; Cortiça; Curtumes; Madeira e Mobiliário; Metalomecânico; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; e Têxtil e Vestuário.

O estudo contém informação útil para destinatários com perfis distintos, designadamente:

- **Empresas da Fileira das Tecnologias de Produção** – estas empresas terão no *roadmap* uma importante fonte de informação para complementarem a sua estratégia de desenvolvimento de produto, desenvolvimento tecnológico e de investimento em Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI), bem como para construírem novas competências ou reforçarem as já existentes, nomeadamente através da constituição de potenciais parcerias;
- **Empresas dos setores utilizadores** – graças à informação que consta do *roadmap*, estas empresas poderão ver garantida a satisfação das suas necessidades tecnológicas e de inovação, podendo seguir as tendências de desenvolvimento identificadas para os setores em que atuam. Para o desenvolvimento das tecnologias consideradas prioritárias (e adequadas às suas necessidades específicas), estas empresas terão a possibilidade de colaborar estreitamente com as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção, no sentido de adquirirem vantagens competitivas;
- **Entidades do Sistema Científico e Tecnológico (SCT)** – estas entidades (que incluem Universidades, Institutos Politécnicos e Centros Tecnológicos, entre outros) poderão extrair do *roadmap* informação sobre as necessidades tecnológicas, de Inovação e de

competências apresentadas pelas empresas, potenciando assim a criação de uma oferta formativa mais adequada às reais necessidades do mercado, bem como o desenvolvimento de novos projetos de IDI em parceria, com claros benefícios para ambas as partes.

Tendo em conta a sua natureza, missão e experiência, a Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI) apoiou a PRODUTECH no desenvolvimento do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção.

O presente documento visa, tal como previsto no caderno de encargos do projeto, apresentar a versão final do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção. Esta versão resulta de um trabalho de refinação e ajuste do Relatório Intermédio, apresentado em Julho de 2013.

Para além do presente capítulo introdutório, que inclui um enquadramento do projeto, uma exposição de conceitos teóricos sobre *roadmaps* tecnológicos e sua utilização na indústria, assim como a proposta de modelo de *roadmap* selecionada, o presente documento contém ainda:

- uma descrição da metodologia utilizada para o desenvolvimento dos trabalhos, com indicação da tipologia de entidades envolvidas, fontes utilizadas e atividades desenvolvidas;
- uma apresentação e descrição do *roadmap* tecnológico para a Fileira;
- as principais conclusões do trabalho desenvolvido;
- um conjunto de recomendações para a atualização do *roadmap*; e
- um anexo com os *roadmaps* setoriais desenvolvidos.

## 1.2 *Roadmaps* tecnológicos e a sua utilização na indústria

Globalmente, as empresas enfrentam um número crescente de dificuldades e desafios – os produtos tornam-se cada vez mais complexos e customizados, o seu *time-to-market* decresce rapidamente, o seu ciclo de vida diminui, os custos de investimento aumentam e a concorrência é cada vez mais intensa. Estes obstáculos exigem que as empresas adquiram um conhecimento cada vez maior e mais especializado do seu setor e do seu mercado. Um melhor planeamento tecnológico contribui eficazmente para que tal aconteça. Frequentemente, este planeamento materializa-se na elaboração de *roadmaps* tecnológicos.

Um *roadmap* tecnológico é um documento estratégico, geralmente apresentado sob a forma de diagrama temporal, que identifica um ou mais caminhos críticos para que uma empresa ou setor atinjam objetivos tecnológicos e de mercado. O *roadmap* ajuda uma dada empresa ou setor a orientar os seus recursos para o desenvolvimento de tecnologias e produtos críticos para a consecução dos seus objetivos.

O método de *roadmapping* tecnológico é extensivamente usado a nível industrial. Os primeiros *roadmaps* tecnológicos foram desenvolvidos pela Motorola, há mais de 25 anos, para apoiar o seu planeamento integrado de tecnologia e produção. Desde então, o método tem sido adaptado e usado em variados contextos industriais, destacando-se como outros exemplos relevantes de desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos os seguintes:

- a) **Grandes empresas multinacionais de base tecnológica** – destaca-se, a título de exemplo, o caso da Philips, que utiliza processos de *roadmapping* para planear a integração de tecnologias de produto e processo com vista

ao desenvolvimento de funcionalidades específicas em produtos futuros;

**b) Entidades representativas de setores industriais** – destacam-se como exemplos significativos a Plataforma Tecnológica Europeia *Manufacture* e o seu *Factories of the Future PPP – Strategic Multi-Annual Roadmap* e o *American Iron and Steel Institute* com o seu *Technology Roadmap Research Program for the Steel Industry*;

**c) Entidades do SCT** – salienta-se, neste contexto, o caso da NASA, que desenvolveu 14 *roadmaps* para as suas diferentes *Space Technology Areas*, as quais vão desde os sistemas de propulsão à nanotecnologia;

**d) Entidades públicas** – salienta-se, neste âmbito, o Serviço de Correios do Reino Unido, que, através do *Post Office Research Group*, recorreu já à elaboração de *roadmaps* tecnológicos para a disseminação do seu planeamento de I&D, para a hierarquização de atividades de investigação e para a identificação de áreas do conhecimento que exigiam reforço de competências.

Embora conceitualmente simples, o *roadmap* tecnológico costuma apresentar desafios consideráveis na fase de elaboração, uma vez que representa o resultado final de um processo

de estratégia e planeamento. Seguidamente é apresentado o modelo de *roadmap* utilizado no presente projeto.

### 1.3 O modelo de *roadmap* tecnológico selecionado

Uma das razões que justifica a complexidade de elaborar *roadmaps* tecnológicos é a variedade de modelos possíveis para a sua configuração. De facto, o desenvolvimento de um *roadmap* tecnológico para uma empresa ou setor requer normalmente um elevado grau de customização, de modo a maximizar a sua utilidade para a empresa ou setor em causa, adequando-se perfeitamente às suas necessidades e realidades.

Deste modo, torna-se difícil identificar um modelo estandardizado que possa ser aplicado à Fileira das Tecnologias de Produção, especialmente considerando os resultados esperados para este trabalho: para além de um *roadmap* relativo a toda a Fileira, são ainda apresentados nove *roadmaps* distintos, refletindo a relação das tecnologias de produção com os nove setores utilizadores dessas tecnologias considerados neste trabalho.

Seguidamente é apresentado o modelo de *roadmap* utilizado neste trabalho, que foi considerado particularmente adequado pela equipa de projeto.

Tempo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Mercado			
Produto			
Tecnologia			

Figura 1 – Modelo de *roadmap* tecnológico utilizado

O modelo apresentado na Figura 1 inclui três camadas (“layers”) correspondentes às três componentes consideradas de maior importância na elaboração do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção – Mercado, Produto e Tecnologia.

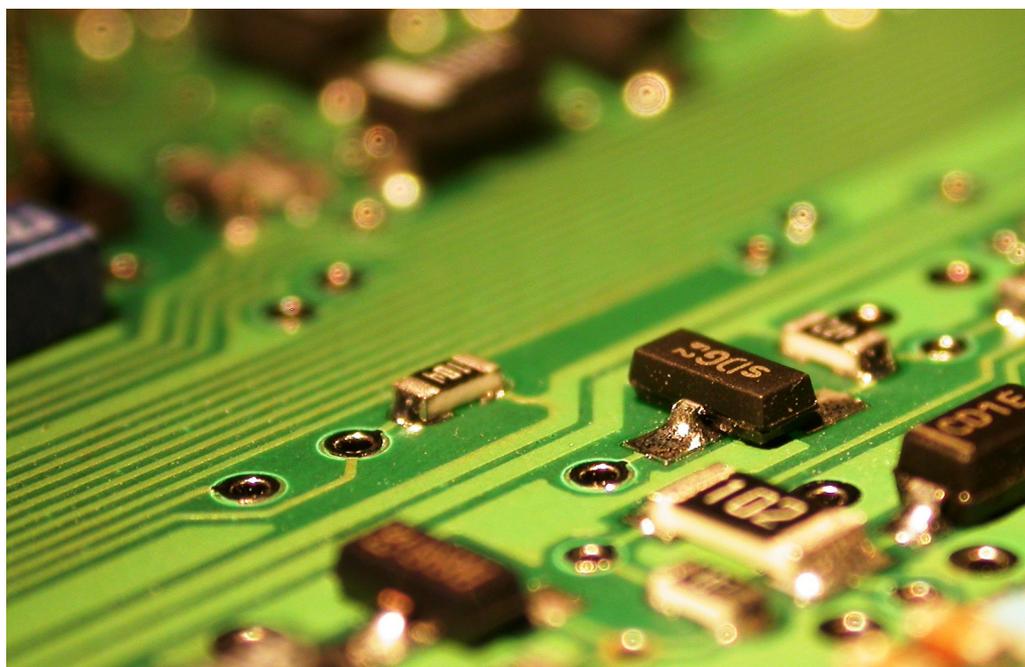
Para cada componente são identificados vários *milestones*, que correspondem a diferentes tipos de objetivos, metas e ocorrências e que possuem dependências entre si (representadas através de setas inter-camadas), partindo das atividades mais a montante na cadeia de valor (i.e. Tecnologia) e acabando nas mais a jusante (i.e. Mercado). Os referidos *milestones* inserem-se nas diferentes camadas da seguinte forma:

- **Mercado** – correspondem às oportunidades de mercado existentes para as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção, as quais resultam, por sua vez, da identificação

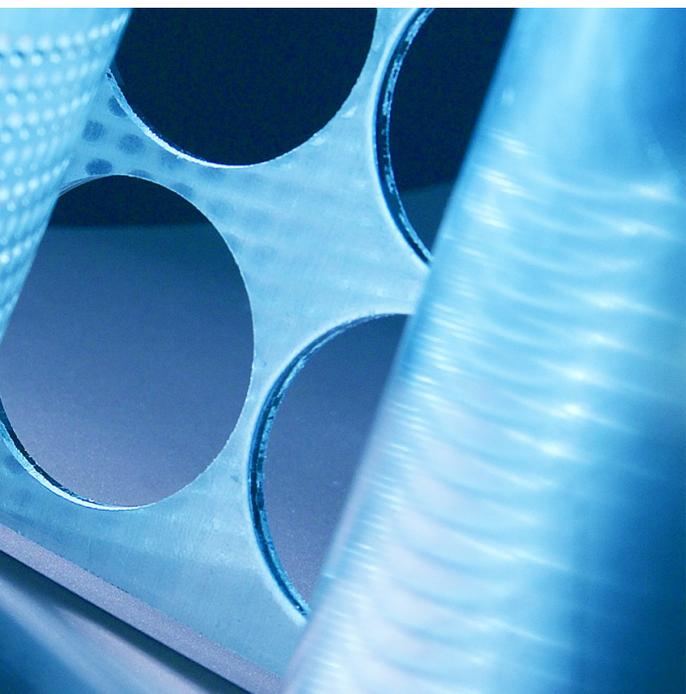
de necessidades ao nível dos nove setores utilizadores em causa;

- **Produto** – correspondem a produtos (e.g. máquinas, equipamentos, *software*) que as empresas da Fileira poderão desenvolver/melhorar com vista a dar resposta às oportunidades identificadas na camada Mercado;
- **Tecnologia** – correspondem às tecnologias que deverão estar na origem dos produtos identificados e que terão de ser desenvolvidas/melhoradas para que esses produtos possam dar efetivamente resposta às oportunidades de mercado existentes e ainda às áreas/atividades de I&D que deverão ser desenvolvidas para alcançar os avanços tecnológicos necessários.

A aplicação deste modelo à Fileira das Tecnologias de Produção está materializada no Capítulo 3 do presente documento.



## 2. Abordagem metodológica





## 2. Abordagem metodológica

A abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção baseou-se em dois pilares fundamentais:

- a) recolha de informação através da interação com *stakeholders*, a qual foi complementada com uma análise de fontes bibliográficas relevantes; e
- b) desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos setoriais, tendo em vista a identificação de percursos tecnológicos (*technology paths*) comuns aos nove setores utilizadores das tecnologias de produção envolvidos neste trabalho (ou a vários destes setores).

### 2.1 Abordagem geral

Nos dois subcapítulos seguintes é apresentada informação relativa a cada um dos pilares que estiveram na origem do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção.

#### 2.1.1 Stakeholders e fontes bibliográficas

Para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais (e, conseqüentemente, do *roadmap* para a Fileira), a equipa de projeto recorreu a duas principais formas de recolha de informação, designadamente interação com *stakeholders* e análise de fontes bibliográficas relevantes.

##### Interação com stakeholders

Seguidamente encontram-se explicitados os tipos de *stakeholders* envolvidos e a sua relevância para o presente projeto:

##### A. Centros Tecnológicos

De todas as entidades envolvidas no presente projeto, os Centros Tecnológicos são os que possuem o mais amplo conhecimento das necessidades atuais e futuras dos setores utilizadores. Neste contexto, o seu papel revelou-se fundamental, quer na disponibilização de informação para o desenvolvimento das versões preliminares dos *roadmaps* setoriais, quer na apreciação desses *roadmaps*. Importa referir que, no caso específico do Setor da Madeira e Mobiliário, este papel foi desempenhado pela AEPF – Associação Empresarial de Paços de Ferreira (entidade de referência), em virtude de não existir, neste setor, um Centro Tecnológico.

##### B. Entidades dedicadas à I&D

As entidades dedicadas à I&D possuem um conhecimento profundo acerca das tendências tecnológicas dos vários setores, tendências essas que as próprias ajudam a definir e a alcançar. Assim, a interação com este tipo de entidades revelou-se particularmente útil para a recolha de informação relacionada com a identificação de tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias para o médio e longo prazo nos diferentes setores em causa.

### C. Empresas fornecedoras de tecnologias de produção e dos setores utilizadores

As empresas nacionais fornecedoras de tecnologias de produção conhecem as necessidades dos setores utilizadores (seus clientes). Por este motivo, estas entidades assumiram particular importância na disponibilização de informação sobre a procura, por parte dos setores, em termos de tecnologias de produção e possíveis inovações que deverão ocorrer, especialmente no curto prazo (principal foco de atenção da globalidade das empresas).

Por outro lado, as empresas nacionais utilizadoras de tecnologias de produção conhecem bem as suas necessidades específicas no que a esta matéria diz respeito. Assim, a sua intervenção no projeto foi particularmente relevante para a identificação de necessidades e possível evolução das mesmas, especialmente no curto prazo.

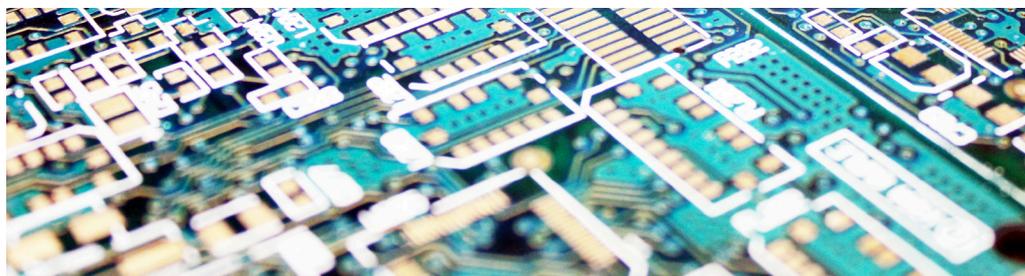
Estas tecnologias poderão vir a revelar-se relevantes para os setores nacionais apenas numa perspetiva de longo prazo, quando as empresas dos referidos setores estiverem em condições de competir diretamente com concorrentes internacionais que, presentemente, dominam e impulsionam essas mesmas tecnologias.

### 2.1.2 Roadmaps tecnológicos setoriais

O desenvolvimento do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção teve por base a premissa que definiu a estratégia de abordagem adotada no projeto: as oportunidades de mercado para as empresas da Fileira estão diretamente relacionadas com as necessidades das empresas dos nove setores utilizadores de tecnologias de produção envolvidos no projeto.

Neste contexto, do ponto de vista do planeamento do presente projeto, o primeiro objetivo passou pelo desenvolvimento de *roadmaps* tecnológicos para os nove setores utilizadores, com vista à identificação de denominadores comuns (i.e. necessidades transversais a/aos vários setores), conducentes à definição dos percursos tecnológicos a incluir no *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção.

Tendo em consideração que o foco do presente projeto passa precisamente pelo desenvolvimento de um *roadmap* para a Fileira baseado na identificação dos referidos denominadores comuns a/aos vários setores, os *roadmaps* setoriais elaborados não pretendem abordar de modo detalhado as necessidades específicas e de cada setor, mas sim mostrar os percursos tecnológicos correspondentes às necessidades que se aplicam à generalidade dos setores envolvidos.



## 2.2 Descrição das atividades desenvolvidas

O desenvolvimento do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção e dos *roadmaps* setoriais envolveu a realização das atividades apresentadas de forma sumarizada na Figura 2.

Esta figura ilustra a forma como as interações estabelecidas com os *stakeholders* e a análise de fontes bibliográficas relevantes se inseriram no desenvolvimento dos trabalhos. Estes procedimentos revelaram-se fundamentais para a recolha de *inputs* para a elaboração

dos diferentes *roadmaps* setoriais, a partir dos quais foram definidos os percursos tecnológicos (denominadores comuns) a incluir no *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção (objetivo principal do projeto).

Seguidamente são apresentados os principais objetivos específicos das interações realizadas e da análise de fontes bibliográficas, assim como uma descrição das atividades desenvolvidas.

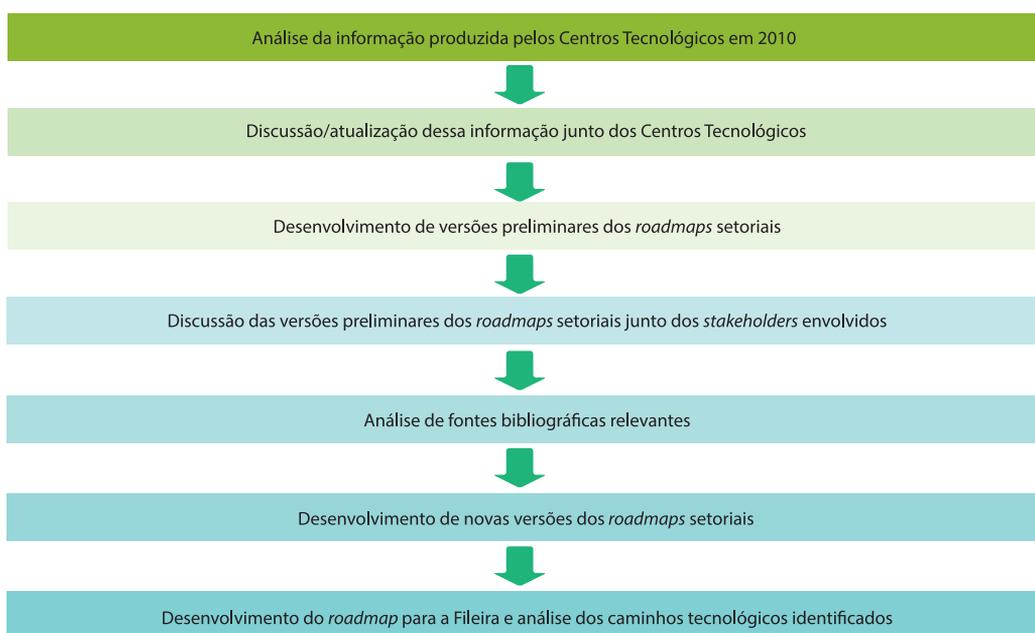


Figura 2 – Sumário das atividades desenvolvidas pela equipa de projeto

## 2.2.1 Interações com os Centros Tecnológicos

As interações com os Centros Tecnológicos tiveram como principais objetivos específicos:

- **Discutir/atualizar a informação produzida pelos próprios Centros em 2010**

Numa iniciativa promovida pela PRODUTECH, os oito Centros Tecnológicos existentes nos setores envolvidos no presente projeto efetuaram, em 2010, um levantamento das principais áreas de inovação em cada setor, que sistematizaram em relatórios de “Definição das Principais Áreas de Inovação”. No Setor da Madeira e Mobiliário (onde não existe um Centro Tecnológico), este levantamento foi efetuado pela RECET – Associação dos Centros Tecnológicos de Portugal. Como forma de criar uma base para o desenvolvimento dos diferentes *roadmaps* setoriais, a equipa de projeto procedeu à análise desta informação.

Adicionalmente, a equipa de projeto promoveu a interação com estas entidades, a fim de debater, validar e atualizar a referida informação e recolher informação adicional. No caso do Setor da Madeira e Mobiliário, esta interação foi efetuada com a AEPF pelo motivo anteriormente referido.

- **Discutir as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais**

Tendo por base a informação recolhida, a equipa de projeto desenvolveu versões preliminares dos *roadmaps* setoriais, de acordo com o modelo apresentado na Figura 1 deste documento. Estas versões foram discutidas com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF no caso do Setor da Madeira e Mobiliário), como base para o desenvolvimento de novas versões dos *roadmaps* setoriais, efetivamente ajustadas às realidades de cada setor.

Foram realizadas **duas reuniões** com cada Centro Tecnológico (e com a AEPF no caso do Setor da Madeira e Mobiliário). É de referir que muitos dos Centros Tecnológicos envolvidos no projeto desempenharam um papel fundamental no apoio à organização de reuniões individuais com empresas fornecedoras e utilizadoras de tecnologias de produção e de *workshops* setoriais (ver secção 2.2.3), essenciais para a recolha de *feedback* relativamente aos *roadmaps* setoriais desenvolvidos pela equipa de projeto.

## 2.2.2 Interações com entidades dedicadas à I&D

As interações com entidades dedicadas à I&D tiveram como principais objetivos específicos:

- **Recolher informação para os *roadmaps* setoriais**

No sentido de recolher informação útil para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais, designadamente ao nível da identificação de tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias para o médio e longo prazo, nos diferentes setores, foi promovida a interação com entidades dedicadas à I&D;

- **Discutir as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais**

Ainda que de uma forma mais genérica do que a adotada com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF), as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais foram discutidas com entidades dedicadas à I&D, a fim de recolher contributos para o desenvolvimento de novas versões ajustadas às realidades de cada setor;

- **Recolher informação para o *roadmap* da Fileira das Tecnologias de Produção**

O contributo das entidades dedicadas à I&D permitiu também recolher informação relevante para a definição/ validação dos caminhos tecnológicos definidos no *roadmap* para a Fileira.

Foram realizadas **duas reuniões** com duas entidades reputadas a nível nacional INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial; e INESC Porto – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

### 2.2.3 Interações com empresas fornecedoras e utilizadoras de tecnologias de produção

As interações com empresas fornecedoras e utilizadoras de tecnologias de produção tiveram como principais objetivos específicos:

- **Recolher informação para os *roadmaps* setoriais**

A este nível, a equipa de projeto procurou recolher elementos mais relacionados com a procura de tecnologias de produção e possíveis inovações que deverão ocorrer (informação das empresas fornecedoras) e com as necessidades das empresas dos setores utilizadores em termos de tecnologias de produção (informação das empresas utilizadoras);

- **Discutir as versões preliminares de *roadmaps* setoriais**

À semelhança do que aconteceu nas interações com as entidades dedicadas à I&D, a equipa de projeto discutiu, ainda que de forma mais genérica, as versões preliminares dos *roadmaps* setoriais desenvolvidos pela equipa de projeto.

Em ambos os casos (e como seria de esperar), a informação fornecida centrou-

se essencialmente numa perspetiva de curto prazo, visto ser este o principal foco de preocupação da globalidade das empresas.

Foram assim promovidos dois tipos de interações, designadamente:

#### A. *Workshops* Setoriais

#### B. Reuniões Individuais

##### A. *Workshops* setoriais

A equipa de projeto solicitou o apoio dos Centros Tecnológicos (e da AEPF) para garantir a divulgação dos *workshops* junto de um número alargado de empresas e impulsionar seu o nível de interesse e participação.

Na sequência do diálogo com os Centros Tecnológicos e com a AEPF foi decidida a realização de cinco *workshops* relativos aos setores Metalomecânico; Madeira e Mobiliário; Cortiça; Curtumes; e Têxtil e Vestuário. Nestes *workshops*, que tiveram uma duração aproximada de 3h, foi efetuada a apresentação e discussão, junto das entidades participantes, das versões preliminares dos *roadmaps* setoriais e foram recolhidos inputs essenciais para a sua reformulação.

##### B. Reuniões individuais

Foram promovidas dez reuniões individuais com empresas fornecedoras e/ou utilizadoras de tecnologias de produção que atuam nos/para os vários setores em causa.

Estas interações permitiram, de alguma forma, compensar a não realização de *workshops* em alguns setores (Calçado; Moldes, Ferramentas e Plásticos; Rochas Ornamentais e Industriais; Cerâmica e Vidro), assim como obter (relativamente a estes e aos restantes setores) informação útil para o desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais, abrindo espaço para a discussão das versões preliminares dos *roadmaps* com as empresas.

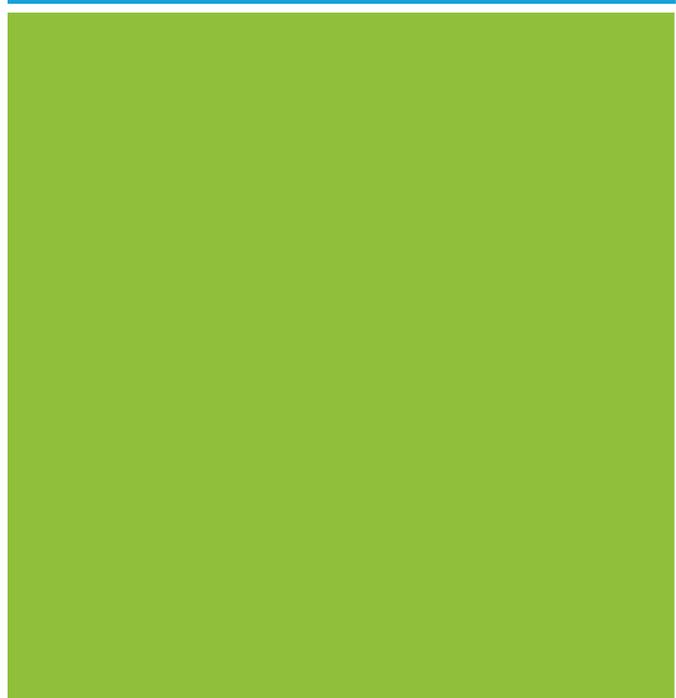
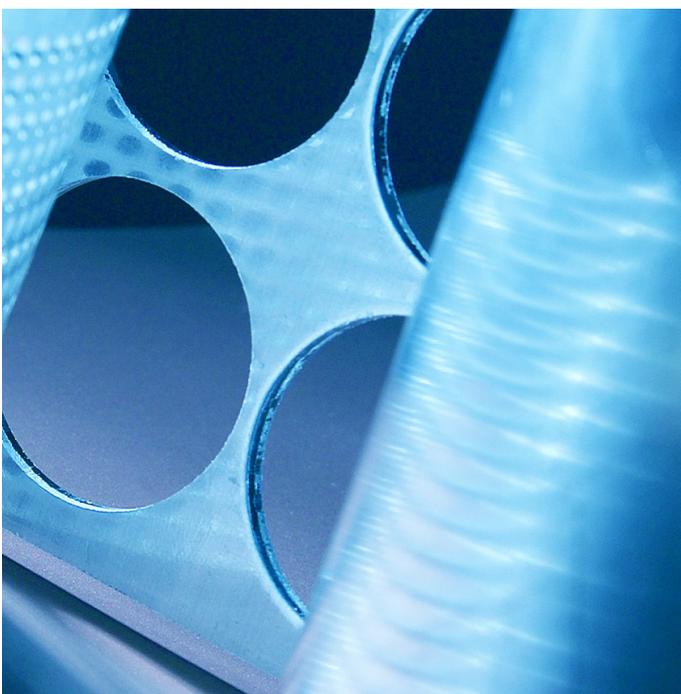
### 2.2.4 Revisão bibliográfica

Como forma de complementar a informação proveniente das atividades descritas, a equipa de projeto procedeu à análise de fontes bibliográficas relevantes. A revisão de fontes bibliográficas teve, assim, como **principal objetivo específico** a recolha de informação relativa a inovações associadas a tecnologias atuais, tecnologias em desenvolvimento e novas tecnologias, numa perspetiva global e independente dos aspetos impulsionadores do mercado específicos de cada setor a nível nacional. Destacam-se como principais fontes consultadas:

- **Plataforma CORDIS – Community Research and Development Information Service**, para análise dos projetos desenvolvidos no âmbito do Sétimo Programa-Quadro (FP7 – *Seventh Framework Programme*) da Comissão Europeia, em áreas relevantes para os setores em causa;
- **Plataformas e documentos setoriais** (e.g. *European Footwear Products & Processes Technology Platform, Study on Competitiveness of the European Machine Tool Industry, Roadmap Tecnológico* e de Inovação para a Indústria do Têxtil e Vestuário de 2013), para análise das prioridades de cada setor em termos de tecnologias de produção;
- **Bases de dados internacionais de artigos científicos** (e.g. *Web of Science* e *Web of Knowledge*), para levantamento de algumas áreas de investigação relacionadas com o desenvolvimento de tecnologias de produção relevantes para os setores envolvidos no projeto.



### 3. Roadmap global para a Fileira das Tecnologias de Produção





### 3. Roadmap global para a Fileira das Tecnologias de Produção

Este capítulo apresenta o *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, principal resultado do presente projeto. O subcapítulo 3.1 inclui a fundamentação do *roadmap* global, nomeadamente o processo utilizado para a sua definição e a forma como o *roadmap* global foi definido a partir dos *roadmaps* específicos para cada setor industrial utilizador. Por sua vez, o subcapítulo 3.2 descreve os passos do processo de elaboração do *roadmap* global e o enquadramento do processo de indução lógica utilizado, apresentando também, de forma individualizada, as várias camadas e subcamadas do *roadmap* global. No subcapítulo 3.3 são apresentados e descritos os vários percursos tecnológicos que constam do *roadmap* global e que traduzem as ligações e interdependências entre as várias camadas e subcamadas.

Finalmente, no subcapítulo 3.4 são tecidas algumas considerações sobre as principais áreas de I&D associadas às tecnologias consideradas mais relevantes e dadas algumas indicações sobre instrumentos para obtenção de recursos a empregar em projetos de I&D.

#### 3.1 Fundamentação do roadmap

Pretende-se que o *roadmap* tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção se foque em tecnologias e produtos de aplicabilidade horizontal. Quer isto dizer que foi elaborado tendo como base os diferentes *roadmaps* setoriais (apresentados em anexo), focando-se nos produtos e tecnologias com aplicabilidade em vários dos setores considerados.

A Fileira das Tecnologias de Produção é constituída por empresas que não servem o consumidor final mas sim um grupo de empresas mais a jusante na cadeia de valor, que em Portugal operam essencialmente nos nove setores considerados neste projeto. Naturalmente, empresas de tecnologias de produção que servem diferentes setores utilizadores terão algumas necessidades e condições de operação específicas que serão únicas e não transferíveis para empresas que servem um setor diferente. Estas necessidades e condições específicas dificilmente permitem criar escala ao nível da Fileira das Tecnologias de Produção.

Assim, considerou-se que a utilidade do *roadmap* tecnológico global será maximizada caso este se foque em soluções, produtos e tecnologias horizontais, de elevada aplicabilidade e que sirvam as exigências e interesses da Fileira, no geral. Para determinar a horizontalidade de uma tecnologia foi, portanto, necessário definir até que ponto essa tecnologia tem aplicabilidade em diferentes setores. Assim, partindo dos *roadmaps* desenvolvidos para as empresas que servem os diferentes setores utilizadores, determinou-se quais os produtos e soluções que constam do *roadmap* global da Fileira das Tecnologias de Produção.

A Figura 3 descreve esquematicamente a abordagem ao processo de *roadmapping* utilizada. Partindo dos *roadmaps* individuais para as empresas da Fileira que servem os nove setores utilizadores (enquadrados a verde), foi desenvolvido um *roadmap* global que inclui as oportunidades de mercado, produtos e tecnologias horizontais e multissetoriais que permitirão os maiores ganhos de escala.

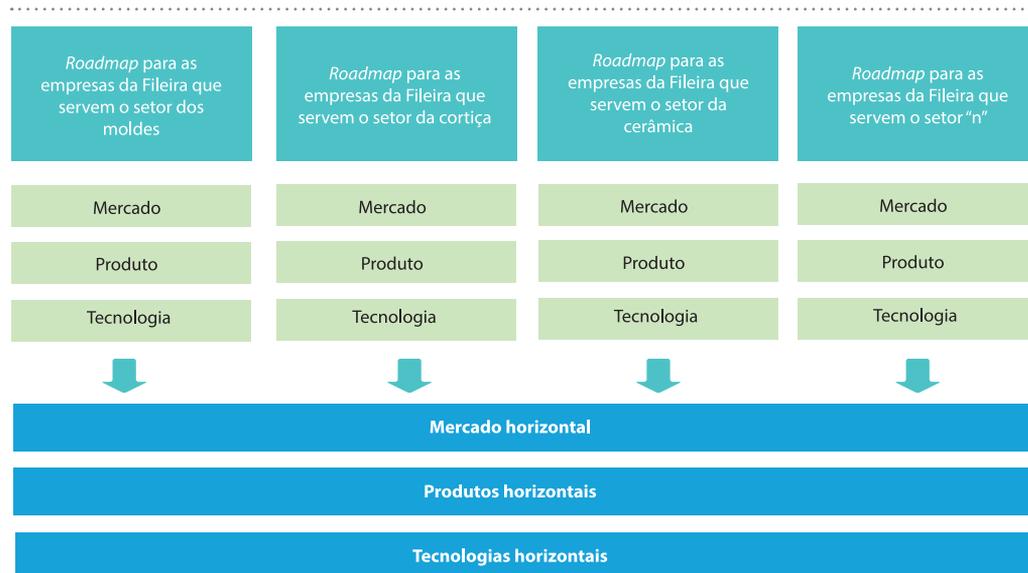


Figura 3 – Processo de desenvolvimento do *roadmap* geral da Fileira das Tecnologias de Produção

### 3.2 Estratégia para a elaboração do *roadmap* tecnológico global para a Fileira das Tecnologias de Produção

Como seria de esperar, os nove setores utilizadores apresentam necessidades e características diferentes que nem sempre são replicáveis ou transferíveis entre setores. Mesmo nos casos em que é fácil identificar pontos comuns entre diferentes setores (uma necessidade de mercado ou de produto), esses pontos não são necessariamente idênticos. Por exemplo, as máquinas de corte por Controlo Numérico Computacional (CNC) utilizadas na indústria das rochas ornamentais são diferentes das que são utilizadas nas indústrias do calçado ou da metalomecânica. Da mesma forma, também os sistemas de controlo ou os sistemas de virtualização (simulação) dos processos apresentarão diferenças significativas entre os vários setores.

Um dos casos mais paradigmáticos destas diferenças específicas entre necessidades comuns é o dos *softwares Enterprise Resource Planning (ERP)*. Vários atores industriais em diferentes setores, especialmente os que lidam mais frequentemente com produções à medida e em pequena escala, manifestaram a necessidade comum de obter sistemas ERP melhorados, mas mais adequados à especificidade dos seus ramos e dos seus processos produtivos, ao invés de serem baseados em soluções padronizadas.

Assim, ao desenvolver o processo de indução lógica que parte dos *roadmaps* dos setores específicos e resulta no *roadmap* global, perde-se algum caráter de especificidade nos elementos desse mesmo *roadmap*. Esta perda representa um compromisso, devidamente ponderado pela equipa de projeto, necessário para que o *roadmap* global possa ser um elemento estratégico de aplicação alargada, transferível e escalável.

**O processo de indução adotado seguiu a lógica apresentada de seguida:**

1. Identificação das necessidades de mercado em termos de tecnologias de produção para cada setor industrial;
2. Identificação das necessidades de mercado transversais à maioria dos setores utilizadores;
3. Agrupamento das necessidades transversais de mercado segundo a sua natureza e área técnica a que estão associadas;
4. Estabelecimento de uma relação entre as necessidades de mercado transversais e as exigências de produto detetadas em cada um dos setores industriais consultados;
5. Definição de um conjunto de produtos que deverão constar da oferta da Fileira das Tecnologias de Produção.

Considera-se que o exercício de análise e indução efetuado para as camadas de mercado e produto não é essencial para a de tecnologia, uma vez que esta, por natureza, está associada a processos mais a montante na cadeia de desenvolvimento de um produto, pelo que apresenta aspetos comuns independentemente do setor para o qual os produtos finais a criar se destinam.

**Necessidades de mercado**

O primeiro passo neste processo parte do conjunto de necessidades de mercado em termos de tecnologias de produção identificadas para cada setor industrial. Estas necessidades são identificadas na matriz de primeiro nível representada na Tabela 1.



Tabela 1 – Matriz de necessidades de mercado dos setores utilizadores

Setor	Necessidade de mercado 1	Necessidade de mercado 2	Necessidade de mercado 3	Necessidade de mercado 4
Calçado	Aumento da integração entre produção e retalho	Inovação nos acabamentos e produção de moldes		
Cerâmica e vidro	Aumento da flexibilidade da produção	Aumento da capacidade de produção de produtos customizados	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	
Cortiça	Introdução de inovações incrementais nas operações individuais do processo produtivo	Controlo de parâmetros químicos nos produtos finais (rolhas)	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	
Curtumes	Otimização dos processos de acabamento	Valorização dos resíduos	Redução nos níveis de desperdício	Aumento da eficiência energética
Madeira e mobiliário	Aumento da flexibilidade da produção	Aumento da versatilidade do processo de produção	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	
Metalomecânico	Aumento da agilidade e customização do processo produtivo	Conformidade com normas de segurança dos trabalhadores	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	
Moldes e ferramentas	Aumento da adaptabilidade, agilidade e precisão dos processos	Maior incorporação de engenharia de <i>design</i> e simulação	Maior sustentabilidade ao nível do uso de materiais	
Rochas ornamentais e industriais	Processos produtivos mais efetivos	Aumento da virtualização e simulação em fábrica	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	
Têxtil e vestuário	Aumento da flexibilidade da produção	Maior capacidade de inovação	Redução dos custos energéticos e do impacto ambiental	

As necessidades de mercado dos diversos setores utilizadores apresentam alguns pontos de convergência óbvios que conseqüentemente deverão constituir prioridades transversais para as empresas da Fileira das Tecnologias de Produção. Em particular a redução dos custos energéticos é uma preocupação expressa pelos representantes da maioria dos setores sondados. Outras preocupações de caráter mais abrangente também patentes na Tabela 1 são o aumento da adaptabilidade e flexibilidade da produção e a otimização geral das várias fases do processo produtivo.

Com base nesta matriz, e recorrendo também aos resultados mais detalhados para cada setor (incluídos em anexo) é possível isolar as necessidades de mercado que se constituem como denominadores comuns à maioria dos setores utilizadores e, portanto, focos cruciais de interesse para o setor das tecnologias de produção. Desse processo resultam cinco necessidades de mercado essenciais que, sendo comuns a vários ou a todos os setores utilizadores, deverão orientar a oferta de tecnologias de produção a curto, médio ou longo prazo.

Tabela 2 – Necessidades de mercado transversais e prioritárias

Equipamento	TIC		Ambiente	
Necessidade 1:	Necessidade 2:	Necessidade 3:	Necessidade 4:	Necessidade 5:
Equipamento de alto desempenho	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Aumento da sustentabilidade energética

### **Necessidades de produto**

Cada uma das necessidades de mercado definidas traduzir-se-á em requisitos específicos ao nível do produto em cada setor utilizador. Como seria de esperar, o mesmo equipamento que serve, por exemplo, a indústria corticeira não terá aplicabilidade direta no setor das rochas ornamentais e industriais, ainda que o seu propósito de utilização seja o mesmo (ex.: corte).

Assim, para identificar denominadores comuns a nível do produto entre os vários setores utilizadores, recorre-se à criação de uma matriz de segundo nível, que relaciona as necessidades de mercado transversais com as exigências de produto detetadas em cada um dos setores industriais consultados. Para melhor interpretar estas necessidades de produto, a Tabela 3, apresentada seguidamente, deve ser lida em conjugação com os *roadmaps* setoriais apresentados no Anexo - *Roadmaps* Setoriais.

Tabela 3 – Matriz de necessidades de produto

		NECESSIDADE				
		Equipamento de alto desempenho	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Aumento da sustentabilidade energética
SETOR	Calçado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de prototipagem rápida;</li> <li>Sistemas de tratamento de superfícies;</li> <li>Sistemas de moldagem em poliuretano e borracha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de corte CAM;</li> <li>Sistemas de rastreamento de peças em produção;</li> <li>Equipamento para operações integradas e automatizadas (cargas, descargas, manuseamento, elevação, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Catálogo 3D/<i>Interfaces</i> de produção.</li> </ul>	-	-
	Cerâmica e vidro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamento de processamento integrado de cerâmicos;</li> <li>Equipamento para processos de deposição de materiais;</li> <li>Máquinas de injeção, prensagem e corte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamento para automatização da decoração;</li> <li>Equipamento de inspeção e controlo automático;</li> <li>Sistemas de rastreamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERP/MES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de reciclagem e reaproveitamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de alta eficiência energética;</li> <li>Equipamentos mais energeticamente eficientes (sistemas de secagem, fusão e sinterização).</li> </ul>
	Cortiça	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas de descascamento com remoção dos calços;</li> <li>Equipamento de lavagem mais rápido, equipamento de tratamento de superfície mais eficiente;</li> <li>Marcadores laser automáticos;</li> <li>Detetores GC-ECD;</li> <li>Extratores de fluidos supercríticos;</li> <li>Equipamento de desinfeção por micro-ondas, equipamento de desinfeção por ozono.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de monitorização e controlo do consumo de energia;</li> <li>Sistemas de alarme para a presença de TCA.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de reciclagem (tanques, bombas e filtros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de produção de energias renováveis.</li> </ul>

		NECESSIDADE				
		Equipamento de alto desempenho	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Aumento da sustentabilidade energética
SETOR	Curturems	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas de descarna;</li> <li>Máquinas de corte;</li> <li>Reatores para processos de exaustão de crómio;</li> <li>Secadores com desumidificadores;</li> <li>HVLP;</li> <li>Máquinas de mistura;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controladores remotos para processos de exaustão de crómio;</li> <li>Sistemas contínuos para estiramento, secagem em vácuo, secagem em túnel e amaciamento da pele;</li> <li>Sistemas de tingimento com controlo automático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERP/MES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doseadores;</li> <li>Sistemas de reciclagem (tanques, bombas e filtros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de produção de energias renováveis.</li> </ul>
	Madeira e mobiliário	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidades de produção móvel;</li> <li>Equipamentos automáticos de pintura e lixação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas CAM/ CAD/CAE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERP/MES.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de produção de energias renováveis.</li> </ul>
	Metalmecânico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas automáticas para acabamentos (especialmente pintura);</li> <li>Equipamento de prototipagem rápida;</li> <li>Máquinas multifunções;</li> <li>Células de produção automática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas CAD/ CAM/CAE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERP/MES.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bombas de calor industriais;</li> <li>Concentradores solares.</li> </ul>
	Moldes e ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas de 3+2 eixos;</li> <li>Equipamento de <i>tooling</i> rápido;</li> <li>Máquinas de prototipagem rápida;</li> <li>Ferramentas baseadas em laser;</li> <li>Equipamento de microprodução;</li> <li>Células de produção automática;</li> <li>Máquinas multifunções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAD/CAM/CAE;</li> <li>Sistemas de gestão de ferramentas.</li> </ul>	-	-	-

		NECESSIDADE				
		Equipamento de alto desempenho	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Aumento da sustentabilidade energética
SETOR	Rochas ornamentais e industriais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas de corte de alta velocidade;</li> <li>Equipamento de deteção de fraturas;</li> <li>Equipamento de impregnação de blocos;</li> <li>Equipamento multifunções;</li> <li>Máquinas de impregnação de blocos na pedreira.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamento para operações integradas e automatizadas (cargas, descargas, manuseamento, elevação, corte, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Software</i> de modelação do comportamento da pedra, sistema de seleção e aplicação virtual da pedra.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de produção de energias renováveis.</li> </ul>
	Têxtil e vestuário	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas de processamento a seco (ou com reduzido consumo de água);</li> <li>Novos equipamentos e acessórios para processos não-convencionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automação da linha de produção; Sistemas inteligentes de rastreamento;</li> <li>Equipamento para registo de referências e gestão de dados;</li> <li><i>Interface</i> consumidor/ produtor;</li> <li>Sistemas de visualização, monitorização e controlo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de simulação;</li> <li>ERP/MES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de reciclagem (tanques, bombas, filtros...).</li> </ul>	-

Tendo em conta a matriz apresentada, e efetuando um exercício de indução semelhante ao anterior, pode definir-se um conjunto de produtos que deverão constar da oferta da Fileira das Tecnologias de Produção a curto e médio

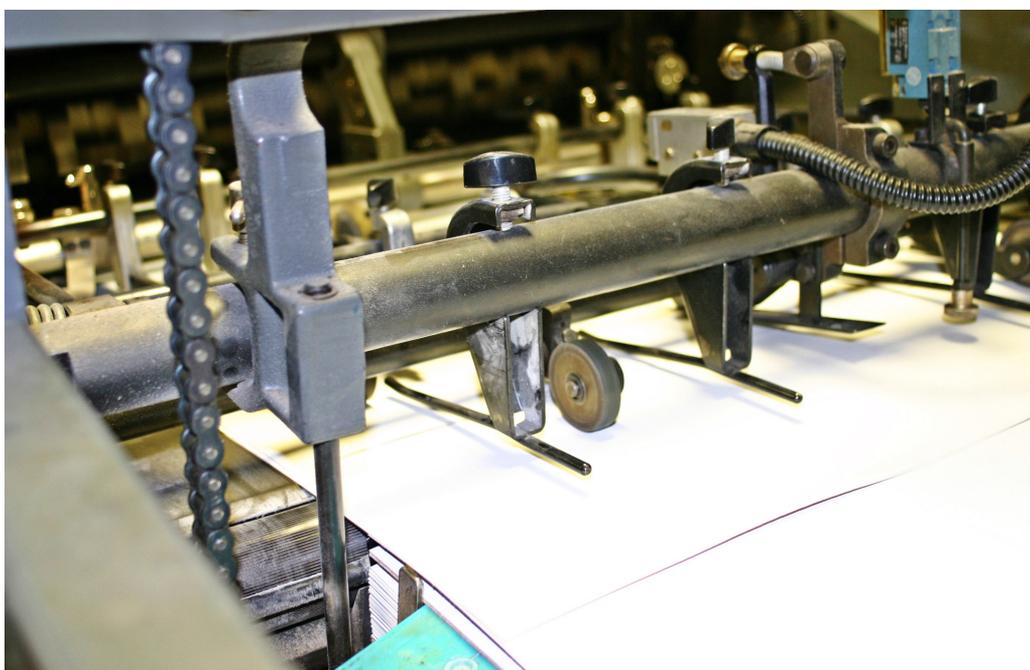
prazo. Este conjunto de produtos, que deverá constituir a resposta das tecnologias de produção às necessidades de mercado apresentadas pelos principais setores utilizadores, é indicado Tabela 4.

Tabela 4 – Necessidades de produto transversais e prioritárias

Necessidade 1: Equipamento de alto desempenho	Necessidade 2: Agilização, flexibilização e controlo de processos	Necessidade 3: Planeamento e simulação	Necessidade 4: Gestão de resíduos e materiais	Necessidade 5: Aumento da sustentabilidade energética
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquinas de +3 eixos;</li> <li>• Sistemas de prototipagem rápida;</li> <li>• Máquinas multifunções;</li> <li>• Equipamento para acabamento automático;</li> <li>• Células de produção automática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas CAD/CAM/CAE-CNC;</li> <li>• Sistemas integrados e automatizados de operações de processo;</li> <li>• Sistemas de inspeção, controlo e rastreamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERP/MES;</li> <li>• Sistemas de simulação e modelação do processo e materiais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de reciclagem (tanques, bombas, filtros, evaporadores, cristalizadores, secadores).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamentos mais eficientes;</li> <li>• Sistemas de produção de energias renováveis.</li> </ul>

Na Tabela 4 existe, como seria de esperar, alguma complementaridade entre produtos associados a diferentes necessidades de mercado, particularmente no que toca ao equipamento de alto desempenho e à agilização, flexibilização e controlo da produção através da melhoria das TIC associadas ao processo.

Estas são duas necessidades de mercado altamente interligadas e interdependentes, pelo que os produtos a si associados apresentam um grau de dependência idêntico.



No sentido de ilustrar de que modo as necessidades de mercado transversais e prioritárias identificadas na Tabela 4 se correspondem com os diversos setores utilizadores, e também para reforçar a conclusão de que se tratam, de facto, de necessidades importantes, foi elaborada a Tabela 5, abaixo.

Tabela 5 – Correspondência entre necessidades de mercado e setores utilizadores

Setor utilizador	Necessidade 1:	Necessidade 2:	Necessidade 3:	Necessidade 4:	Necessidade 5:
	Equipamento de alto desempenho	Agilização, flexibilização e controlo de processos	Planeamento e simulação	Gestão de resíduos e materiais	Aumento da sustentabilidade energética
Calçado	✓	✓	✓		
Cerâmica e vidro	✓	✓	✓	✓	✓
Cortiça	✓	✓		✓	✓
Curtes	✓	✓	✓	✓	✓
Madeira e mobiliário	✓	✓	✓		✓
Metalomecânico	✓	✓	✓		✓
Moldes e ferramentas	✓	✓	✓		
Rochas ornamentais e industriais	✓	✓	✓		✓
Têxtil e vestuário	✓	✓	✓	✓	



Com base nos resultados das Tabelas 2, 4 e 5, bem como nos *roadmaps* setoriais apresentados em anexo, é possível desenvolver o *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, alicerçado nas suas camadas “Mercado”, “Produto” e “Tecnologia”, apresentado na Figura 4.

## Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

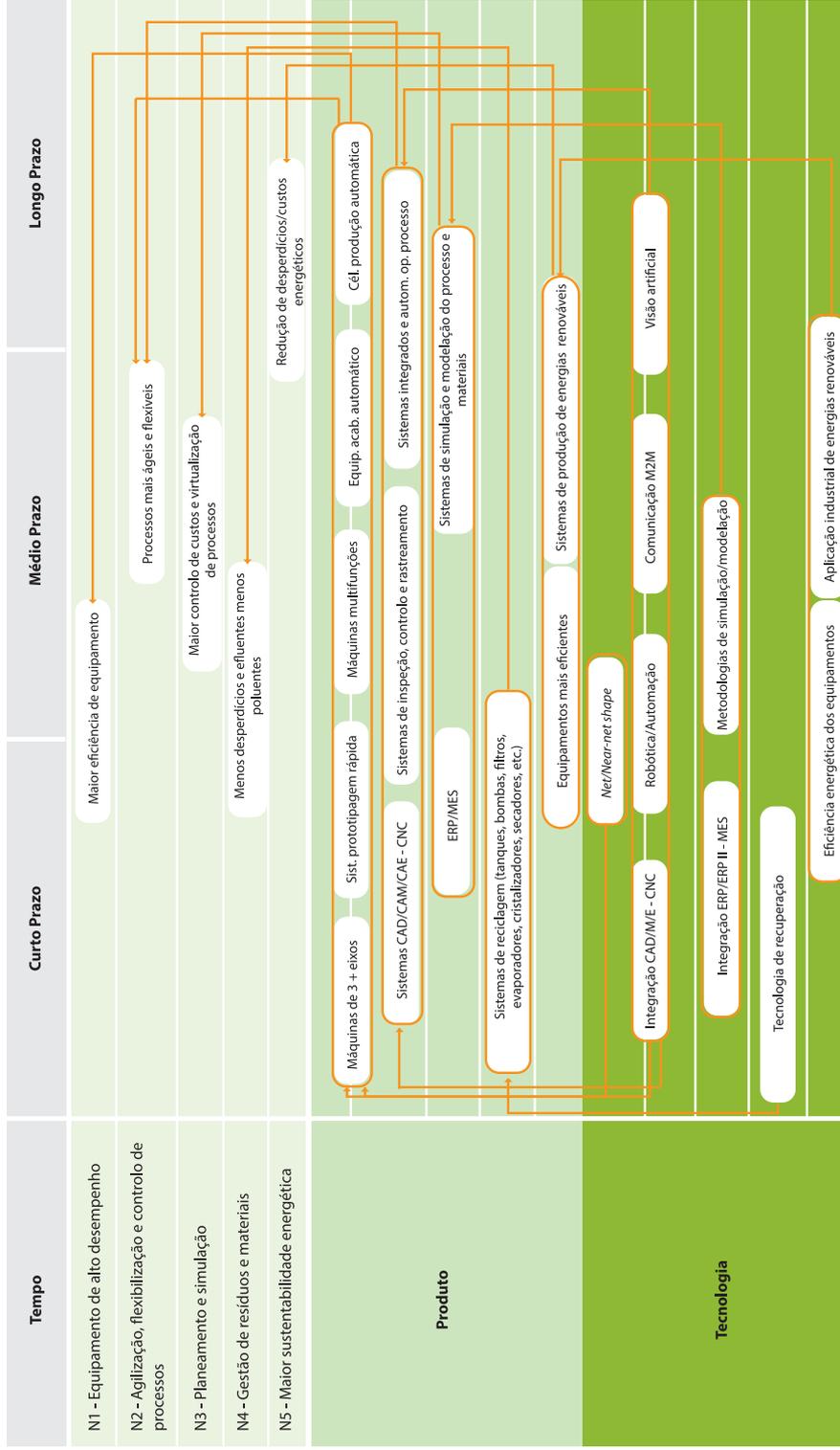


Figura 4 – Roadmap tecnológico global da Fileira das Tecnologias de Produção

### 3.2.1 Mercado

A camada do *roadmap* associada ao mercado foca-se nas principais forças motrizes das atividades de desenvolvimento de produto, tecnologia e I&D na Fileira das Tecnologias de Produção. Estas forças motrizes estão

representadas no *roadmap* global pelas denominadas necessidades de mercado (N1-N5) que resultam da conjugação e harmonização das necessidades dos vários setores utilizadores, como explicado anteriormente.

Tempo	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
N1 - Equipamento de alto desempenho	Maior produtividade		
N2 - Agilização, flexibilização e controlo de processos	Processos mais ágeis e flexíveis		
N3 - Planeamento e simulação	Maior controlo de custos e virtualização de processos		
N4 - Gestão de resíduos e materiais	Menos desperdícios e efluentes menos poluentes		
N5 - Maior sustentabilidade energética	Redução de desperdícios/ custos energéticos		

Figura 5 – Camada “Mercado” do *roadmap* global

#### N1 – Equipamento de alto desempenho

A primeira dessas necessidades é verdadeiramente comum a todos os setores, uma vez que todos (por via dos Centros Tecnológicos e das empresas do ramo) relataram estarem perante desafios que irão requerer a adoção de equipamento novo e melhorado para serem vencidos. Seja a necessidade de produzir de forma mais eficiente e otimizada, seja a necessidade de criar produtos de maior valor acrescentado ou de introduzir melhorias incrementais nas diversas fases dos processos de fabrico, todos os setores transmitiram a ideia de que o aumento do desempenho dos equipamentos produtivos será uma prioridade a curto, médio e longo prazo.

#### N2 – Agilização, flexibilização e controlo dos processos

Também a segunda necessidade de mercado diagnosticada teve aceitação universal, estando, para a maioria dos setores, umbilicalmente ligada à necessidade de melhor desempenho

nos equipamentos. Esta necessidade de mercado resulta do facto de muitas indústrias trabalharem hoje com o paradigma das pequenas séries de elementos feitos à medida. Os processos de produção têm de ser altamente adaptáveis e flexíveis e esse objetivo consegue-se com a introdução de melhorias processuais sobretudo ao nível das TIC, robótica e automação. Como referido, existe uma ligação forte entre as necessidades N2 e N1, uma vez que estas melhorias processuais terão uma influência decisiva sobre alguns equipamentos de nova geração a empregar em muitos ambientes industriais como as máquinas de prototipagem rápida e as máquinas multifunções.

A melhoria continuada da integração CAM/CAD/CAM – CNC enquadra-se também como uma resposta a esta necessidade, bem como a possibilidade de trabalhar com ciclos de produção mais curtos e de exercer um controlo mais eficiente sobre as variáveis de processo.

### N3 – Planeamento e simulação

A terceira necessidade de mercado detetada tem também uma forte ligação às duas anteriores. Esta carência surge ligada à necessidade de planear de forma mais rigorosa os processos em fábrica e de virtualizar mais esses processos, de modo a torna-los economicamente mais eficientes, sem necessidades constantes de prototipagem física.

A questão do planeamento e gestão da produção foi largamente abordada por várias das empresas envolvidas no processo de consulta alargada. Em particular, aquelas que trabalham com as já referidas séries curtas e produção à medida sentem que a resposta do mercado em termos de ERP não é adequada às suas necessidades, uma vez que se baseia em produtos standardizados e pensados para processos standardizados, que não apresentam a versatilidade suficiente para utilização numa lógica de maior flexibilidade.

Também a questão da virtualização e digitalização dos processos de fabrico é chave. Melhores ferramentas de modelação e simulação irão permitir projetar melhor os processos de fabrico e determinar os efeitos da manipulação de vários parâmetros nesse mesmo processo, sem necessidade de proceder à criação de protótipos físicos.

### N4 – Gestão de resíduos e materiais

A quarta necessidade de mercado detetada apresenta um carácter por vezes “menos tecnológico” que as três primeiras mas, ainda assim, uma importância crucial. Representantes de setores como os curtumes, a cortiça, a pedra e o têxtil (portanto, aqueles que têm operações de processo em fase aquosa e/ou operações com necessidade de grandes consumos de água), expressaram necessidades importantes de melhor tratamento de efluentes, reaproveitamento das águas de processo e valorização de resíduos e desperdícios. Esta necessidade poderá ser colmatada com a

implementação de sistemas de reciclagem nas unidades industriais.

Contudo, levando em conta que os sistemas de reciclagem típicos são constituídos por equipamentos de uso corrente (tubagens, tanques, bombas, filtros, etc.) há que procurar perceber primeiro a razão da sua não aplicação e/ou falta de eficiência em algumas indústrias. Será uma questão de custo/benefício? Pode essa questão ser dirimida pela fileira das tecnologias de produção? Será uma questão de tecnologia (ex.: filtros)? Que outras novas tecnologias se perfilam como resposta a esta necessidade? Ou existe, por outro lado, uma questão de gestão de matérias-primas? Existe desperdício? As tecnologias de produção podem contribuir para acabar com esse desperdício? É necessário encontrar respostas para estas perguntas. Do mesmo modo, a necessidade de valorização de resíduos e desperdícios do processo produtivo surgiu por várias ocasiões, em diferentes setores, durante o processo de consulta. Também no que toca a este aspeto, há que definir se uma melhoria nos sistemas de reciclagem e reaproveitamento facilitará esse processo.

### N5 – Aumento da sustentabilidade energética

Finalmente, a quinta e última necessidade de mercado identificada é também relativamente consensual entre todos os setores estudados, embora não constitua em todos uma preocupação prioritária – o aumento da sustentabilidade energética dos processos de produção.

A informação recolhida indicia que a principal dificuldade da indústria portuguesa se prende mais com o elevado custo da energia no país do que com a falta de eficiência energética dos equipamentos utilizados nos processos. Ainda assim, foram detetadas várias oportunidades de melhoria neste último aspeto, especialmente as que se relacionam com a monitorização e controlo de gastos energéticos dos equipamentos

e processos. Esta é uma área que ainda se encontra negligenciada em vários setores da indústria nacional, especialmente em unidades de menor dimensão. A monitorização e controlo de custos energéticos está fortemente associada à questão do controlo de processos e, portanto, à necessidade N2.

Por outro lado, a utilização de fontes de energia renováveis na indústria é uma possibilidade que está nas cogitações da maioria dos agentes envolvidos no processo de consulta, embora a viabilidade destas energias seja perspetivada a longo prazo. De entre as fontes de energia renovável disponíveis, a energia solar assume um papel de destaque. O fato de provir de uma fonte efetivamente gratuita (ao contrário, por exemplo, da biomassa, que pode encarecer mediante níveis elevados de procura) e poder ser mais facilmente gerada na fábrica (ao contrário, por exemplo, da energia eólica) coloca-a nessa posição privilegiada.

### 3.2.2 Produto

A camada “Produto” do *roadmap* global ilustra o tipo de produtos que podem ser desenvolvidos ao nível da Fileira das Tecnologias de Produção para dar resposta às necessidades de mercado anteriormente identificadas. Como já foi

indicado, o nível de abstração do *roadmap* global é superior ao registado nos *roadmaps* setoriais, uma vez que se pretende que os produtos referidos tenham um campo de aplicabilidade vasto.

A camada “Produto” está dividida em cinco subcamadas, cada uma correspondendo a uma necessidade de mercado específica.

#### N1 – Equipamento de alto desempenho

A primeira subcamada procura dar resposta à necessidade das empresas de tecnologias de produção oferecerem equipamentos de mais alto desempenho. Alguns dos produtos indicados existem atualmente e representam bens de equipamento em constante desenvolvimento, embora se prestem ainda a melhorias incrementais. É o caso das máquinas com mais de três eixos, ainda muito subaproveitadas e a trabalhar a frações reduzidas da sua capacidade.

Os equipamentos de prototipagem rápida foram outro produto largamente indicado como uma possível resposta à necessidade de maior desempenho e fabrico de séries pequenas, particularmente nas indústrias metalomecânicas e de moldes. A prototipagem rápida passa pelo emprego de diferentes processos automáticos que rapidamente conseguem produzir objetos tridimensionais de modo a testar a forma, formato e funcionalidade de um determinado

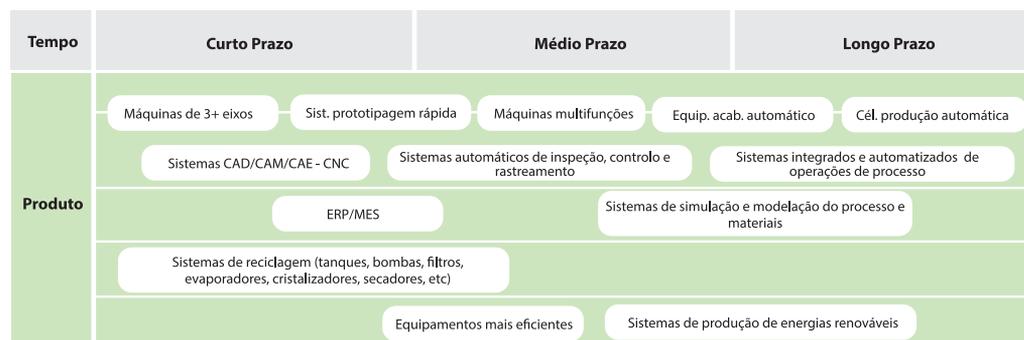


Figura 6 – Camada “Produto” do *roadmap* global

*design*. No caso de séries pequenas, as máquinas de prototipagem rápida podem constituir-se mesmo como equipamentos de produção. Embora o seu uso industrial seja hoje uma realidade, existe margem para a sua propagação nos setores utilizadores, sobretudo se os seus preços se tornarem mais em conta. Dada a sua existência atual mas disseminação limitada, a sua introdução em maior escala no mercado poderá ocorrer a curto/médio prazo.

A introdução de máquinas multifunções na maioria dos setores industriais estudados (metalomecânico, moldes, cortiça e pedra, em particular) foi também uma necessidade de produto perspectivada a médio prazo. Alguns dos setores em causa, por via das suas empresas e centros tecnológicos participam já em vários projetos de I&D para desenvolver este tipo de máquinas. A introdução das diversas valências num mesmo equipamento, apesar das exigências que iria colocar em termos de integração de sistemas compactos e necessidades de adaptação e melhoria dos sistemas CAD/CAM e CNC, iria trazer grandes vantagens às indústrias utilizadoras em termos de velocidade de produção, adaptabilidade do equipamento e otimização do *layout* fabril. Estima-se que este tipo de equipamentos possa ganhar mercado a médio prazo.

O acabamento das peças é uma das fases mais morosas e delicadas do processo industrial. Neste caso, tal é particularmente verdade para os setores mais tradicionais da indústria transformadora e para aqueles que estão mais perto do consumidor final (calçado, mobiliário, pedra, curtumes, cerâmica e vidro, cortiça, etc.). A opinião geral entre os industriais portugueses e os centros tecnológicos nestes setores é que o operador humano continuará a ser essencial para estes processos (pintura, secagem, lixação, polimento, etc.), uma vez que a mão humana oferece perícia e detalhe que os sistemas

automáticos não conseguem providenciar. Dados os níveis de evolução que terão de ocorrer na robótica e inteligência artificial para que uma máquina automática consiga, por exemplo lixar e envernizar um canto trabalhado de uma peça de mobiliário, perspectiva-se a introdução deste tipo de máquinas no mercado a médio/longo prazo. Finalmente, a longo prazo, vários setores da indústria poderão beneficiar da introdução de células de produção automáticas, em que várias máquinas operam em perfeita integração e de forma completamente autónoma, sem intervenção do operador humano. Este tipo de células requer, além da maquinaria adequada, uma série de avanços significativos ao nível das TIC para agilizar, flexibilizar e controlar os processos fabris (N2).

## **N2 – Agilização, flexibilização e controlo dos processos**

No que diz respeito a esta necessidade de mercado, três produtos integram a oferta das tecnologias de produção a curto, médio e longo prazo. Antes de abordar estes produtos, no entanto, convém dizer que dada a forte ligação entre N1 e N2, também existem fortes vínculos entre estes produtos e os descritos anteriormente. De facto, as aplicações a oferecer pela indústria das tecnologias de produção em termos de TIC só adquirem sentido prático quando conjugadas com os equipamentos industriais apropriados.

Em primeiro lugar, surgem naturalmente os sistemas CAD/CAM/CAE e a sua articulação com os sistemas CNC. Estes sistemas existem desde há várias décadas e, portanto, serão alvo de melhorias incrementais que se perspectivam no curto prazo. Os sistemas CAD/CAM deverão continuar o seu processo de melhoria e/ou adaptação a máquinas CNC de 3+ eixos (um processo já em pleno desenvolvimento) para que a indústria possa mais facilmente rentabilizar estas máquinas, algo que ainda não é uma realidade consolidada em Portugal).

Por sua vez, os sistemas de rastreamento e controlo da produção deverão continuar também a evoluir de modo a permitir a gestão de sistemas de produção cada vez mais complexos. O rastreamento de peças em fabrico por radiofrequência (RFID), os sensores *wireless* e a comunicação máquina-a-máquina contribuirão para um controlo muito mais efetivo do processo de fabrico mas também da própria cadeia de valor e dos custos envolvidos.

Ainda dentro desta temática, a melhoria contínua dos sistemas de visão artificial será também um passo decisivo no avanço da incorporação de TIC nos processos de fabrico. A deteção de defeitos, o controlo de qualidade automático e a aplicação otimizada de matéria-prima no processo (ex: resinas na indústria da pedra) serão altamente potenciados por melhorias na visão artificial, que contribuirá sobremaneira para o controlo do processo.

Finalmente, a médio/longo prazo, a automatização e integração quase totais das operações do processo, incluindo o manuseamento e transporte de materiais e peças em produção, mediante consideráveis avanços na robótica e automação de processos, será também um marco importante na oferta das indústrias de tecnologias de produção. Esta introdução permitirá levar de forma mais consistente o operador humano do chão de fábrica para a sala de controlo.

### **N3 – Planeamento e simulação**

A este nível, duas categorias de produtos manifestaram-se como especialmente relevantes a curto e mais longo prazo. Em primeiro lugar, como referido anteriormente, as indústrias que se deparam com o novo paradigma de produção altamente customizada e séries pequenas não encontram facilmente *software* ERP que sirva as suas necessidades. Algumas, onde a capacidade tecnológica é maior, podem colaborar com os seus fornecedores e criar soluções à medida ou adaptar soluções estandardizadas.

Outras, no entanto, particularmente em setores mais tradicionais, têm dificuldades diversas em planear a produção, controlar os custos e *stocks*, etc. por não disporem de ferramentas apropriadas. Uma vez que os ERP são uma ferramenta altamente popularizada e de uso alargado, o seu *upgrade* para melhor servir este tipo de indústria poderá ocorrer a curto prazo. Esta melhoria poderá e deverá passar pela integração dos ERP com aplicações MES, especialmente adequadas ao planeamento e controlo em tempo real do processo produtivo.

Por outro lado, as aplicações que permitam a modelação, simulação e gestão do conhecimento dos processos fabris irão permitir manipular variáveis associadas a esses mesmos processos sem que seja necessário incorrer no custo fazer alterações à linha de produção ou de produzir protótipos físicos. Esta digitalização das fábricas irá permitir poupar tempo e dinheiro, agilizar os processos de engenharia e, quando integrada com os sistemas CAD/CAM/CAE – CNC, aumentar a rapidez da industrialização de ideias e conceitos.

### **N4 – Gestão de resíduos e materiais**

No que toca à introdução de produtos no mercado para responder a esta necessidade de mercado, é possível que esta venha a requerer apenas inovações incrementais aos sistemas já presentes.

Como já foi referido, o reaproveitamento de águas de processo, de reagentes/matérias-primas e a valorização de resíduos é uma necessidade prioritária de vários dos setores industriais consultados, nomeadamente os que têm etapas do processo em fase aquosa e os que são grandes consumidores de água. Assim, a instalação de sistemas de reciclagem tradicionais (constituídos por tubagens, tanques, bombas e filtros podem constituir-se como soluções adequadas a este problema. Convém, no entanto, identificar porque não estão estes sistemas mais disseminados

junto dos setores industriais que deles poderiam beneficiar. Possíveis custos de investimento ou necessidades de melhorias tecnológicas podem ser a resposta.

A introdução de doseadores automáticos em várias fases do processo que neste momento recorrem ao trabalho manual, pode também trazer melhorias significativas ao processo de gestão de materiais.

A incorporação no processo equipamentos que conduzam a uma recuperação quase total de efluentes poderá também ser uma possibilidade, embora as exigências tecnológicas a si associadas sejam maiores.

#### **N5 – Maior sustentabilidade energética**

Esta necessidade deverá ser abordada mediante a utilização de energia de fontes renováveis, particularmente a solar, e a adoção de equipamentos de maior eficiência energética.



No caso da utilização de energia de fontes renováveis, os produtos a desenvolver/aperfeiçoar para responder à necessidade do mercado são os que permitem a produção/reutilização de energia na unidade industrial, tais como as células fotovoltaicas, os concentradores

solares, os painéis para aquecimento e refrigeração solares, e as bombas de calor. No caso destas últimas, se o seu input energético (eletricidade) provier de fontes renováveis, as mesmas são consideradas uma tecnologia de energia completamente renovável. Caso o input de eletricidade provenha de combustíveis fósseis, apenas parte do output energético das bombas – proveniente do aproveitamento de correntes quentes do processo – pode ser considerado energia renovável.

Existem ainda, no entanto, obstáculos consideráveis à utilização do sol como principal fonte de energia em ambiente industrial. A complexidade, exigência em termos de investimento e baixa eficiência dos concentradores solares, a intermitência da energia fotovoltaica, que não se compadece com as exigências da indústria, ou a impossibilidade de os sistemas térmicos solares servirem eficientemente setores industriais que requerem aquecimentos acima dos 400°C, fazem com a adoção de energia solar em larga escala a nível industrial se perspetive a longo prazo.

Por outro lado, o requisito de maior eficiência energética aplica-se a uma variedade vasta de equipamentos produtivos que diferem entre os vários setores industriais, pelo que não é possível discriminá-los.

A solução para este problema passará por melhorias nos próprios equipamentos, dotando-os de novas capacidades e novos sistemas de monitorização e controlo (médio prazo), mas também por alterações de paradigma comportamental dos próprios industriais, que poderão adotar medidas simples para aumentar a eficiência energética dos seus equipamentos, tais como a sua manutenção adequada, substituição ou *upgrade*.

### 3.2.3 Tecnologia

A camada “Tecnologia” do *roadmap* global elenca as tecnologias que suportarão o desenvolvimento dos produtos já indicados e que, portanto, deverão constituir a base do trabalho de I&D das empresas de tecnologias de produção a curto, médio e longo prazo.

Por norma, o desenvolvimento de um produto requer o desenvolvimento de mais do que um tipo de tecnologia. No entanto, o *roadmap* global procura destacar a tecnologia principal e/ou diferenciadora que estará por detrás do desenvolvimento de cada produto, ou aquela que não se encontra suficientemente desenvolvida para que o produto atinja níveis de qualidade e custo atrativos para o setor industrial.

#### **N1 – Equipamento de alto desempenho; N2 – Agilização, flexibilização e controlo dos processos**

Uma vez que o desenvolvimento de tecnologia e as atividades de I&D se encontram bastante a montante na cadeia de desenvolvimento de um produto, também ocorre a mesma tecnologia estar na base de produtos diferentes e constituir-se como uma ponte entre produtos diferentes. Este último caso está bem patente no *roadmap* global apresentado, uma vez que os produtos que surgem como resposta às necessidades de desenvolvimento de equipamento de maior eficiência estão, frequentemente, ligados aos produtos e aplicações que surgem como resposta à necessidade de agilizar, flexibilizar e controlar processos. Assim, são necessárias tecnologias que conciliem desempenho de equipamento com incorporação de TIC avançadas.

Esta situação é especialmente relevante para as quatro tecnologias apresentadas no *roadmap* – integração CAD/M/E-CNC; robótica/automação; visão artificial e comunicação M2M. Estas tecnologias serão essenciais tanto para o desenvolvimento dos novos equipamentos de

alto desempenho perspetivados, como para os produtos e aplicações que constituirão as soluções principais para agilizar, flexibilizar e controlar os processos. A grande confluência entre estas duas necessidades de mercado e a extrema complementaridade entre os dois tipos de produto, levam a que estes tipos de tecnologia apresentem elevada aplicabilidade.

As tecnologias *net/near-net shape*, por sua vez, aglomeram uma vasta gama de processos de fabrico em que a produção inicial de uma peça resulta num item muito próximo do resultado final pretendido, eliminando várias necessidades de acabamento e manipulação. Este tipo de tecnologias está essencialmente ligado a processos de prototipagem rápida, portanto, ao desenvolvimento de equipamentos de melhor desempenho.

#### **N3 – Planeamento e simulação**

As tecnologias associadas ao desenvolvimento de *Manufacturing Execution Systems* (MES) terão um contributo decisivo para o aparecimento de produtos que apoiem os processos de planeamento e tomada de decisão a nível da gestão da produção e das próprias cadeias de valor. Os MES podem existir de forma complementar ou concorrente aos ERP, dependendo das condições de operação das indústrias. Também o trabalho de I&D de metodologias de simulação e modelação de processos industriais, comportamentos dos materiais, alteração das condições de produção, etc., serão fundamentais para implementar efetivamente o conceito de fábrica virtual, em que a gestão de recursos é feita de forma mais racional, não se recorrendo tão frequentemente a processos de prototipagem que se podem revelar dispendiosos.

#### **N4 – Gestão de resíduos e materiais**

Como já foi referido, nesta área, o desenvolvimento tecnológico pode não vir a desempenhar um papel tão fulcral como aquele que possui para as restantes necessidades de

mercado e exigências em termos de produto. Os equipamentos necessários à implementação de sistemas de reciclagem são já uma realidade bem estabelecida.

Ainda assim, existem margens para melhoria em campos específicos e menos divulgados. As tecnologias de recuperação consideradas podem estender-se para lá dos sistemas mais simples de reciclagem e incorporar novos avanços com vista à *zero discharge* em unidades industriais.

#### N5 – Maior sustentabilidade energética

A nível de tecnologia associada ao desígnio de maior sustentabilidade energética, tendo em conta a dupla natureza dos produtos a introduzir na indústria, o trabalho a efetuar será em duas áreas principais – a eficiência energética dos equipamentos e a aplicação industrial de energias renováveis.

No primeiro caso, antecipa-se que o trabalho de desenvolvimento tecnológico a realizar se centre em assuntos como as aplicações de controlo intensivo com automação integrada nos equipamentos industriais, o aumento das capacidades de recuperação, recolha e captação de energia desses mesmos equipamentos e o desenvolvimento do seu grau de adaptabilidade e auto-adaptabilidade a diferentes requisitos

de processo, de forma a racionar os custos energéticos.

Por outro lado, em termos de aplicação de energias renováveis a nível industrial, perspetiva-se que a energia solar venha a desempenhar o principal papel segundo três vetores – energia fotovoltaica, energia solar concentrada, e a energia solar térmica. Assim, a I&D tecnológicos deverão incidir nestes aspetos. Adicionalmente, também a utilização alargada de bombas de calor mais eficientes se pode configurar como uma solução para a introdução de energia de fontes renováveis na indústria.

### 3.3 Percursos tecnológicos

Os percursos tecnológicos constituem-se como frações dos *roadmaps* que mais facilmente permitem analisar ligações e interdependências entre as diferentes camadas, subcamadas e *milestones*. Foram adotados nesta metodologia, como instrumentos de facilitação da leitura de cada *roadmap* (tanto do *roadmap* global como dos setoriais) e representam caminhos genéricos a percorrer pelas empresas da Fileira das Tecnologias de Produção desde a fase de I&D e desenvolvimento tecnológico até à fase de mercado de um determinado produto.

Existem vários percursos tecnológicos em

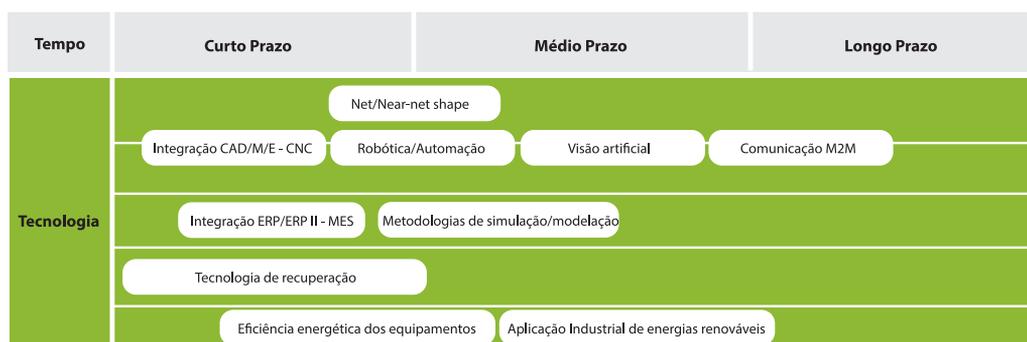


Figura 7 – Camada “Tecnologia” do *roadmap* global

cada *roadmap*, sendo que alguns apresentam sobreposições entre si, ao passo que outros são simples, diretos e independentes. Seguidamente apresentam-se os principais percursos tecnológicos constitutivos do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção.

### 3.3.1 Percurso tecnológico 1

O primeiro percurso tecnológico apresentado é o mais complexo. Embora o objetivo principal do fracionamento dos *roadmaps* seja simplificar a informação apresentada, neste caso as interdependências entre as necessidades de mercado, os correspondentes produtos e a tecnologia que está na base desses mesmos produtos, leva a que seja mais lógico apresentar vários elementos do *roadmap* numa versão mais consolidada e integrada.

Esta necessidade de integração e, conseqüentemente, da apresentação de um percurso tecnológico mais complexo, surge das interdependências naturais que resultam da necessidade de dotar a indústria transformadora de equipamento de mais alto desempenho e da necessidade de agilizar, flexibilizar e controlar o processo produtivo através de uma maior incorporação de TIC, automação, robótica, etc.

Começando pelas principais categorias de equipamento a aperfeiçoar/desenvolver, os sistemas de prototipagem rápida são especialmente adequados às indústrias metalomecânica e de moldes, que necessitam produzir peças normalmente sólidas de metal, plástico ou cerâmica e se veem cada vez mais pressionadas pelas exigências em termos de customização das peças e criação de séries curtas. As novas máquinas de prototipagem rápida, que se transformarão, no fundo, em máquinas de fabrico rápido, atingirão essa rapidez à custa da sua capacidade para processar um conjunto amplo de (novos) materiais e vastos fluxos de informação.

As máquinas de prototipagem rápida produzem um protótipo físico de determinada peça a partir do CAD, pelo que também a integração entre os equipamentos e o *software* terá que ser otimizada e tornada o mais eficiente possível.

A pertinência da prototipagem rápida (ou fabrico rápido) não se limita, no entanto, aos moldes e metalomecânica. Setores como o da indústria têxtil e vestuário ou do calçado, por exemplo, perspetivam que, a longo prazo, mediante o desenvolvimento de materiais adequados ao processo, o fabrico rápido através de técnicas aditivas possa ser utilizado para produzir uma peça de roupa ou um par de sapatos numa fração do tempo que demora atualmente. A consulta alargada efetuada junto dos agentes (empresas e centros tecnológicos) da indústria têxtil indicou esta possibilidade como “o que ocorreria num mundo ideal” ao nível da indústria.

A intervenção tecnológica para o desenvolvimento de máquinas de prototipagem rápida deve dar-se a dois níveis:

- i) o desenvolvimento da técnica de produção em si, ou seja, das técnicas de fabrico *net/near-net shape*, que permitem produzir elementos muito próximos da forma e configuração finais, eliminando a necessidade de várias operações subsequentes de acabamento (uma das limitações atuais da prototipagem rápida) e
- ii) o desenvolvimento dos próprios sistemas CAD, que fornecem informação aos equipamentos de prototipagem rápida.

Aliás, o desenvolvimento não só dos sistemas CAD mas também dos CAM e dos algoritmos que os suportam é uma necessidade tanto dos sistemas de fabrico aditivo como dos de fabrico subtrativo. Por exemplo, a maquinação e peças utilizando máquinas de mais de 3 eixos é uma realidade já estabelecida. Estes equipamentos são de uso consideravelmente alargado,

sendo utilizados nas indústrias de moldes mas também da pedra ou do mobiliário, não estando dependentes de desenvolvimentos tecnológicos radicais para introdução no mercado. No entanto, a sua utilização pela indústria, até mesmo a nível europeu, não se encontra totalmente rentabilizada, não sendo raro o seu uso a 50% da capacidade ou menos.

Este problema coloca-se em Portugal como noutras países, havendo uma forte necessidade de criar confiança entre os operadores industriais em relação à sua utilização. A criação dessa confiança passa, novamente, pelo desenvolvimento de sistemas CAD e CAM mais precisos e mais bem integrados com os equipamentos. A “tradução” do CAD para CNC pode constituir um estrangulamento importante no processo e levar a operações demoradas pelo que será um importante campo de melhoria.

Os equipamentos multifunções são também peças que beneficiarão consideravelmente da melhoria dos sistemas CAM e da sua integração com a tecnologia CNC. As máquinas multifunções, na sua essência, são equipamentos capazes de

tornear e fresar, mudando automaticamente as ferramentas aplicadas conforme se pretenda desbastar, perfurar, cortar, etc. Estes equipamentos permite reduzir o tempo que as peças passam nem produção, reduzindo o tempo que passam entre duas operações sequenciais.

Mais uma vez, setores como o metalomecânico, o de moldes, o das madeiras e mobiliário e o da pedra poderão obter ganhos consideráveis deste tipo de soluções. De facto, o setor da pedra, através do projeto de I&D *INOVSTONE*, encontra-se neste momento a desenvolver um protótipo de uma máquina para transformação de chapas com recurso a ferramentas combinadas.

Uma outra necessidade que foi altamente referenciada pela maioria dos atores envolvidos no processo de consulta do projeto foi a de aumentar o grau de automatização dos processos de acabamento nas várias indústrias. Isto pode ter significados muito diferentes, podendo incluir os processos de polimento e decoração na indústria da cerâmica e vidro, a pintura na indústria metalomecânica, a lixação na indústria do mobiliário, tratamentos superficiais na

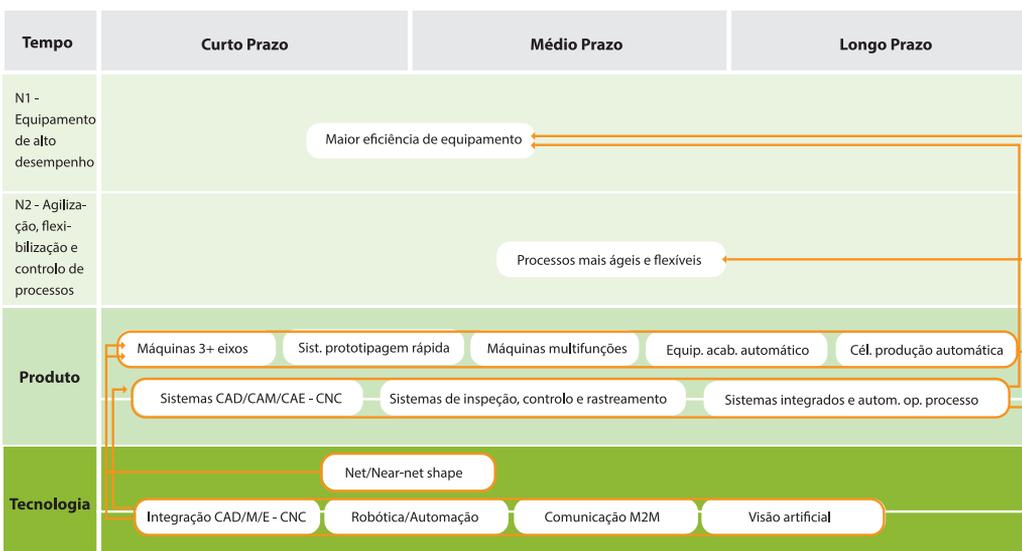


Figura 8 – Percurso Tecnológico 1 do *roadmap* global

indústria da pedra, e o tingimento e secagem na indústria têxtil ou de curtumes.

De facto, a variedade de operações de acabamento necessária em cada indústria é de tal forma considerável que os produtos a desenvolver para cada uma terão que ser altamente adaptados e fabricados à medida das necessidades dessa indústria. No entanto, as necessidades de aumentar o grau de automatização dos processos são comuns. Neste caso, os desenvolvimentos que se perspetivam deverão ocorrer ao nível da robótica e dos processos de manuseamento dos materiais em produção, para que possam ser transferidos com intervenção humana mínima de uma operação de acabamento para a seguinte, mas também, naturalmente, a nível do controlo dos processos, nomeadamente a visão artificial, para que os equipamentos automáticos possam substituir eficazmente o operador humano em certas operações que requerem grande detalhe e rigor como, por exemplo, lixar os cantos ou as decorações em relevo de um móvel.

Este tipo de tecnologia está ainda a alguma distância no tempo devido aos avanços tecnológicos que, neste momento, a inteligência artificial ainda deve à indústria e que não permitem que os níveis de automação, robótica, visão artificial, etc., sejam adequados aos processos de manufatura.

Também por este motivo, as células de produção automática, células flexíveis que integram várias operações de produção e dispensam intervenção humana nas mesmas, são também perspetivadas apenas a longo prazo. Estas células de produção exigirão a coordenação de vários tipos de tecnologias diferentes, a níveis aperfeiçoados, como a comunicação máquina-a-máquina, além de todas as já referidas. Além disso, nunca poderão existir sem os necessários sistemas de controlo e automação que serão introduzidos pela incorporação geral e amplificada das TIC no processo produtivo.

De facto, as TIC, aqui referidas no sentido lato, revelam-se essenciais para agilizar, flexibilizar e controlar os processos. Como referido, o desenvolvimento dos sistemas CAD e CAM e a sua integração com as máquinas CNC multifunções e com mais de 3 eixos e com os sistemas de prototipagem rápida serão campos de ação cruciais para as tecnologias de produção no futuro como, aliás, já o são agora. No entanto, a sua aplicação na monitorização e controlo dos processos será também fulcral. Como foi referido, a facilitação da automação de sistemas, o desenvolvimento da comunicação máquina-a-máquina, e o desenvolvimento de sistemas de rastreamento de peças em produção serão campos de aplicação principais das TIC nos processos de manufatura.

Os sistemas de controlo e inspeção automática antevêem-se como uma realidade mais próxima no tempo, devido a avanços recentes em tecnologias de visão artificial. De facto, a visão artificial já é uma realidade em sistemas de corte utilizados na indústria da pedra ou do calçado, entre outras. Por outro lado, a automatização e integração perfeitas de várias operações irão requerer avanços substanciais em termos de comunicação máquina-a-máquina e desenvolvimento das tecnologias de automação e robótica, pelo que são perspetivadas num horizonte temporal mais longo.

Como referido, estas são necessidades de mercado e produtos de carácter verdadeiramente transversal à maioria dos setores utilizadores, pelo que deverão constituir-se como prioridades para a fileira das tecnologias de produção.

### 3.3.2 Percurso Tecnológico 2

O segundo percurso tecnológico apresentado refere-se ainda à introdução de TIC no processo de manufatura mas de um ponto de vista de planeamento e simulação, portanto, não de

forma tão intimamente ligada ao equipamento de produção.

Vários dos agentes industriais consultados, particularmente os que lidam com séries curtas e produtos altamente customizados, apresentam dificuldades em adquirir instrumentos de planeamento da sua atividade, nomeadamente ERP, que sirvam adequadamente os seus propósitos. A maioria das soluções ERP disponíveis para a indústria é baseada em modelos estandardizados e especialmente adequada a produções contínuas em grande série. A produção à medida e em séries curtas (hoje paradigma de algumas indústrias como os moldes, o mobiliário ou as rochas ornamentais e industriais), envolve mudanças constantes de parâmetros de processo (ex. consumo de materiais e energia, tempo de operação das máquinas, expedição do produto acabado, receção de matérias-primas). Os ERP tradicionais não lidam bem com este tipo de dinâmicas. Adicionalmente, alguns desses ERP ainda não possibilitam a gestão alargada da cadeia de valor, incluindo gestão de relações com clientes e fornecedores (CRM e SRM).

A solução para o segundo problema parece mais evidente e disponível. Desde o início do séc. XXI, o paradigma da indústria tem migrado para o “ERP II”, uma solução que inclui funcionalidades típicas de um ERP – como o planeamento de materiais, a distribuição e o registo de encomendas –

associadas a novas capacidades como o *Customer Relationship Management* (CRM), *Supplier Relationship Management* (SRM) e a gestão de recursos humanos (HRM). Este tipo de sistemas consegue rapidamente, e com precisão, gerir a operação de uma organização em todas as suas dimensões, fornecendo informação em tempo real onde ela é necessária. São também sistemas baseados na web, permitindo aceder à informação a qualquer momento em qualquer lugar.

As vantagens e funcionalidades dos sistemas ERP, particularmente os que incorporam as características típicas do paradigma ERP II, são reconhecidas e inegáveis. Os *softwares* são normalmente modulares, permitindo às empresas grande flexibilidade na sua aquisição e utilização, e incluem módulos de gestão financeira, processamento de encomendas, gestão de fornecedores e inventários, e gestão de clientes e recursos humanos.

A solução para o primeiro problema, no entanto, apresenta maiores desafios. Uma área de melhoria constantemente apontada aos *softwares* ERP é a sua aplicação na gestão dos processos de manufatura. Nesta área, as capacidades dos ERP têm vindo a alargar-se: atualmente, muitas soluções incluem módulos de controlo e estimativa de custos, gestão e rastreamento de ferramentas e planeamento de capacidade. No entanto, a adequação de uso

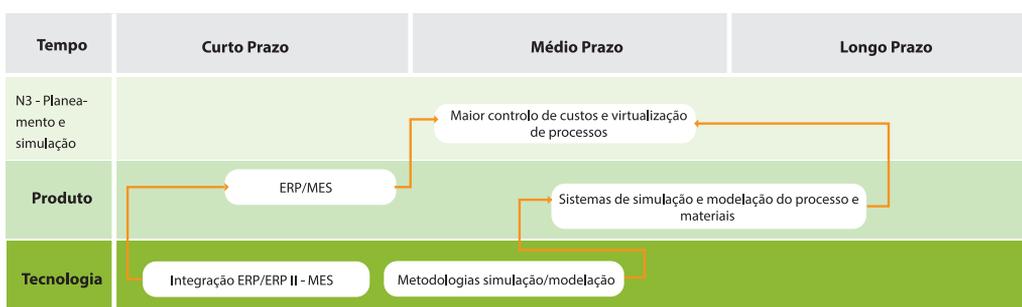


Figura 9 – Percurso Tecnológico 2 do *roadmap* global

de ERP tradicionais (ou ERP II) aos processos de produção industrial é ainda insuficiente.

Na maioria dos ambientes industriais, a solução pode passar pelo uso dos *Manufacturing Execution Systems (MES)* ou, idealmente, pela integração dos ERP com os MES. Os MES fornecem funcionalidades específicas para a produção que as empresas necessitam para adquirirem maior controlo e vigilância ao nível do chão de fábrica. Os MES apresentam normalmente vantagens consideráveis sobre os ERP ao nível de:

- Controlo de produção: planeamento, programação, otimização, controlo e configuração de máquinas, etc.);
- Rastreamento e controlo de componentes, materiais e processos;
- Gestão da qualidade.

Tanto os MES como os ERP são soluções já disponíveis no mercado e postas ao serviço das empresas. O que importa desenvolver, no curto prazo, e adequar às necessidades específicas dos setores utilizadores em Portugal, particularmente os que se sentem mais órfãos de soluções otimizadas, são sistemas integrados ERP/MES que permitam gerar perspetivas

mais holísticas e poderosas de todas as funções chave de uma empresa industrial, desde os aspetos financeiros e administrativos aos aspetos técnicos do processo de produção. É ainda importante perceber que a resposta à necessidade de controlar e reagir aos “eventos” do processo produtivo está nos MES mais do que nos ERP. Enquanto os ERP são sistemas de reporte, os MES fornecem visibilidade em tempo real do que está a ocorrer no chão de fábrica de modo a que os técnicos possam monitorizar de imediato os resultados de qualquer ajustamento ou alteração. Os sistemas MES têm a capacidade de fornecer aos sistemas ERP informação precisa e atempada sobre níveis de produção, estado dos trabalhos em progresso e mesmo números de série de componentes em produção para efeitos de rastreamento.

A integração da capacidade de ambos os sistemas é especialmente valiosa nos ambientes competitivos atuais, em que os mercados exigem tempos de resposta mais rápidos e produções mais eficientes. A integração ERP/MES permite rentabilizar o investimento no próprio ERP, que a maioria das empresas industriais em Portugal já faz, dotando-o de informação vinda diretamente do chão de fábrica, em tempo real, e com elevados níveis de acuidade.

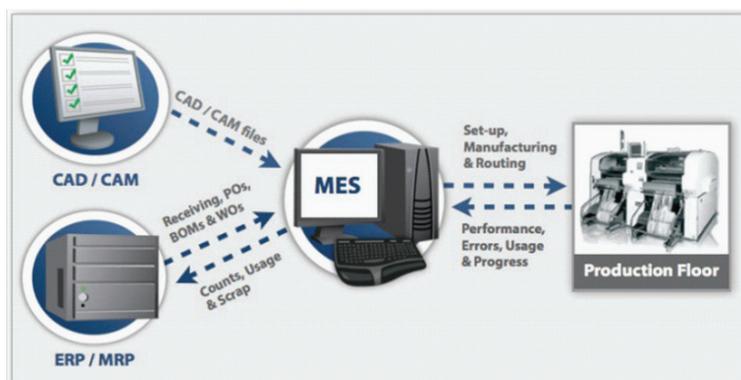


Figura 10 – Integração ERP/MES

Fonte: Global SMT & Packaging, Digital Edition, Setembro 2011

A segunda componente da necessidade de mercado que deverá ser suprida mediante incorporação mais intensiva de TIC no processo produtivo prende-se com os processos de simulação em fábrica e a transição para as chamadas “fábricas digitais”. Esta necessidade deverá ter um prazo de resolução mais alargado do que a relativa ao planeamento e controlo (ERP/MES).

A virtualização das fábricas ajudará a reduzir a necessidade de criação de protótipos físicos e a necessidade de investimento em unidades-piloto, e irá permitir que os processos de engenharia ocorram num ambiente digital, aumentando a capacidade de simulação, modelação e gestão do conhecimento presentes na indústria. Esta capacidade terá uma aplicação transversal a todos os setores utilizadores mas será especialmente importante para as indústrias que trabalham com as já referidas séries curtas e produção altamente customizada. Como é facilmente perceptível, é junto destas indústrias que a necessidade de flexibilização de processos é maior e são também estas que necessitam mais urgentemente de conseguir responder a solicitações rápidas e variadas de forma mais ágil. Os processos de modelação e simulação terão portanto um impacto considerável nestes setores.

Por exemplo, o setor da pedra natural lida hoje, maioritariamente, com séries curtas e feitas à

medida. É um setor em que a escolha do tipo de material errado para uma determinada aplicação pode levar a elevados custos de manutenção e à perda de confiança na indústria. O desenvolvimento de processos de modelação e simulação pode levar a uma forte mitigação deste risco ao permitir, por exemplo, prever o comportamento da pedra sob certas condições ambientais e atmosféricas, prever a sua resistência ao aparecimento de manchas e outros defeitos e, em última instância, recomendar o material certo para a aplicação certa. Este é apenas um exemplo de como o desenvolvimento de ferramentas de modelação e simulação, baseadas na investigação de algoritmos e, naturalmente, nas características físicas, químicas e mecânicas dos materiais, pode constituir-se como uma mais-valia importante para os setores industriais utilizadores.

Estas ferramentas podem vir a ser integradas nos próprios sistemas MES, sendo que essa é, atualmente, uma área de desenvolvimento tecnológico à qual é dedicada atenção considerável. Um bom exemplo dessa situação é o projeto DREAM - *Simulation based application Decision support in Real-time for Efficient Agile Manufacturing* (2012-2015) – financiado pelo 7º Programa Quadro para a I&D Tecnológico (FP7) da Comissão Europeia, e liderado pelo *Fraunhofer Institute for Industrial Engineering*:



*“Manufacturing systems are highly reactive systems, due to rapidly changing market demand and unscheduled events (machine breakdown, absentee workers, material quality), resulting in a great need by industry for simulation based real-time decision support that is tightly integrated with Manufacturing Execution Systems (MES).”*

### 3.3.3 Percurso Tecnológico 3

O terceiro percurso tecnológico derivado do *roadmap* global é o que poderá apresentar menores exigências ao nível das tecnologias necessárias à sua implementação. As necessidades de reduzir desperdícios e reaproveitar resíduos são importantes em vários dos setores e ambas podem estar ligadas. Esta necessidade é particularmente prevalente em setores com operações do processo produtivo em fase aquosa ou setores que utilizem grandes quantidades de água.

Como referido, a questão do reaproveitamento de resíduos e uso mais racional de materiais não tem necessariamente que se apresentar como um desafio tecnológico de vanguarda, podendo tratar-se apenas de uma questão de alterações comportamentais. A água é, possivelmente, um dos recursos mais desperdiçados pela indústria em Portugal e esta é uma situação da qual grande parte dos industriais está ciente. Indústrias como os curtumes, a cortiça, o têxtil

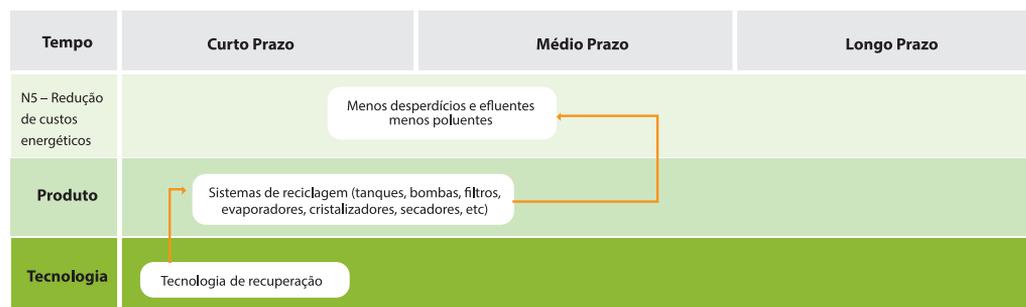


Figura 11 – Percurso Tecnológico 3 do *roadmap* global

e a pedra natural são grandes consumidoras de água e nem sempre têm disponíveis sistemas que permitam reciclar e reaproveitar as águas de processo.

Também é verdade, contudo, que as tecnologias de recuperação disponíveis podem não se encontrar ainda num nível que permita um reaproveitamento total dos efluentes de processo (*zero discharge*).

A indústria de curtumes, por exemplo, incorre em despesas consideráveis para o tratamento de efluentes de processo nas estações de tratamento, ao mesmo tempo que se vê na obrigação de continuamente introduzir água fresca no processo. Ainda que a introdução de água fresca possa nem sempre constituir um

gasto avultado (esta pode provir de cursos de água natural), a prática é contrária aos princípios de sustentabilidade e eficiência de recursos que devem nortear a atuação da indústria moderna. Algo semelhante acontece, por exemplo, com as águas de cozedura da cortiça.

Na indústria têxtil, os consumos de água são elevados e canalizados especialmente para o processo de tingimento. Para responder a esta questão, a indústria têxtil tem procurado apostar, essencialmente, em processos de tingimento que utilizem menos água (ou nenhuma água). Ainda assim, enquanto esse tipo de processos não se encontra convenientemente desenvolvido e largamente disseminado, a limpeza de efluentes e reaproveitamento de águas deve ser considerada como uma possível solução,

mesmo tendo em conta que os efluentes da indústria têxtil são de elevada toxicidade, devido, precisamente, aos compostos usados no tingimento.

Na indústria da pedra, por sua vez, a água é largamente utilizada nos processos de extração, corte e acabamento, tendo como fim o arrefecimento dos equipamentos, a limpeza dos materiais ou mesmo os processos de corte em si (jato de água).

Assim, estas indústrias, em particular, teriam muito a beneficiar com a adoção mais alargada de sistemas de reciclagem/recuperação eficientes na maioria das instalações. Sistemas relativamente típicos à base de tubagens, bombas e tanques deveriam ser equipamentos de aplicação comum nestas indústrias, sendo que, naturalmente, o tratamento a dar a cada efluente teria que ser específico para o setor. Os efluentes são diferentes e, conseqüentemente, as necessidades de tratamento são também diferentes. Os efluentes da indústria da pedra são caracterizados, essencialmente, por um elevado teor de sólidos suspensos, ao passo que na cortiça e nos têxteis estes contêm quantidades importantes de contaminantes químicos e biológicos. Nos curtumes, verificam-se ambas as situações.

Este tipo de sistemas não apresenta desafios tecnológicos de monta, pelo que cabe à fileira das tecnologias de produção estudar os motivos que levam à sua não aplicação em vários casos. Os custos de investimento são por vezes apontados, pelo que urge encontrar soluções que permitam fazer face a esse obstáculo.

Outras soluções de recuperação mais eficazes poderão vir a requerer investimentos noutros tipos de equipamento. O objetivo da *zero discharge* poderá, a mais longo prazo, implicar a adoção de lagoas de evaporação ou sistemas termomecânicos baseados em evaporadores, cristalizadores ou secadores.

Existem atualmente algumas áreas de I&D associadas às tecnologias de recuperação às quais é atribuída uma importância considerável. Estas áreas, além de proporcionarem algumas das soluções correntemente disponíveis, apresentam também um grande potencial de desenvolvimento futuro: filtros de membranas; biorreatores de membranas (MBR); tratamento e desinfecção químicos; e desmineralização.

### 3.3.4 Percurso Tecnológico 4

O último percurso tecnológico apresentado diz respeito ao aumento da sustentabilidade energética dos processos industriais. De um modo geral, os diferentes setores utilizadores apresentam diferentes perspetivas em relação aos custos energéticos associados à produção. Nalguns casos, estes representam frações reduzidas dos custos de produção (por exemplo na indústria dos moldes e ferramentas), ao passo que noutros os custos energéticos são muito significativos, como, por exemplo, no caso da cerâmica e vidro. Existem também situações em que os custos energéticos não são devidamente considerados pela larga maioria das empresas do setor, sendo que não lhes é atribuída a importância que realmente merecem. Esta última situação revelou-se especialmente prevalente no caso do setor corticeiro, onde existem várias unidades produtivas de pequena dimensão.

Segundo conclusões obtidas durante o processo de recolha de informação, o maior desafio da indústria portuguesa em termos energéticos é o preço cobrado pelos fornecedores de energia (elétrica, gás natural e combustíveis). Os representantes industriais e do sistema científico e tecnológico associados a cada setor estudado acreditam que, na maioria dos casos, a resposta para a questão do aumento da sustentabilidade energética deverá vir da aplicação industrial de energias renováveis e dos produtos e sistemas que serão criados a partir da investigação tecnológica na área.

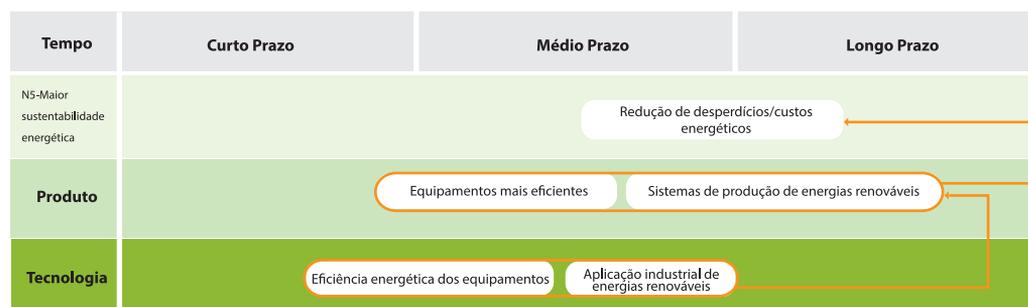


Figura 12 – Percurso Tecnológico 4 do *roadmap* global

Uma das grandes contribuições das tecnologias de produção para o aumento da sustentabilidade energética na indústria estará no desenvolvimento de formas mais eficazes de aproveitamento de energias renováveis, em particular, a energia solar, aquela que parece apresentar maior viabilidade de uso a nível de uma unidade fabril.

Existem, essencialmente, três formas essenciais de aproveitar o sol como fonte de energia:

- **Energia solar térmica** – gerada a partir do uso de painéis que captam o calor, que é usado diretamente no aquecimento (ou arrefecimento, mediante a sua utilização num ciclo normal de refrigeração) de correntes de processo. Esta é a forma mais básica de utilização de energia solar, geralmente conhecida como aquecimento e arrefecimento solares;
- **Energia solar concentrada** – gerada a partir de sistemas de espelhos e lentes que concentram a luz solar e convertem-na em calor que é utilizado em processos normais de produção de eletricidade, geralmente o aquecimento de turbinas a vapor;
- **Energia fotovoltaica** – energia elétrica gerada diretamente da luz solar através do efeito fotovoltaico.

A energia solar térmica destaca-se por ser a mais simples das tecnologias consideradas, a menos

exigente em termos de custos de investimento e com altos retornos sobre o investimento. A sua aplicabilidade limitada e incapacidade em produzir eletricidade são aspetos negativos da sua implementação.

Por sua vez, os sistemas de energia solar concentrada apresentam um trunfo que é vital para a indústria – a capacidade de armazenamento de energia para fazer face a períodos de maior consumo e menores níveis de irradiância. A capacidade de garantir um abastecimento contínuo de energia é essencial para qualquer indústria e é uma vantagem oferecida pelos sistemas de energia solar concentrada e que ainda não se encontra ao alcance dos sistemas fotovoltaicos. Por outro lado, a complexidade dos sistemas de geração de energia solar concentrada e as suas exigências em termos de espaço e custos de investimento colocam entraves à sua utilização.

Os sistemas de produção de energia fotovoltaica demarcam-se pela simplicidade da instalação, exigências mínimas de manutenção e a existência frequente de incentivos à sua adoção. Adicionalmente, o excesso de calor do processo pode ser usado para cogeração. A sua intermitência e relativamente baixa intensidade, por exemplo, são obstáculos ao seu uso.

As três formas de aproveitamento da energia solar apresentam possíveis áreas de melhoria

consideráveis, pelo que todas apresentam potencial para gerarem novos sistemas de produção de energia na fábrica, adotáveis a médio e longo prazo.

Como referido anteriormente, um outro produto que pode ser associado à aplicação de energias renováveis em processos industriais é a bomba de calor. As bombas de calor podem ser consideradas fontes de geração de energia renovável, se a quantidade de calor útil que produzem for superior à energia que consomem para o seu funcionamento. Tal depende da eficiência da bomba. As bombas de calor recolhem o calor ambiente ou o calor de correntes de processo e transferem-no para outras correntes/operações de processo sem necessidade de utilizar fontes de energia primária.

O segundo grande desafio a vencer para aumentar a sustentabilidade energética dos processos industriais é o aumento da eficiência dos equipamentos. Existem vários tipos diferentes de equipamentos em vários setores industriais diferentes, pelo que é inviável a sua identificação individual.

No entanto, as principais áreas de investigação associadas ao aumento generalizado da eficiência energética dos equipamentos são relativamente bem conhecidas. O controlo intensivo com automação integrada nos equipamentos industriais, o aumento das capacidades de recuperação, recolha e captação de energia desses mesmos equipamentos, e o desenvolvimento do seu grau de adaptabilidade e auto-adaptabilidade a diferentes requisitos de processo, são consideradas áreas prioritárias.

Finalmente, é também importante salientar que o aumento da sustentabilidade energética dos processos industriais em Portugal passa também por fatores não tecnológicos, em especial pela reformatação do comportamento dos agentes industriais.

O facto de não se desligar uma determinada máquina que poderia estar inativa durante a hora de almoço, ou de não se atribuir a importância devida aos processos de auditorias energéticas e de estimação exata dos custos energéticos de uma fábrica são problemas cujas soluções dependem de alterações nas dinâmicas comportamentais.

No entanto, mesmo dentro deste aspeto, as tecnologias de produção podem vir a ter uma palavra importante a dizer. As tecnologias de controlo e monitorização, assim como as de planeamento e estimação de custos, deverão ter um papel cada vez mais preponderante na gestão dos gastos energéticos e também no seu controlo. No setor corticeiro, por exemplo, várias empresas utilizam compressão de ar nos processos de secagem. Os sistemas de ar comprimido são grandes consumidores de energia, consumo esse que muitas vezes passa despercebido. Além do mais, uma pequena fuga numa tubagem faz aumentar consideravelmente a energia consumida sem que tal seja devidamente notado. Logo, uma monitorização mais apertada destes processos assim como melhores meios para controlar os custos a si associados permitirão reduzir de forma significativa os custos energéticos dos processos.



### 3.4 Atividades de I&D

O *roadmap* da Figura 4 apresenta dez áreas tecnológicas principais que deverão estar na base do desenvolvimento de novos produtos que servirão a indústria portuguesa a curto, médio e longo prazo.



Tabela 6 – Áreas tecnológicas do *roadmap* global

Aplicação industrial de energias renováveis	Comunicação M2M
Eficiência energética dos equipamentos	Integração CAD/M/E - CNC
Integração ERP/ERP II – MES	Metodologias simulação/modelação
<i>Net/near-net shape</i>	Robótica/automação
Tecnologias de recuperação	Visão artificial

#### 3.4.1 Áreas de investigação relevante

Dentro das tecnologias indicadas na Tabela 6, pode definir-se um conjunto de áreas de investigação prioritárias que levarão ao desenvolvimento dessas mesmas tecnologias e ao desenvolvimento de produtos que respondam às necessidades de mercado globais dos setores industriais utilizadores em termos de tecnologias de produção. Estas áreas de investigação estão indicadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Áreas de investigação para o desenvolvimento de tecnologias

<b>Tecnologia: Aplicação industrial de energias renováveis</b>	
	<p>Áreas de investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia solar concentrada</li> <li>• Energia fotovoltaica</li> <li>• Energia solar térmica</li> <li>• Bombas de calor</li> </ul>
<b>Tecnologia: Comunicação M2M</b>	
	<p>Áreas de investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolos e mecanismos de <i>networking</i></li> </ul>
<b>Tecnologia: Eficiência energética dos equipamentos</b>	
	<p>Áreas de investigação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicações de controlo intensivo com automação integrada</li> <li>• Capacidade de recuperação, recolha e captação de energia dos equipamentos</li> <li>• Adaptabilidade e auto-adaptabilidade do equipamento a diferentes requisitos de processo</li> </ul>

Tecnologia: Integração CAD/M/E – CNC



Áreas de investigação:

- Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC

Tecnologia: Integração ERP/ERP II – MES



Áreas de investigação:

- Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML

Tecnologia: Metodologias de simulação/modelação



Áreas de investigação:

- Modelação e simulação de processos de fabrico
- Modelação inteligente de maior capacidade preditiva
- Simulação integrada em chão-de-fábrica
- Interfaces de utilizador avançadas

Tecnologia: *Net/near-net shape*



Áreas de investigação:

- Técnicas de fabrico aditivo (ALM)
- Transferência de técnicas para uso em materiais avançados

Tecnologia: Robótica/automação



Áreas de investigação:

- Automação cooperativa inteligente
- Interação humano-robot
- Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade
- Máquinas de produção inteligente

**Tecnologia: Tecnologias de recuperação**



Áreas de investigação:

- Filtros de membranas
- Biorreatores de membranas (MBR)
- Tratamento e desinfecção químicos
- Desmineralização

**Tecnologia: Visão artificial**



Áreas de investigação:

- Inspeção automatizada e inteligência artificial
  - Sistemas de visão de alta resolução
  - Interferometria de luz estruturada

As áreas de investigação mencionadas na Tabela 6 não pretendem ser uma lista completa de todos os campos científico-tecnológicos nos quais será necessário desenvolver novo conhecimento e novos resultados para desenvolver as tecnologias correspondentes. No entanto, tendo em conta o trabalho de diagnóstico realizado no âmbito deste projeto, bem como a relevância que cada tecnologia tem para a Fileira das Tecnologias de Produção, as áreas de investigação referenciadas revestem-se de uma importância crucial.

Seguidamente, tecem-se algumas considerações breves sobre as áreas tecnológicas indicadas.

### Aplicação industrial de energias renováveis

#### Energia solar concentrada

O uso alargado de energia solar concentrada na indústria irá implicar que esta seja capaz de atingir melhores desempenhos e custos mais baixos, especialmente ao nível da instalação. Existe uma série de aspetos técnicos que necessitarão de melhorias, mas será também necessário desenvolver um conjunto de atividades paralelas de I&D e demonstração desenhadas para permitir

uma melhor exploração dos pontos fortes deste tipo de energia.

Assim, fatores como a melhoria da flexibilidade operacional no processo de geração de energia solar concentrada, permitindo a hibridização das centrais com gás natural ou biomassa, e a melhoria da despachabilidade da energia são cruciais. Também a melhoria da performance ambiental e a pegada hídrica dos sistemas, e o desenvolvimento de conceitos avançados de controlo e design serão áreas de investigação de importância elevada.

A principal área de investigação, no entanto, deverá ser a eficiência dos concentradores, que são, na sua essência, sistemas à base de lentes e espelhos, pelo que novos avanços na área da ótica de não-imagem serão decisivos.

#### Energia fotovoltaica

Para melhorar a competitividade da energia fotovoltaica em ambiente industrial, será necessário vencer vários desafios de investigação, nomeadamente o aumento da eficiência de conversão, estabilidade e vida útil das células. Também o desenvolvimento de *interfaces* de rede

e tecnologias de armazenamento se revelarão fundamentais para os avanços da energia fotovoltaica.

### Energia solar térmica

A investigação na área da energia solar térmica deverá prender-se com a eliminação das principais barreiras que ainda obstaculizam a sua utilização mais alargada em contexto industrial. Em particular, a diminuição da escala das áreas de superfície necessárias para a instalação dos coletores solares (que deverá passar pela melhoria da eficiência dos coletores), e a identificação de soluções para os problemas da intermitência da energia e a sua baixa intensidade, a escalabilidade limitada dos sistemas e a impraticabilidade de armazenar ou vender calor em excesso produzido serão tópicos de investigação importantes.

### Bombas de calor

A investigação ao nível das bombas de calor deverá realizar-se a dois níveis – ao nível do próprio equipamento, particularmente com vista ao aumento da sua eficiência; mas também ao nível dos processos de otimização e integração em fábrica. A ausência de otimização termodinâmica na indústria, especialmente em processos complexos e com várias operações, constitui-se como um detrimento para a aplicação eficiente e otimizada de bombas de calor. Ferramentas que permitam realizar análises pinch de forma rápida e ágil terão um papel importante neste âmbito.

## Comunicação M2M

### Protocolos e mecanismos de *networking*

Dentro desta área de investigação, procurar-se-á aumentar a eficiência da gestão de produção e equipamentos em rede, criando condições para a emergência da chamada *Internet of Things* (IoT) em contexto industrial. Esta emergência levará à criação facilitada de redes de vários equipamentos como sensores *wireless*, dispositivos RFID, etc., contribuindo significativamente para o aumento

da eficiência logística, monitorização em tempo real de fluxos de materiais e utilização de recursos.

## Eficiência energética dos equipamentos

### Aplicações de controlo intensivo com automação integrada

Os controlos associados aos equipamentos industriais deverão tornar-se mais flexíveis de forma a poderem gerir diferentes sistemas, ao mesmo tempo, da forma mais simples e eficiente. Estes sistemas terão de ter a capacidade de comunicar entre si e otimizar as necessidades de consumo de energia e manutenção, ao mesmo tempo que devem mostrar, em tempo real, os consumos de energia correntes.

### Capacidade de recuperação, recolha e captação de energia dos equipamentos

A recuperação e recolha de energia (*energy harvesting and scavenging*) é um processo através do qual é possível capturar pequenas quantidades de energia que de outra forma se perderiam, tais como calor, luz, som, vibração e movimento. Este processo apresenta um elevado potencial para gerar benefícios para a indústria, mas requererá avanços em áreas críticas tais como os materiais piezoelétricos para a recuperação de energia da vibração, movimento e som, ou os materiais piroelétricos para recuperação do calor. Adicionalmente, avanços de engenharia ao nível do armazenamento de energia e metrologia serão também indispensáveis.

### Adaptabilidade e auto-adaptabilidade do equipamento a diferentes requisitos de processo

A adaptabilidade do equipamento industrial a diferentes requisitos de processo trará consigo níveis de agilidade que permitirão um uso mais racional da energia e o aumento da eficiência do equipamento. O aumento dos níveis de adaptabilidade do equipamento levará a processos mais intensivos em termos de controlo e mais tolerante a falhas, o que gera vantagens

claras em termos da redução de consumos energéticos.

### Integração CAD/M/E - CNC

#### Desenvolvimento continuado da linguagem STEP-NC

O STEP-NC é uma linguagem de controlo de ferramentas mecânicas que liga os dados de design CAD utilizados para determinar os requisitos de maquinação de uma peça ao processo CAM/CNC de fabrico da própria peça. É o resultado de um projeto de investigação iniciado há 13 anos por várias instituições europeias e atualmente participado também por instituições coreanas.

Em certas aplicações, o STEP-NC tem permitido uma redução de 15% no tempo de maquinação das peças e o fabrico de peças que obedecem a requisitos de precisão mais exigentes com custos menos elevados. Os desenvolvimentos futuros da tecnologia prender-se-ão com o seu refinamento contínuo e aplicação a diferentes processos de maquinação com, por exemplo, a maquinação por descarga elétrica (EDM).

### Integração ERP/ERP II – MES

#### Desenvolvimento de soluções baseadas no standard ISA-95 e na linguagem B2MML

O *Business To Manufacturing Markup Language* (B2MML) é uma implementação XML do standard ISA-95 da *Instrumentation, Systems and Automation Society*. Este *standard* é utilizado para definir *interfaces* entre atividades de gestão empresarial e controlo de produção. O desenvolvimento de soluções ERP e MES que suportem standard ISA-95 proporcionará uma maior facilidade de integração no futuro, permitindo a comunicação entre diferentes níveis de operação da empresa sem necessidade de avultados custos de investimento e manutenção.

### Metodologias de simulação/modelação

#### Modelação e simulação de processos de fabrico

A investigação nesta área incidirá sobre o desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias de modelação e simulação de processos de fabrico de componentes envolvendo fenómenos mecânicos, energéticos, químicos e associados à mecânica de fluidos.

#### Modelação inteligente de maior capacidade preditiva

Nesta área, os objetivos de investigação passarão por desenvolver modelos mais inteligentes e mais capazes de fornecer detalhes de projeto, mas também com maior capacidade preditiva de modo a reduzir as necessidades de prototipagem física ou de construção de unidades piloto. Estes processos de modelação deverão contemplar propriedades de materiais e componentes e as suas variações, e ajudar a identificar e mitigar efeitos de corrosão, temperatura ou stress sobre os componentes produzidos.

#### Simulação integrada em chão-de-fábrica

Dentro desta área de investigação, procurar-se-á desenvolver ferramentas de modelação que funcionem de maneira integrada em diferentes níveis do chão-de-fábrica (processo, máquina, célula, linha e fábrica). A interação com a máquina e o sistema de controlo deverá permitir que a simulação utilize como linha de base a situação corrente em fábrica. Os resultados da simulação irão permitir que as tarefas dos operadores sejam apoiadas por sistemas multinível de apoio à tomada de decisão.

#### Interfaces de utilizador avançadas

As *interfaces* de utilizador avançadas deverão apresentar um aspeto gráfico interativo que permita aos operadores lidarem com a complexidade dos sistemas de simulação e decisão incorporados nos equipamentos e linhas e produção.

## Net/near-net shape

### Técnicas de fabrico aditivo

As técnicas de fabrico aditivo (ALM) estão na vanguarda das tecnologias de produção *net/near-net shape*. Existem vários tipos de tecnologias ALM em permanente desenvolvimento:

- o Processos de moldagem de pó (*Laser Sintering, Laser Melting, Electron Beam Melting*)
- o Processos de deposição de materiais (extrusão)
- o Impressão 3D
- o Estereolitografia

Atualmente, o grande desafio de investigação associado a estes processos é a sua industrialização.

### Transferência de técnicas para uso em materiais avançados

As tecnologias *net-shape* têm ganho importância a nível industrial como meios de produção de partes estruturais feitas de uma vasta gama de materiais como metais, cerâmicos e polímeros. A transferência destes processos de baixo custo para novas classes de materiais (intermetálicos, biocerâmicos, nanocompósitos, etc.) levará à criação de novas possibilidades de *design* de componentes e poupanças significativas em termos de custos de processo.

## Robótica/automação

### Automação cooperativa inteligente

Nesta área, o trabalho de investigação debruçar-se-á sobre o desenvolvimento de novos métodos de interação e definição automática de tarefas em sistemas de automação cooperativa inteligente e de controlo robótico, capazes de apoiarem novos paradigmas de programação da produção, tais como lotes pequenos e customizados.

### Interação humano-robot

Os desenvolvimentos na interação humano-robot terão em vista a produção de novos sistemas híbridos de fabrico e montagem/desmontagem, baseados em robótica melhorada e/ou tecnologia de automação para tarefas de produção cooperativa entre humanos e robots.

### Medição de KPI, monitorização de sistemas e controlo de qualidade

Neste campo deverão ser desenvolvidas novas ferramentas e métodos de metrologia para manipulação e processamento em larga escala de informação sobre o processo produtivo. A avaliação da produção, da própria automação de apoio à produção e do equipamento de medida e sensores será efetuada recorrendo a metodologias e métricas standardizadas, incluindo o desenvolvimento de procedimentos adaptativos e com capacidade de auto-aprendizagem para controlo de processo e da qualidade.

### Máquinas de produção inteligente

Outro campo de desenvolvimento tecnológico essencial na área da automação e robótica será o desenvolvimento de máquinas de produção inteligente e equipamento de automação de configuração automática (*plug-and-produce*). Estes equipamentos incluem robots e outras máquinas inteligentes, aparelhos periféricos, sensores e sistemas de comunicação capazes de gerarem sistemas de equipamento e controlo escaláveis, permitindo ainda a migração e transição dos sistemas existentes para arquiteturas modernas.

## Tecnologias de recuperação

### Filtros de membranas

Os filtros de membranas constituem-se, possivelmente, como a tecnologia de maior

aplicabilidade transversal entre os vários setores utilizadores, levando à implementação de sistemas de recuperação que, de facto, representem mais-valias na maioria das indústrias. O principal desafio tecnológico associado a este produto prende-se, portanto, com o desenvolvimento de novas membranas (poliméricas, líquidas, cerâmicas) ou novas tecnologias de membranas que tornem os equipamentos mais atrativos e compensadores para as indústrias utilizadoras.

### **Biorreatores de membranas (MBR)**

Os MBR oferecem várias vantagens na recuperação de efluentes em relação a outros sistemas convencionais de tratamento, tais como a qualidade da água recuperada, um maior grau de automação, uma pegada ecológica menor e menor produção de lamas. Estas características, combinadas com exigências ambientais cada vez maiores, têm despertado um interesse aumentado na tecnologia MBR. Ainda assim, vários desenvolvimentos tecnológicos são ainda necessários para aumentar a eficiência destes sistemas, nomeadamente a deposição de incrustações nas membranas. Aos trabalhos típicos de investigação sobre este problema, tais como a manipulação de variáveis de processo como os fluxos, tempo de retenção de sólidos, concentração de microrganismos, etc., juntam-se também abordagens mais inovadoras como a aplicação de campos elétricos que inibem a deposição de material sobre a membrana.

### **Tratamento e desinfeção químicos**

O tratamento e desinfeção químicos (particularmente esta última) são aplicáveis, maioritariamente, a águas que se destinam ao consumo por seres vivos, uma vez que se destinam a eliminar agentes patogénicos. No entanto, as águas que correm em circuitos de refrigeração industrial devem ser sujeitas a processos de desinfeção para recuperação, uma vez que as elevadas temperaturas a que essas águas são expostas são propícias ao desenvolvimento

de microrganismos e de biofilmes que causam corrosão nas tubagens. O trabalho de investigação nesta área pode debruçar-se sobre vários aspetos, desde a redução/eliminação de produtos secundários da desinfeção, ao aumento do efeito da proteção residual do desinfetante e ao desenvolvimento das técnicas de controlo e monitorização dos parâmetros de interesse da água.



### **Desmineralização**

Os processos de desmineralização removem minerais e nitratos da água e são particularmente relevantes para aplicação em indústrias que requerem elevados níveis de pureza da água (farmacêutica, semi-condutores, agroalimentar, etc.). A desmineralização é conseguida à custa de vários processos, alguns dos quais envolvendo filtração por membranas (osmose inversa e nano/ultrafiltração), mas também através de eletrodialise ou destilação. Alguns dos principais desafios de I&D colocados aos processos de desmineralização estão, por associação, colocados também aos processos de filtração por membranas. Entre estes destacam-se, por exemplo, o aumento da temperatura de remoção de iões solúveis e o aumento da tolerância das membranas à oxidação por biocidas, nos processos de osmose inversa, e o aumento da durabilidade, acessibilidade de custo, e tolerância a hidrocarbonetos insolúveis por parte das membranas, em processos de ultrafiltração.

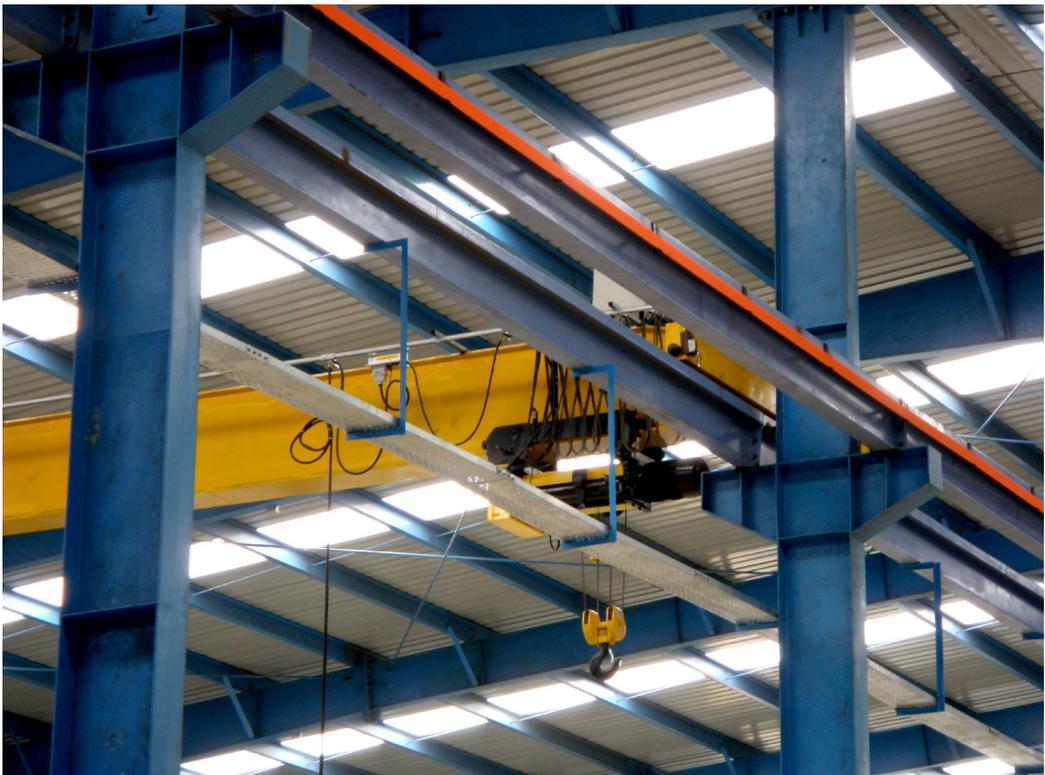
## Visão artificial

### Inspeção automatizada e inteligência artificial

A componente de inspeção (verificação, escolha, etc.) do processo produtivo pode tornar-se bastante morosa e constitui-se, normalmente, como um constrangimento importante desse mesmo processo. A inspeção automatizada obtida através do desenvolvimento da inteligência artificial possibilita que esse processo possa ser acelerado por equipamentos

desenhados especificamente para o efeito. Esses equipamentos terão a capacidade de detetar falhas e defeitos no processo/produto e tomar medidas de ação corretiva atempadamente.

As áreas de investigação mais promissoras na área passam, por exemplo, por processos como a interferometria de luz estruturada e os sistemas de visão de alta resolução.



### 3.4.2 Recursos para atividades de I&D

A análise efetuada na secção 3.4.1 teve como objetivo enumerar uma série de áreas de I&D que podem conduzir à geração de novas tecnologias e produtos que poderão incorporar a oferta da Fileira das Tecnologias de Produção. No entanto, os trabalhos de I&D são normalmente consumidores significativos de recursos humanos e materiais, pelo que é fundamental para a indústria portuguesa de tecnologias de produção que estes projetos beneficiem ao máximo dos apoios públicos disponíveis.

Esta secção procurará, portanto, dar a conhecer os principais apoios disponíveis para entidades portuguesas com vista a esse fim.

Importa, no entanto, dizer que o momento em que este documento é elaborado é, porventura, o menos indicado para dar a conhecer os principais mecanismos nacionais e europeus de apoio às atividades de I&D. Atinge-se, neste momento, o fim de vários quadros de programação financeira de apoio à I&D, nomeadamente o 7ºPQ para a I&D Tecnológico, a nível europeu, e o Quadro de Referência Estratégico Nacional, a nível nacional.

Os seus sucessores – Horizonte 2020, a nível europeu, e o Portugal 2020, a nível nacional – estão ainda em fase de finalização, prevendo-se que só no início de 2014 comecem a prestar o apoio que deles é esperado às empresas e instituições dos SCT.

Tal não invalida, contudo, que esta secção inclua ambos os programas na sua lista de possíveis mecanismos de apoio às empresas da Fileira das Tecnologias de Produção que desejam obter apoios para financiar as suas atividades de I&D. O enfoque global da secção recairá sobre três mecanismos:

- i) o Horizonte 2020;
- ii) o Portugal 2020;

- iii) o Sistema de Incentivos Fiscais à I&D Empresarial (SIFIDE).



#### HORIZONTE 2020

O Programa-Quadro Horizonte 2020 (H2020) é um instrumento chave para a implementação da iniciativa emblemática “União da Inovação” e reúne todo o atual financiamento da Comissão Europeia no domínio da investigação e inovação.

Em relação ao seu antecessor, o 7ºPQ, o H2020 apresenta uma série de novas características:

- Arquitetura mais simples do programa com o objetivo geral de redução em 100 dias do tempo médio para a concessão de subvenções;
- Abordagem inclusiva aberta a novos participantes, assegurando que os investigadores e inovadores de nível excelente de toda a Europa e não só podem participar;
- Integração da investigação e inovação ao disponibilizar financiamento coerente e sem descontinuidades desde a conceção das ideias até ao mercado;
- Maior apoio à inovação e a atividades próximas do mercado, resultando num estímulo económico direto;
- Forte tónica na criação de oportunidades empresariais decorrentes da resposta às principais preocupações comuns a todas

as pessoas na Europa e não só, ou seja os «desafios societais»;

- Maiores possibilidades para novos intervenientes e jovens cientistas promissores apresentarem as suas ideias e obterem financiamento.

Os recursos materiais do programa estarão concentrados em **3 prioridades distintas** que correspondem às da Estratégia Europa 2020 e da União da Inovação.

**1. Excelência Científica:** Elevar o nível de excelência da base científica da Europa e garantir um fluxo estável de investigação de craveira mundial a fim de assegurar a competitividade a longo prazo da Europa.

Esta prioridade:

- Apoiará os indivíduos mais dotados e mais criativos e respetivas equipas na realização de investigação de fronteira da mais elevada qualidade com base no sucesso do Conselho Europeu de Investigação;
- Financiará investigação em colaboração com vista à abertura de domínios de investigação e inovação novos e promissores mediante o apoio a Tecnologias Futuras e Emergentes (FET);
- Proporcionará aos investigadores um excelente nível de formação e progressão na carreira através das Ações *Marie Skłodowska-Curie* (“Ações Marie Curie”);
- Assegurará que a Europa dispõe de infraestruturas de investigação de craveira mundial (incluindo infraestruturas eletrónicas) acessíveis a todos os investigadores dentro e fora da Europa.

**2. Liderança Industrial:** Tornar a Europa um maior polo de atração para o investimento em investigação e inovação (incluindo a eco-

inovação), promovendo atividades em que as empresas estabeleçam a agenda. Proporcionará grandes investimentos em tecnologias industriais essenciais e maximizará o potencial de crescimento das empresas europeias.

Esta prioridade:

- Gerará liderança no domínio das tecnologias facilitadoras e industriais, com apoio específico a tecnologias da informação e das comunicações (TIC), nanotecnologias, materiais avançados, biotecnologias, fabrico e transformação avançados e espaço, proporcionando também apoio a ações transversais com vista a aproveitar os benefícios acumulados da combinação de várias tecnologias facilitadoras essenciais;
- Facilitará o acesso a financiamento de risco;
- Prestará apoio a nível da União para a inovação nas PME.

Sem dúvida que a prioridade 2 é a que mais se relaciona com as prioridades e interesses da Fileira das Tecnologias de Produção.

O enfoque dado às tecnologias facilitadoras (normalmente designadas pela sua sigla inglesa KET – *Key Enabling Technologies*) irá abrir várias portas ao financiamento de I&D em tecnologias de produção, permitindo que as empresas portuguesas mais bem preparadas possam internacionalizar a sua estratégia de I&D e, ao mesmo tempo, abrir novos relacionamentos estratégicos e novos mercados.

**3. Desafios Societais:** Refletir as prioridades políticas da Estratégia Europa 2020 e incidir em grandes preocupações comuns aos cidadãos na Europa e não só. A abordagem baseada em desafios reunirá recursos e conhecimentos em diferentes domínios, tecnologias e disciplinas, incluindo as ciências sociais e humanas.

Abrangerá atividades desde a investigação até ao mercado com uma nova incidência nas atividades relacionadas com a inovação, como ações-piloto

e de demonstração, bancos de ensaios e apoio a contratos públicos e à aceitação pelo mercado. Incluirá o estabelecimento de ligações com as atividades das Parcerias Europeias de Inovação. Os desafios serão:

- Saúde, alterações demográficas e bem-estar;
- Segurança alimentar, agricultura sustentável, investigação marinha e marítima e bioeconomia;
- Energia segura, não poluente e eficiente; Transportes inteligentes, ecológicos e integrados;
- Ação climática, eficiência na utilização de recursos e matérias-primas;
- Sociedades inclusivas, inovadoras e seguras.

Outro grande fator de atratividade associado ao H2020 é o seu objetivo explícito de garantir uma forte participação das PME, incluindo microempresas, nos projetos por si financiados. O H2020 prevê a afetação às PME de cerca de 15% do orçamento total combinado de todos os desafios societais e tecnologias facilitadoras e industriais. Será criado um balcão único para as PME que desejem participar no programa.

A cooperação internacional será também fundamental e um elemento sine-qua-non para ter sucesso futuro em candidaturas ao H2020. O programa procurará reforçar a excelência e atratividade da União no domínio da investigação e a sua componente de cooperação internacional incidirá em colaborações com três principais grupos de países:

1. Economias industrializadas e emergentes
2. Países do alargamento e países vizinhos
3. Países em desenvolvimento.

Atualmente, os Programas de Trabalho relativos aos avisos de candidatura a serem publicados no último trimestre de 2013 estão ainda em

desenvolvimento. Assim que os mesmos forem publicados, os interessados deverão começar a construir consórcios robustos e a preparar os seus projetos de I&D em resposta a esses mesmos avisos. Em termos práticos, o processo de preparação de candidaturas deverá começar ainda antes da publicação dos avisos. O processo de seleção é extremamente competitivo e envolve os principais players do continente europeu e não só.

O H2020, tal como os seus antecessores, constitui-se como uma oportunidade inestimável de financiar atividades de I&D e criar redes e ligações internacionais. Representa a primeira liga europeia no âmbito da ciência e tecnologia.

Informações atualizadas regularmente podem ser obtidas em [http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm)

### Portugal 2020

O Portugal 2020 será o sucessor do QREN entre 2014 e 2020. Atualmente, ainda pouco está definido quanto aos mecanismos que disponibilizará para apoio às atividades de I&D das empresas e em que moldes esses apoios serão concedidos.

As grandes prioridades do Portugal 2020 para o período de programação financeira serão o setor privado e o emprego, sendo que o Programa irá estar alicerçado em cinco prioridades:

- Estímulo à produção de bens e serviços transacionáveis, internacionalização da economia e à qualificação do perfil de especialização da economia portuguesa;
- Reforço do investimento na educação, incluindo formação avançada, e de medidas e iniciativas dirigidas à empregabilidade;

- Reforço da integração das pessoas em risco de pobreza e de combate à exclusão social;
- Promoção da coesão e competitividade territoriais, particularmente nas cidades e em zonas de baixa densidade;
- Apoio ao programa da reforma do Estado, assegurando que os fundos possam contribuir para a racionalização, modernização e capacitação institucional da Administração Pública e para a reorganização dos modelos de provisão de bens e serviços públicos.

**Mais informação disponível em:**  
[www.qren.pt/np4/2014\\_2020](http://www.qren.pt/np4/2014_2020)



#### SIFIDE

O SIFIDE concede incentivos fiscais às atividades de I&D empresarial como forma de apoio às empresas que queiram intensificar os seus investimentos em I&D.

No âmbito do SIFIDE, consideram-se “despesas de investigação” as realizadas pela empresa com vista à aquisição de novos conhecimentos científicos ou técnicos e “despesas de desenvolvimento” as realizadas pela empresa através da exploração de resultados de trabalhos de investigação ou de outros conhecimentos científicos e técnicos com vista à descoberta ou melhoria substancial de matérias-primas, produtos, serviços ou processos de fabrico.

O acesso aos créditos de imposto concedidos pelo SIFIDE não se reveste de uma complexidade elevada, sendo, de modo geral, apenas necessário que as empresas não sejam devedoras ao Estado

e à Segurança Social de quaisquer impostos ou contribuições ou tenham o seu pagamento devidamente assegurado.

São dedutíveis as seguintes categorias de despesas relacionadas com atividades de I&D:

- Aquisições de imobilizado, à exceção de edifícios e terrenos, desde que criados ou adquiridos em estado novo e diretamente adectos à realização de atividades de I&D; Despesas com pessoal e diretamente envolvido em tarefas de I&D;
- Despesas com a participação de dirigentes e quadros na gestão de instituições de I&D;
- Despesas de funcionamento, até ao máximo de 55% das despesas com o pessoal diretamente envolvido em tarefas de I&D contabilizadas a título de remunerações, ordenados ou salários, respeitantes ao exercício;
- Despesas relativas à contratação de atividades de I&D junto de entidades públicas ou beneficiárias do estatuto de utilidade pública ou de entidades cuja idoneidade em matéria de I&D seja reconhecida por despacho conjunto dos Ministros da Economia e da Inovação e da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior;
- Participação no capital de instituições de I&D e contributos para fundos de investimento, públicos ou privados, destinados a financiar empresas dedicadas sobretudo a I&D, incluindo o financiamento da valorização dos seus resultados, cuja idoneidade em matéria de I&D seja reconhecida por despacho conjunto dos Ministros da Economia e da Inovação e da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior;
- Custos com registo e manutenção de patentes – apenas para micro, pequenas e médias empresas;
- Despesas com a aquisição e manutenção de patentes que sejam predominantemente

destinadas à realização de atividades de I&D;

- Despesas com auditorias à I&D.

O crédito fiscal concedido ascende a 32,5% das despesas realizadas no ano em causa sendo adicionada, em cada ano, uma taxa incremental correspondente a 50% do acréscimo das despesas realizadas em relação à média aritmética simples dos dois exercícios anteriores.

Acrescenta-se ainda que o crédito fiscal concedido através do SIFIDE é aplicável mesmo nos casos em que as despesas de I&D incorridas

dizem respeito a projetos para os quais a empresa obteve financiamentos públicos. Nestes casos, naturalmente, o crédito é calculado apenas sobre o montante não financiado.

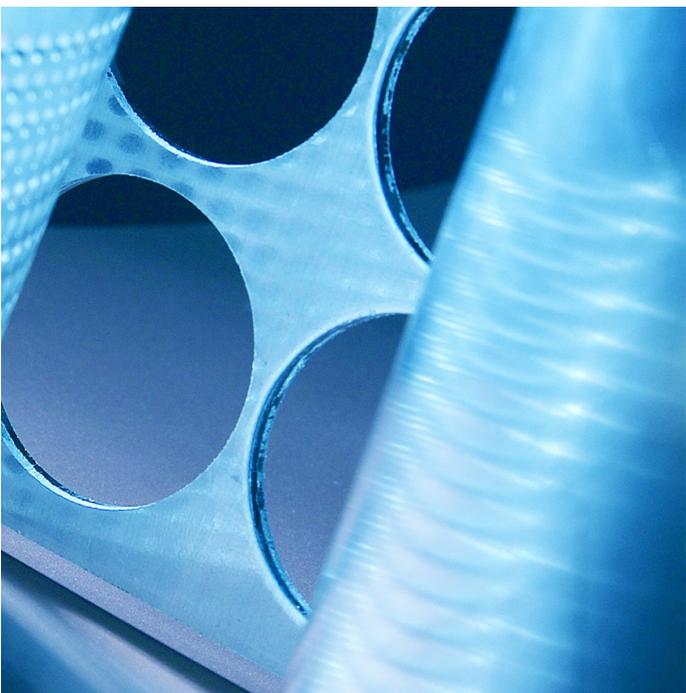
Assim, o SIFIDE revela-se um instrumento altamente vantajoso e de fácil acesso para empresas com atividades de I&D previamente desenvolvidas e um complemento muito adequado aos financiamentos públicos de projetos.

**Para mais informação:**

<http://sifide.adi.pt/index.php?cat=4>.



## 4. Conclusões e observações





## 4. Conclusões e observações

O *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção é um elemento de extrema importância, sobretudo pelo facto de contribuir para dotar as empresas da Fileira de um conhecimento mais aprofundado acerca das oportunidades de mercado existentes (designadamente ao nível dos nove setores envolvidos), apoiando-as na definição de estratégias para a concretização dessas oportunidades. O presente capítulo contém as principais conclusões e observações resultantes do trabalho desenvolvido:

### **Roadmap para a Fileira das Tecnologias de Produção**

Em primeiro lugar, não é demais salientar a relevância do *roadmap* global para a Fileira das Tecnologias de Produção, que se afirma como um instrumento útil para um conjunto de atores dentro e fora desta Fileira.

De facto, partindo da identificação dos denominadores comuns aos nove setores utilizadores envolvidos, o *roadmap* fornece às empresas nacionais de tecnologias de produção informação relevante para que estas possam ajustar as suas estratégias de desenvolvimento tecnológico e de IDI às reais necessidades dos setores.

O *roadmap* constitui, assim, a base de um exercício de *gap analysis* que deverá contribuir para alinhar a oferta e a procura tecnológicas nacionais. Este alinhamento inclui, naturalmente, o importante papel a desempenhar pelas entidades do SCT, nomeadamente ao nível da implementação de atividades de I&D e da criação de uma oferta formativa mais adequadas às efetivas necessidades do mercado.

### **Necessidades por setor**

Resulta óbvio deste projeto que os diferentes setores utilizadores têm diferentes necessidades de curto, médio e longo prazo em termos de tecnologias de produção. Embora existam alguns setores cujas necessidades apresentam uma série considerável de denominadores comuns (e.g. metalomecânico, moldes, pedra natural, calçado), outros, por sua vez, têm exigências bastante específicas e individualizadas (e.g. cortiça, curtumes).

É também evidente que os vários setores se caracterizam por envolventes tecnológicas próprias e distintas entre si. O setor dos moldes, por exemplo, é um setor que se pauta por uma elevada sofisticação tecnológica em termos de tecnologias de produção, mesmo considerando o contexto internacional. Neste setor, as preocupações dos agentes industriais e do SCT no que toca a tecnologias de produção situam-se na vanguarda do conhecimento e são partilhadas pela maioria dos principais *players* do setor na Europa, não se notando um *gap* tecnológico significativo em Portugal.

Uma situação relativamente semelhante verifica-se, por exemplo, nos setores da pedra natural, metalomecânico e no setor da cortiça. Este último é, aliás, um caso à parte. Sendo Portugal o líder mundial no setor, as principais indústrias portuguesas na área são desenvolvedoras e *trend-setters* em termos de tecnologias de produção. O mesmo não é verdade, no entanto, para no caso das empresas de menor dimensão.

Outros setores como os curtumes ou as madeiras e mobiliário apresentam preocupações mais pragmáticas em termos das suas necessidades de

tecnologias de produção, procurando encontrar soluções que otimizem a sua operação e sejam eficazes na resolução de problemas do dia-a-dia.

Outros ainda, como o calçado, os têxteis ou a cerâmica e vidro, que sempre foram setores tradicionais da indústria portuguesa, procuram fazer a transição dessa mesma tradicionalidade para uma nível de competitividade que lhes permita prevalecer no mercado interno e competir no mercado externo. Nestes casos, as prioridades dos setores dividem-se entre as preocupações de carácter tecnológico altamente sofisticado, como, por exemplo, o desenvolvimento de técnicas de produção aditiva, e as necessidades mais elementares de setores que se encontram sob uma elevada pressão da concorrência estrangeira, como os elevados custos energéticos e as dificuldades que estes colocam à competitividade de preço.

Assim, é importante ter em atenção que, para além do *roadmap* global, que se baseia em necessidades universais ou comuns a vários setores, as empresas portuguesas produtoras de tecnologias de produção têm de levar necessariamente em linha de conta as diferentes velocidades de cruzeiro a que os setores utilizadores se movem em termos tecnológicos. Deste modo, a especialização num setor ou num grupo de setores utilizadores com necessidades verdadeiramente comuns é, naturalmente, uma estratégia sensata.

### Grau de desenvolvimento tecnológico

Outra questão que se reveste de alguma importância é a de que o *roadmap* tecnológico não se baseia exclusivamente em tecnologias de ponta. A maioria dos setores consultados está, de facto, ciente da possibilidade de, a médio/longo prazo, existirem fábricas altamente baseadas em processos de produção aditivos como a impressão 3D ou células flexíveis de produção automática, em que vários equipamentos de produção estarão

ligados entre si sem qualquer necessidade de intervenção do operador humano.

No entanto, uma grande parte da oferta das indústrias de tecnologias de produção deverá passar pela melhoria incremental de tecnologia já existente. Por exemplo, a propagação de máquinas de mais de três eixos nos moldes, nos metais, na pedra ou no mobiliário poderia estar mais popularizada se os sistemas CAD/CAM/CNC e, sobretudo, a integração destes sistemas, desde a fase de *design* até ao chão de fábrica fossem melhorados.

Contudo, as necessidades tecnológicas podem ser ainda mais elementares do que a descrita anteriormente. Em muitos processos com operações em fase aquosa existe um sério problema de desperdício de água que não é reaproveitada e é encaminhada diretamente para a estação de tratamento. O tratamento da água e a introdução de correntes frescas no processo fazem as indústrias incorrer em custos que poderiam ser evitados se houvesse sistemas de reciclagem eficientes em todas as unidades de produção. Isto nem sempre acontece. A introdução mais alargada destes sistemas, possivelmente associados a processos de filtração como membranas mais eficientes, que permitissem não só purificar o efluente mas também recolher resíduos com potencial de reaproveitamento, poderia trazer vantagens consideráveis a estas indústrias.

É também pertinente constatar que problemas como a eficiência energética e os custos de energia são encarados de formas diferentes em setores diferentes. Embora em setores como o da cerâmica ou o têxtil estes problemas sejam imediatamente apontados, outros existem, como, por exemplo, o da cortiça, em que os mesmos problemas são algo negligenciados pelos intervenientes industriais. Tal não significa que os problemas não existam, mas apenas que nem sempre são convenientemente detetados e mitigados. Este tipo de insuficiência

pode e deve ser suprido à custa de melhor controlo de parâmetros de processo, embora tal não invalide que as indústrias de tecnologias de produção continuem a apostar em soluções para aproveitamento de energias renováveis, em particular a solar, e em equipamento com maior eficiência energética

#### Ligação da Fileira com a sua envolvente

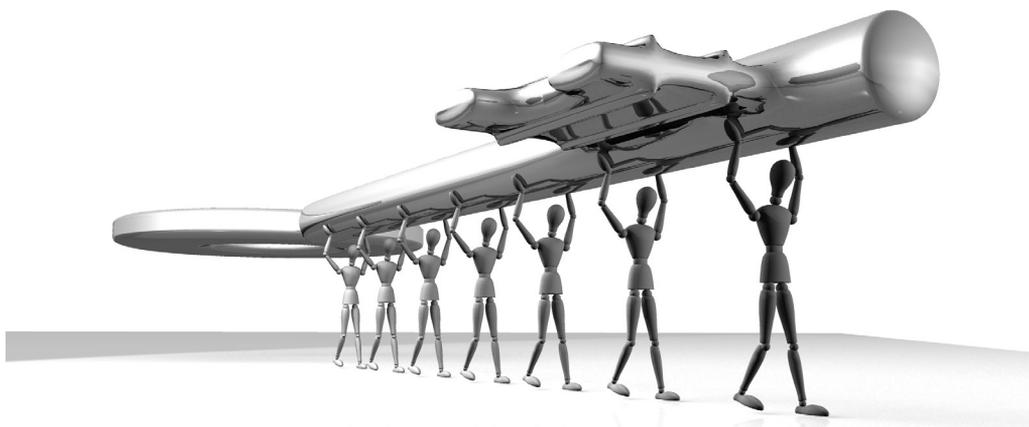
Finalmente, convém sublinhar que vários setores se deparam com dificuldades que são absolutamente prioritárias, algumas delas de índole tecnológica, mas que não se prestam facilmente a serem resolvidas pela introdução de novas tecnologias de produção.

Por exemplo, o setor corticeiro trabalha afincadamente no desenvolvimento de novos agentes químicos para a eliminação do tricloroanisol das rolhas de cortiça, um dos principais problemas com que se depara. O setor dos curtumes, por seu lado, procura alternativa para valorizar os resíduos da produção, particularmente da produção que recorre a processos de curtimenta com utilização de crómio. Estes são dois exemplos de necessidades tecnológicas de setores industriais às quais a Fileira das Tecnologias de Produção poderá não ter competências para responder por si própria,

mas que podem constituir oportunidades para o estabelecimento de parcerias e exploração conjunta de oportunidades de negócio.

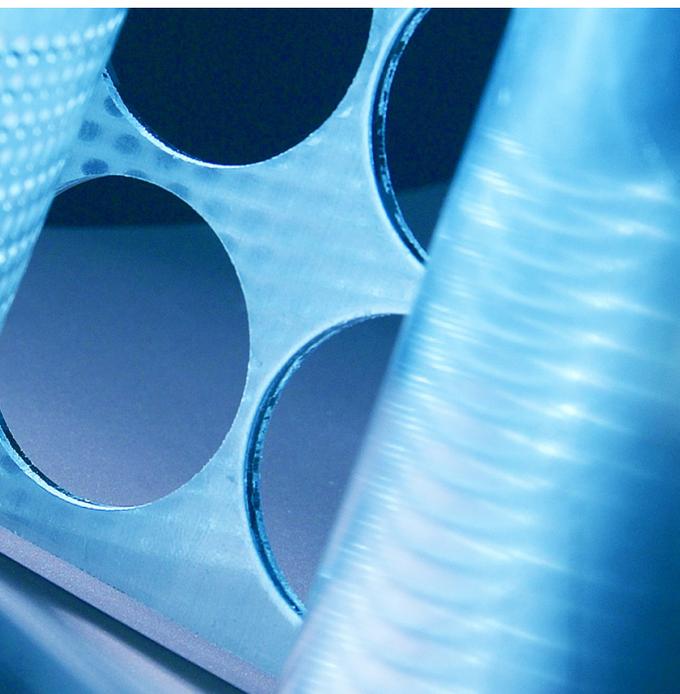
Em suma, o processo de *roadmapping* tecnológico e os seus resultados devem ser encarados como elementos orientadores que permitem, de uma forma generalizada, nortear presentes e futuras alocações de recursos e investimentos, dentro da Fileira das Tecnologias de Produção, ao nível de futuros produtos a criar e tecnologias a desenvolver.

O *roadmap* global tem, como o próprio nome indica, uma vocação horizontal, cobrindo aspetos comuns à maioria das empresas da Fileira. No entanto, como a maioria das empresas de tecnologias de produção sabe e como é, cada vez mais, o paradigma da indústria, o sucesso nasce obrigatoriamente da colaboração e espírito de parceria entre produtores de tecnologia, utilizadores industriais e entidades diretamente dedicadas à I&D. O canal de comunicação entre todos deve permanecer aberto nos vários sentidos, pois só através de um diálogo construtivo, uma interação permanente e um trabalho conjunto intenso a Fileira das Tecnologias de Produção poderá crescer e, consigo, a indústria em Portugal.





## 5. Recomendações para atualização do roadmap





## 5. Recomendações para atualização do roadmap

A crescente orientação das empresas nacionais para os mercados externos contribui significativamente para o surgimento, de forma contínua, de novas necessidades em termos de tecnologias de produção que permitam dar resposta às oportunidades e tendências do mercado, em constante mutação.

Neste contexto, o exercício de *roadmapping* efetuado no âmbito do presente projeto não deve ser um exercício fechado, devendo acompanhar a evolução das necessidades dos setores

utilizadores das tecnologias de produção que, conforme referido, constituem as oportunidades para as empresas da Fileira.

Assim, propõe-se que a PRODUTECH, enquanto entidade dinamizadora da Fileira das Tecnologias de Produção promova, de forma periódica, a atualização do *roadmap* tecnológico desenvolvido. Para o efeito, sugere-se a implementação, com uma periodicidade de 3 anos, de uma metodologia com cinco fases, identificadas na Figura 13:

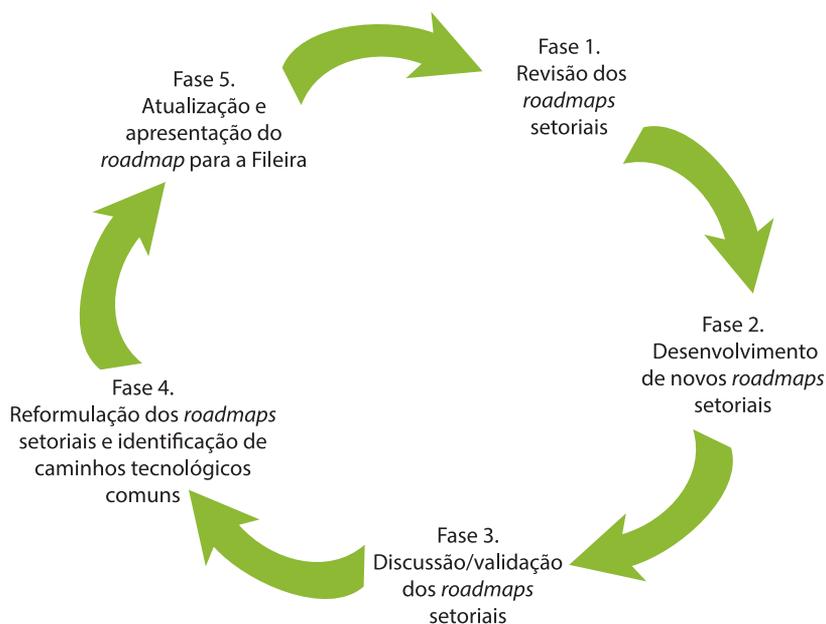


Figura 13 – Proposta de metodologia para atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção.

As fases identificadas na Figura 13 são descritas de seguida em maior detalhe:

#### FASE 1:

##### Revisão dos *roadmaps* setoriais

Numa primeira fase, sugere-se, naturalmente, que a equipa de trabalho a destacar promova a revisão dos *roadmaps* setoriais produzidos no exercício de *roadmapping* anterior, os quais deverão constituir o ponto de partida para a atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção. Esta revisão deverá, desejavelmente, ser efetuada em estreita colaboração com os Centros Tecnológicos dos diferentes setores utilizadores envolvidos, uma vez que estes são detentores de um conhecimento abrangente acerca das necessidades desses setores. Assim, recomenda-se o envio dos *roadmaps* setoriais para os Centros Tecnológicos e a realização de uma reunião com cada um destes, no sentido de recolher contributos que permitam atualizar os referidos *roadmaps*. No caso específico do setor da Madeira e Mobiliário, sugere-se que esta interação ocorra junto da AEPF, à semelhança do que foi efetuado no âmbito do presente projeto.

#### FASE 2:

##### Desenvolvimento de novos *roadmaps* setoriais

Nesta fase sugere-se que a equipa de trabalho, tendo por base a informação recolhida na interação com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF), desenvolva novas versões dos *roadmaps* setoriais. Para o efeito, aconselha-se a utilização do modelo de *roadmap* adotado no presente projeto. Este modelo, tal como o exercício de *roadmapping* no seu todo, não deve ser estanque, pelo que deverá ser analisada a pertinência da implementação de adaptações que possam enriquecer os *roadmaps* e/ou facilitar a interpretação dos mesmos.

#### FASE 3:

##### Discussão/validação dos *roadmaps* setoriais

Tendo em vista a recolha de opiniões relativamente

às novas versões dos *roadmaps* setoriais desenvolvidas, sugere-se que, nesta fase, a equipa de trabalho realize um novo momento de interação com os Centros Tecnológicos (e com a AEPF no caso do setor da Madeira e Mobiliário), bem como com outros atores relevantes, posicionados em diferentes pontos da cadeia de valor, nomeadamente: entidades dedicadas à I&D (que possuem um conhecimento profundo acerca das tendências tecnológicas dos vários setores a médio e longo prazo); e empresas nacionais fornecedoras e utilizadoras de tecnologias de produção (que conhecem bem as necessidades tecnológicas específicas de cada setor, especialmente as de curto prazo). Este momento de interação, que deverá servir para fomentar a discussão em torno das novas versões dos *roadmaps* setoriais com vista à recolha de opiniões sobre as mesmas, poderá ser feito através de reuniões (pelo menos uma por tipo de entidade setorial e com uma entidade dedicada à I&D) ou, se considerado viável, através de *workshops* setoriais com a presença de representantes dos diferentes tipos de entidades previamente identificados.

#### FASE 4:

##### Reformulação dos *roadmaps* setoriais e identificação de caminhos tecnológicos comuns

Tendo por base a informação recolhida e produzida na fase anterior, a equipa de trabalho deverá, nesta fase, reformular os *roadmaps* setoriais desenvolvidos. Adicionalmente, a equipa de trabalho deverá identificar os caminhos tecnológicos comuns a/aos vários setores utilizadores, os quais deverão constar do *roadmap* tecnológico para a Fileira.

Como forma de complementar toda a informação proveniente dos momentos anteriormente descritos, sugere-se a análise de fontes bibliográficas relevantes.

**FASE 5:**

**Atualização e apresentação do *roadmap* para a Fileira**

Por último, utilizando a informação recolhida e produzida na fase anterior, a equipa de trabalho deverá proceder à atualização do *roadmap* para a Fileira das Tecnologias de Produção, o qual poderá ser apresentado numa sessão pública.

Para a implementação da metodologia anteriormente apresentada, sugere-se que a equipa de trabalho siga o cronograma exposto na Figura 14, no qual se prevê que o processo de atualização do *roadmap* da Fileira dure 6 meses.

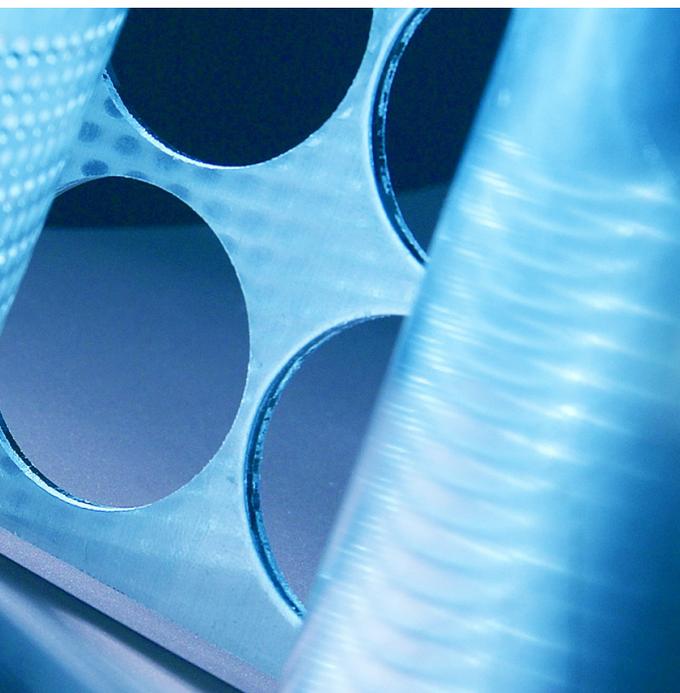
Fases/Meses	1	2	3	4	5	6
Fase 1. Revisão dos <i>roadmaps</i> setoriais	■					
Fase 2. Desenvolvimento de novos <i>roadmaps</i> setoriais	■	■	■			
Fase 3. Discussão/validação dos <i>roadmaps</i> setoriais			■	■		
Fase 4. Reformulação dos <i>roadmaps</i> setoriais e identificação de caminhos tecnológicos comuns				■	■	
Fase 5. Atualização e apresentação do <i>roadmap</i> para a Fileira					■	■

Figura 14 – Proposta de cronograma para a implementação da metodologia de atualização do *roadmap* tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção





## Anexo - Roadmaps setoriais





## Anexo – Roadmaps setoriais

Seguidamente são apresentados os *roadmaps* dos nove setores utilizadores abrangidos pelo estudo. Na maioria dos casos, cada *roadmap* é acompanhado de notas associadas a palavras/expressões específicas devidamente assinaladas. Adicionalmente, para cada *roadmap* são listadas as mais importantes referências utilizadas.

O desenvolvimento dos *roadmaps* setoriais foi uma parte fundamental do trabalho desenvolvido, uma vez que estes se constituem como os alicerces do *roadmap* global. De facto, o maior volume de esforços despendidos durante o

desenvolvimento do projeto esteve diretamente ligado à elaboração dos *roadmaps* setoriais e à realização e todas as tarefas a si associadas, tais como as consultas com os representantes dos setores, a pesquisa bibliográfica e a organização de *workshops*.

Assim, de modo a conferir maior valor a cada um dos *roadmaps* apresentados, os mesmos vêm acompanhados de uma breve descrição narrativa que procura destacar os principais elementos presentes em cada camada, bem como as ligações mais importantes que se estabelecem entre si.



A1. Calçado

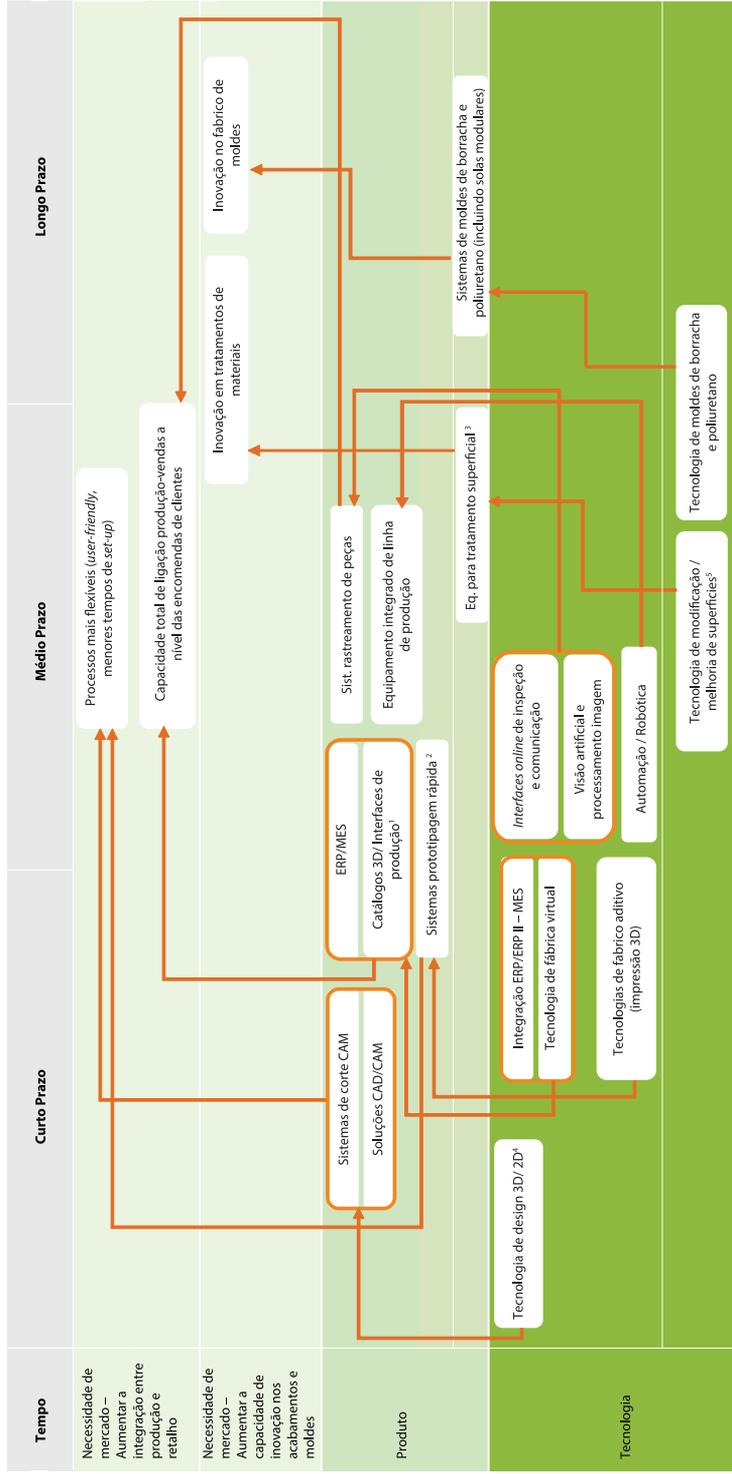


Figura 15 – Roadmap para o setor do Calçado

<sup>1</sup> *Catálogos online ligados a estimativas de custo/encomendas de material/lotas de produção/embalamento/sistemas logísticos: sistemas de gestão de produto completamente integrados*

<sup>2</sup> *Design de produto, engenharia de produto e processo, engenharia inversa e prototipagem rápida de calçado, componentes e moldes – e.g. scanners 3D, sistemas de prototipagem 3D (solas, calcanhares); sistemas de prototipagem de modelos; sistemas de prototipagem de moldes*

<sup>3</sup> *Modificação de superfície utilizando tecnologia laser ou plasma*

<sup>4</sup> e.g. CAD, impressão digital, impressão 3D

<sup>5</sup> e.g. *Sistemas de ionização de plasma, sistemas de funcionalização a laser, sistemas de funcionalização de revestimentos*

No setor do calçado foram identificadas duas oportunidades de mercado que se prestam a ser supridas pelas indústrias de tecnologias de produção – a primeira relacionada com o aumento da integração entre produção e retalho; e a segunda com a capacidade de inovação do setor, particularmente ao nível de acabamentos e produção de moldes.

Espera-se que a resposta das indústrias de tecnologias de produção a estas necessidades possa contribuir para aumentar a flexibilidade do processo em termos da sua facilidade de operação e tempo de *set-up*, bem como para tornar mais fluida a relação cliente-produtor a nível, por exemplo, dos processos de encomenda. Estas respostas virão através de *upgrades* nos equipamentos produtivos, tais como sistemas CAD/CAM aperfeiçoados e mais bem integrados com as máquinas de corte, equipamentos de prototipagem rápida e uma linha de produção globalmente mais automatizada, mas também com melhorias em termos do controlo e planeamento de processos, materializadas em novos sistemas integrados ERP/MES, sistemas virtuais de interação com os clientes e rastreamento de elementos em produção. Para disponibilizar este tipo de oferta, perspectiva-se que os desenvolvimentos tecnológicos a realizar se situem ao nível do *design* 3D/2D (CAD), da integração ERP-MES e desenvolvimento

dos próprios sistemas MES, da visão artificial e inspeção automática (para os processos de controlo e rastreamento), das técnicas de produção aditiva, em especial a impressão 3D (para os sistemas de prototipagem rápida) e, genericamente, ao nível da automação e robótica.

Espera-se também que surjam novos processos de tratamento de materiais na indústria de calçado, especialmente ao nível dos tratamentos de superfície e também que os sistemas de moldagem se adaptem progressivamente ao emprego de novos materiais na indústria como a borracha e poliuretano. Para tal, os equipamentos de tratamento de superfície que utilizem tecnologia laser ou plasma e as tecnologias de moldagem de novos materiais desempenharão papéis fundamentais.

## Referências

- *European Footwear Products & Processes Technology Platform*, <http://www.eu-footwear.eu/>
- Projeto FP7 – *Customer-oriented and eco-friendly networks for healthy fashionable goods (CoreNet)*, <http://www.corenet-project.eu/>
- Projeto FP7 – *Customized green, safe, healthy and smart work and sports wear (MYWEAR)*, <http://www.mywearproject.info/>
- Projeto FP7 – *Design Of customer dRiven shoes and multi-siTe factory (Dorothy)*, <http://www.dorothy.ethz.ch/>
- Projeto FP7 – *Framework of Integrated Technologies for User Centred Products (Fit4u)*, <http://www.fit4u.eu/>
- Projeto FP7 - *Innovative Design and Manufacturing systems for small series production for European footwear companies (IdeaFoot)*, <http://www.ideafoot.eu/>
- Projeto FP7 – *Smart robotics for high added value footwear industry (ROBOFOOT)*, [http://www.eu-footwear.eu/?page\\_id=229](http://www.eu-footwear.eu/?page_id=229)
- Projeto FP7 – *Special shoes movement (SSHoes)*, <http://www.sshoes.eu/default.aspx>
- Projetos FP7 sobre o setor do calçado, [http://www.eu-footwear.eu/?page\\_id=201](http://www.eu-footwear.eu/?page_id=201)
- Projeto FP7 – *Development of new technologies for the flexible and eco-efficient production of customized healthy clothing, footwear and orthotics for consumers with highly individualized needs (fashion-able)*, <http://www.fashionable-project.eu/>

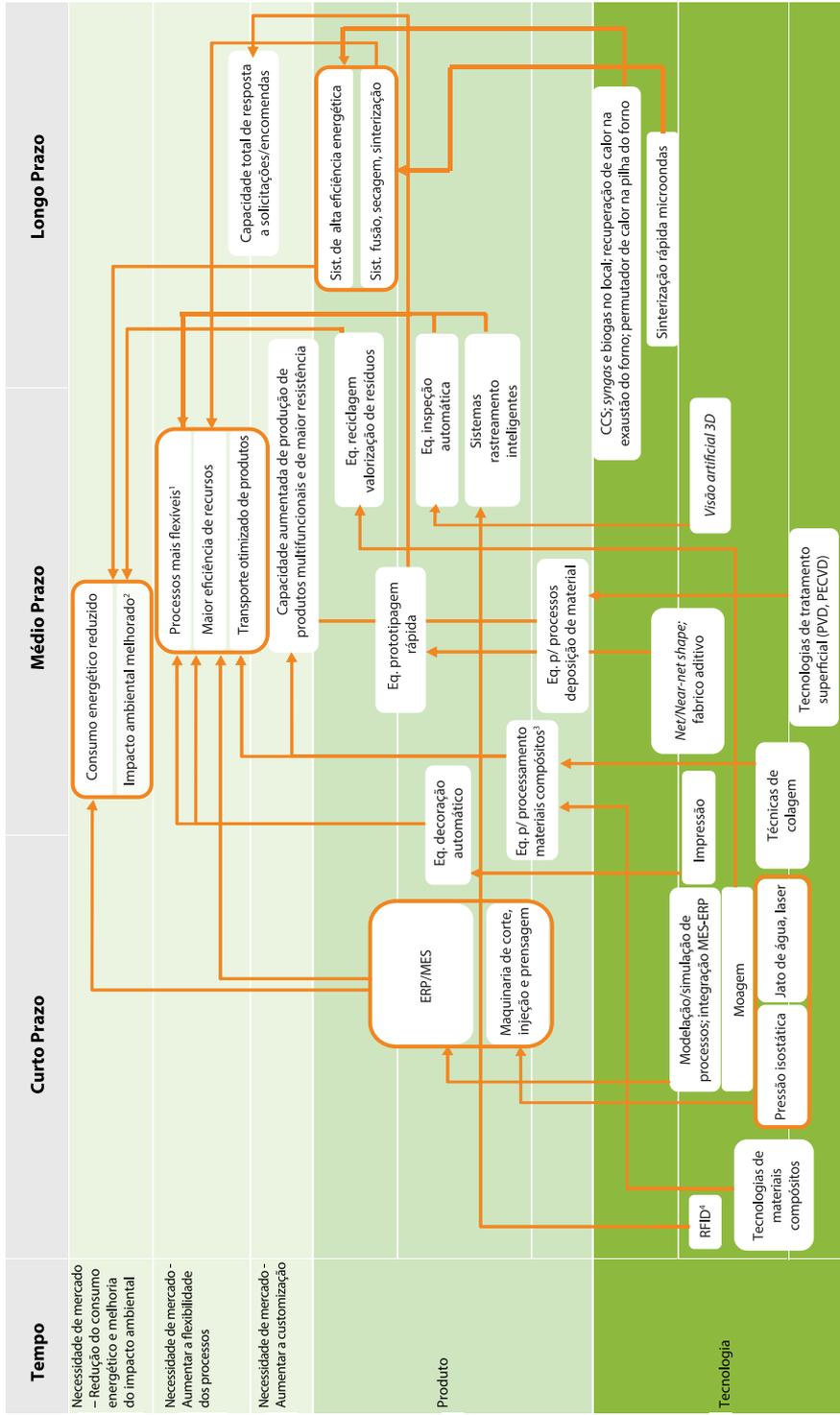


Figura 16 – Roadmap para o setor da Cerâmica e do Vidro

<sup>1</sup> Especialmente para responder a encomendas pequenas

<sup>2</sup> Adicionar valor aos produtos e reduzir os desperdícios de produção

<sup>3</sup> Integração de materiais naturais ou poliméricos com cerâmicos

<sup>4</sup> Tecnologia mais barata e resistente à temperatura

<sup>5</sup> e.g. Injeção de pó

Na indústria da cerâmica e do vidro foram detetadas três necessidades de mercado prioritárias que podem ser servidas pelas tecnologias de produção – o aumento da flexibilidade da produção do setor; o aumento da capacidade de criar produtos inovadores e customizados que respondam totalmente às necessidades dos clientes e se caracterizem por elevadas multifuncionalidade e resistência; e a redução do consumo de energia e impacto ambiental do setor.



Será pedido às tecnologias de produção que contribuam para aumentar a agilidade dos processos de fabrico através de um melhor controlo e planeamento de processo, conferido por soluções ERP/MES e sistemas de rastreamento inteligentes, e através da introdução de novos equipamentos que permitam automatizar os processos de acabamentos e de inspeção, equipamentos que possibilitem ganhos significativos de eficiência nos processos de

injeção, prensagem e corte, e equipamentos de prototipagem rápida. As tecnologias necessárias para a introdução destes equipamentos no mercado vão desde a prensagem isostática e tecnologia laser para as prensas e máquinas de corte, até aos processos de produção aditiva para os equipamentos de prototipagem rápida, à introdução de tecnologia RFID (de custo acessível) e de visão artificial nos sistemas de rastreamento e inspeção, e à impressão digital no acabamento automático.

Será também importante que as tecnologias de produção consigam criar avanços importantes ao nível dos materiais a usar pela indústria, nomeadamente, produzindo equipamentos com capacidade de integrar materiais compósitos com vidro e cerâmica, reduzindo o peso e facilitando o transporte sem alterar as propriedades do material.

Finalmente, será também prioritário ajudar o setor da cerâmica e do vidro a reduzir o seu impacto ambiental, aperfeiçoando/ desenvolvendo processos e equipamentos energeticamente mais eficientes para operações como a sinterização, fusão e secagem, ao mesmo tempo que se promove o uso pela indústria de sistemas de processamento, reciclagem e reaproveitamento de materiais desperdiçados.

## Referências

- ADENE / DGEG; “Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa: um enquadramento tecnológico sucinto”, Publicação editada no âmbito do SGIE pela ADENE / DGEG, 2010
- Albors-Garrigós, J., Hervás-Oliver, J.L., Márquez, P., “*Internet and mature industries. Its role in the creation of value in the supply chain. The case of tile ceramic manufacturers and distributors in Spain*”, International Journal of Information Management, Vol. 29, 2009
- Girao, J., Amaro, N., Girao, J., Carvalho, J., Amaro, N., Piquer, J. Carvalho, J. Piquer, J., “*Decreased thickness porcelanic tiles. Revigres Light*”, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2009

- Jorge, H., “*Compounding and Processing of a Water Soluble Binder for Powder Injection Moulding*”, Doctoral Dissertation in Polym. Eng. Dep., University of Minho Guimarães, Portugal, 2008
- Kronberg, T., et al., “*Soil-resistant surfaces for traditional ceramics*”, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 27, 2007
- Magueijo, V., Fernandes M.C., Matos, H.A., Nunes, C.P., Calau, J.P., Carneiro, J., Oliveira, F., “*Manual de boas práticas na utilização racional de energia e energias renováveis*”, APICER – Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica, 2009
- Menezes, R., Souto, P., Kiminami, R., “*Microwave fast hybrid sintering of porcelain bodies*”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 190, 2007
- Menezes, R., Souto, P., Kiminami, R., “*Microwave Fast Sintering of Ceramic Materials*”, Sintering of Ceramics – New Emerging Techniques, InTech, March 2012
- Piispanen, M. et al., “*Chemical resistance and cleaning properties of coated glazed surfaces*”, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 29, 2009
- Schumacher, C., “*Moldagem por Injecção de Pó: Tecnologia Promissora*”, *Keramica*, nº 279, 2006
- Sequeira Gonçalves, P.J., Fernandes, N.O., Fernandes, A.M., “*Sistema automático para inspecção visual de defeitos em produtos cerâmicos*”, Dep. Eng.ª Industrial – Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico Castelo Branco, 2004
- Shulman, H., Fall, M., Strickland, P., “*Ceramic processing using microwave assist technology*”, American Ceramic Society Bulletin, Vol. 87, 2008
- Tucci, A., Nanetti, A., Malmusi, L., Timellini, G., “*Superfícies cerâmicas com acção microbiológica para ambientes hospitalares*”, *Cerâmica Industrial*, Vol. 12, 2007



# Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

## A3. Cortiça

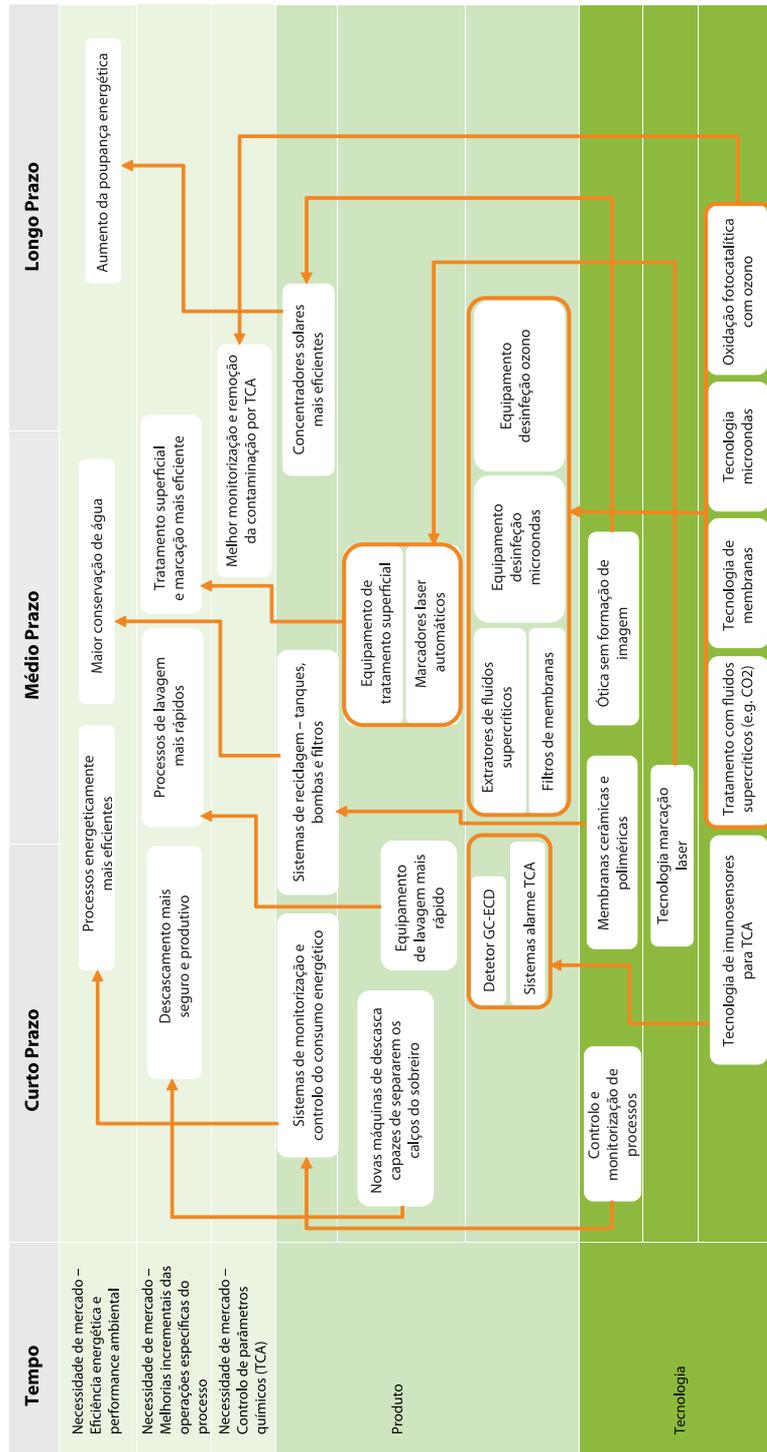


Figura 17 – Roadmap para o setor da Cortiça

O setor da cortiça apresenta particularidades especiais, uma vez que as maiores corticeiras portuguesas se situam na vanguarda tecnológica a nível internacional, sendo elas próprias grandes inovadoras e desenvolvedoras de tecnologia.

Foram identificadas três necessidades do setor que dizem diretamente respeito a tecnologias de produção – a eficiência energética e desempenho ambiental; nomeadamente a nível da redução dos custos energéticos e de água; a melhoria incremental das várias operações dos processos de produção, especialmente a descasca, a lavagem, o tratamento de superfície e a marcação; e, especificamente para o subsector das rolhas, o controlo de parâmetros químicos, em particular o TCA.

Em termos de consumo de energia, será importante monitorizar e controlar melhor os gastos energéticos do processo. Muitas indústrias não o fazem e perdem recursos preciosos, pelo que novas soluções de monitorização e controlo de gastos energéticos deverão ser implementadas. Simultaneamente, a utilização progressiva de fontes de energia renováveis, em especial a energia solar, devem ser facilitadas através de equipamentos de maior eficiência. Por sua vez, os consumos de água devem ser diminuídos através do emprego de sistemas de reciclagem mais eficientes, recorrendo a novas membranas (por exemplo, cerâmicas ou poliméricas) que facilitem a descontaminação e lavagem de águas de processo, permitindo a sua reutilização.

Os processos de fabrico em si teriam a beneficiar da adoção máquinas de descasca que permitissem a remoção da secção da cortiça referente ao calço do sobreiro (mais contaminada), que possibilitassem uma lavagem mais rápida da cortiça, e que melhorassem o tratamento superficial das rolhas, bem como a sua marcação, através, por exemplo, de tecnologia a *laser*.

Finalmente, o controlo de parâmetros químicos das rolhas e remoção do TCA prestam-se a serem resolvidos através de várias soluções diferentes, algumas experimentais, outras mais bem estabelecidas, que passam pela melhoria da monitorização dos níveis de contaminação (por exemplo, imunossensores) e pela própria eliminação do contaminante (vários processos).

### Referências

- Alcântara, I., Teixeira-Dias, F., Paulino, M., “Cork composites for the absorption of impact energy”, *Composite Structures*, Vol. 95, 2013 – “Structural elements subjected to impact”
- Al-Kassir, A., Gañán-Gómez, J., Mohamad, A.A., Cuerva-Corra, E.M., “A study of energy production from cork residues: Sawdust, sandpaper dust and triturated wood”, *Energy*, Vol. 35, 2010 – “Energy production (e.g. pellets, gasification)”
- Castillo, I., Hernández, P., Lafuente, A., Rodríguez-Llorente, I.D., Caviedes, M.A., Pajuelo, E., “Self-bioremediation of cork-processing wastewaters by (chloro)phenol-degrading bacteria immobilised onto residual cork particles”, *Water Research*, Vol. 46, 2012 – “Adsorbents (e.g. waste recycling, water and air purification)”
- Mediavilla, I., Fernández, M.J., Esteban, L.S., “Optimization of pelletisation and combustion in a boiler of 17.5 kWth for vine shoots and industrial cork residue”, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, 2009 – “Energy production (e.g. pellets, gasification)”
- Pintor, A., Ferreira C., Pereira, J., Correia P., Silva, S., Vilar, V., Botelho, C., Boaventura, R., “Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants: A review”, *Water Research*, Vol. 46, 2012 – “Adsorbents (e.g. waste recycling, water and air purification)”
- Projeto INNOCUOUS: <http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka1/volume1/qlk1-2002-01678.htm>
- Reis, L., Silva, A., “Mechanical Behavior of Sandwich Structures using Natural Cork Agglomerates as Core Materials”, *Journal of Sandwich Structures and Materials*, Vol. 11, 2009 – “Sandwich structures”
- Rives J., Fernandez-Rodriguez I., Rieradevall J., Gabarrell X., “Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe (Catalonia e Spain)”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, 2011 – “Performance of production process and operations”
- Sarkar, S., “Message in a bottle: process innovations in the cork stopper fightback”, CEFAGE-UE Working Paper, 2012
- Website institucional da APCOR <http://www.realcork.org/>
- Website institucional do Cork Quality Council: <http://www.corkqc.com/>

# Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

## A4. Curtumes

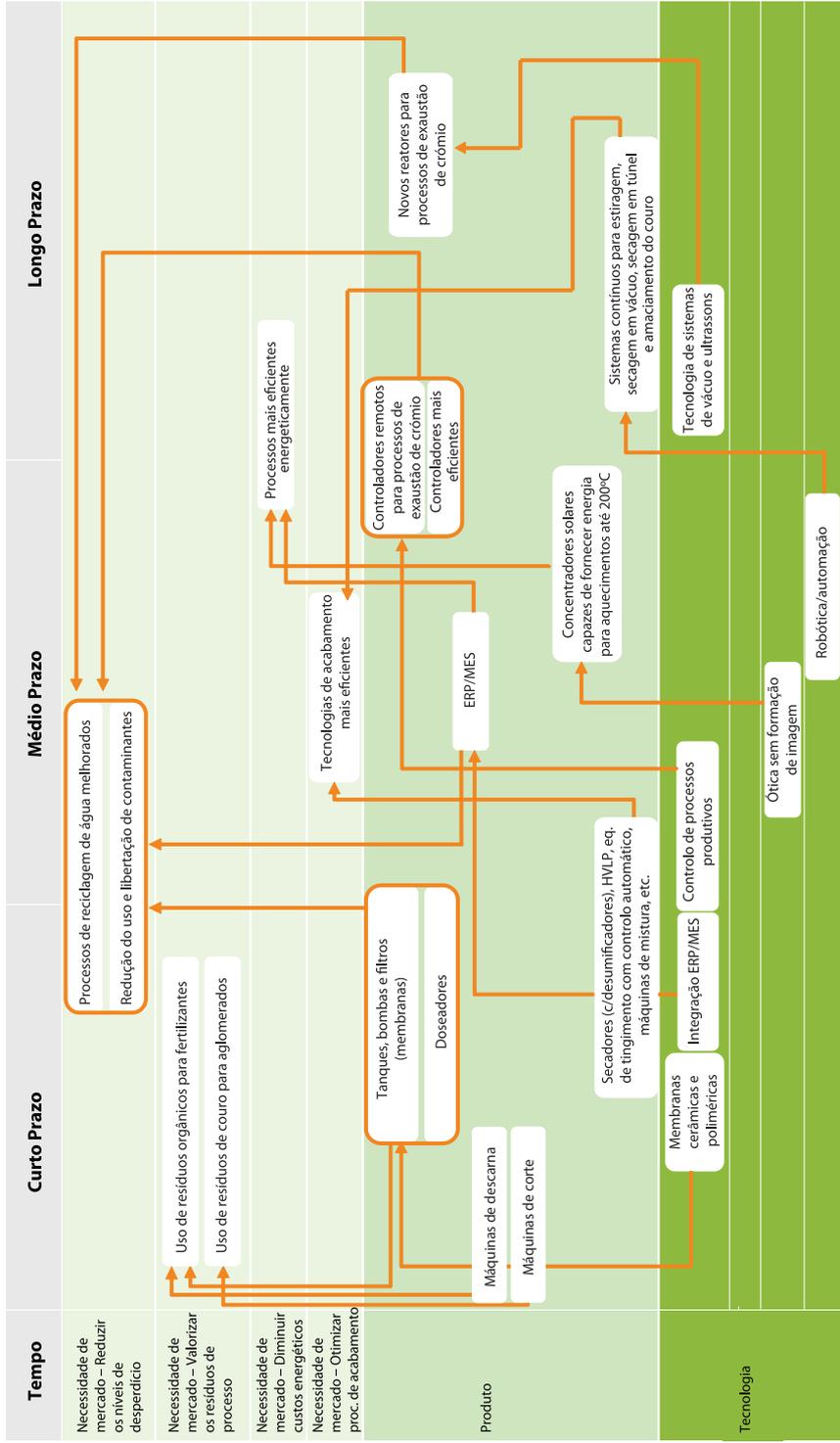


Figura 18 – Roadmap para o setor dos Curtumes

No setor dos curtumes foram detetadas quatro necessidades prioritárias em termos de tecnologias e produção – a redução dos níveis de desperdício, tanto de água como de outros produtos essenciais à produção; a valorização dos resíduos de processo; o decréscimo dos gastos em energia; e a otimização dos processos de acabamento.



O setor dos curtumes é um dos que apresenta necessidades de otimização do seu processo produtivo que podem não estar diretamente ligadas a melhorias imediatas em tecnologias de produção, mas sim à utilização de agentes de processo alternativos (especialmente químicos).

Em primeiro lugar, existe uma necessidade grande de reduzir níveis de desperdícios e reaproveitamento águas de processo, uma vez os tratamentos de efluentes são dispendiosos. Este tipo de ação deverá ser levada a cabo mediante melhor controlo e monitorização do processo e dos seus custos, empregando controladores remotos e máquinas de doseamento, mas intervindo também ao nível do planeamento de produção, com o uso de ferramentas ERP/MES mais adequadas. Além disso, a introdução de sistemas de reciclagem mais eficientes, possivelmente com filtros de membranas de nova geração, permitirá reaproveitar as águas de processo e recolher resíduos que podem ser valorizados. A gestão de resíduos do processo pode também ser melhorada com a introdução de equipamentos mais eficientes para a descarna e corte.

Em termos de tecnologias de produção, puramente falando, as soluções ideais para o setor encontravam-se ao nível dos processos de acabamento, em especial com a introdução de soluções que automatizem e eliminem constrangimentos nos vários processos consecutivos como a estiragem, secagem, amaciamento e tingimento das peles.

Finalmente, o setor manifesta também a necessidade de reduzir gastos energéticos, o que poderia ser alcançado à custa da exploração de energias renováveis, continuando a energia solar a ser uma solução bem posicionada.

### Referências

- Blackman, “*Resources for the Future, Adoption of Clean Leather-Tanning Technologies in Mexico*”, 2005
- Cotance/Euroleather, *Science and Technology in the Leather Industry, Contributions towards sustainable development by European tanners*
- CTIC, *Definição das Principais Áreas de Inovação no Sector dos Curtumes*, 2010
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *FACTORIES OF THE FUTURE PPP STRATEGIC MULTI-ANNUAL ROADMAP*, 2010
- EFFRA, *EFFRA Research Priorities*, 2010
- INETI, *Guia Técnico – Sector dos Curtumes*, Lisboa, Novembro 2000
- Leather International, *Digital printing of custom images on leather*, 2008
- Leather International, *Leather industry needs an eco-technology (r)evolution*, 2010
- Leather International, *Tannery process control software*, 2008
- Leather International, *Tanning Tech to highlight latest green technology*, 2012
- Projeto FP7 - *Ceramic And Polymeric Membrane For Water Purification Of Heavy Metal And Hazardous Organic Compound (CERAMOPOL)*, [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102137\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102137_en.html)
- University of Northampton, “*The UK Leather Industry - an Overview and Future Strategy*”, 2011

# Elaboração de um Roadmap Tecnológico para a Fileira das Tecnologias de Produção

## A5. Madeira e Mobiliário

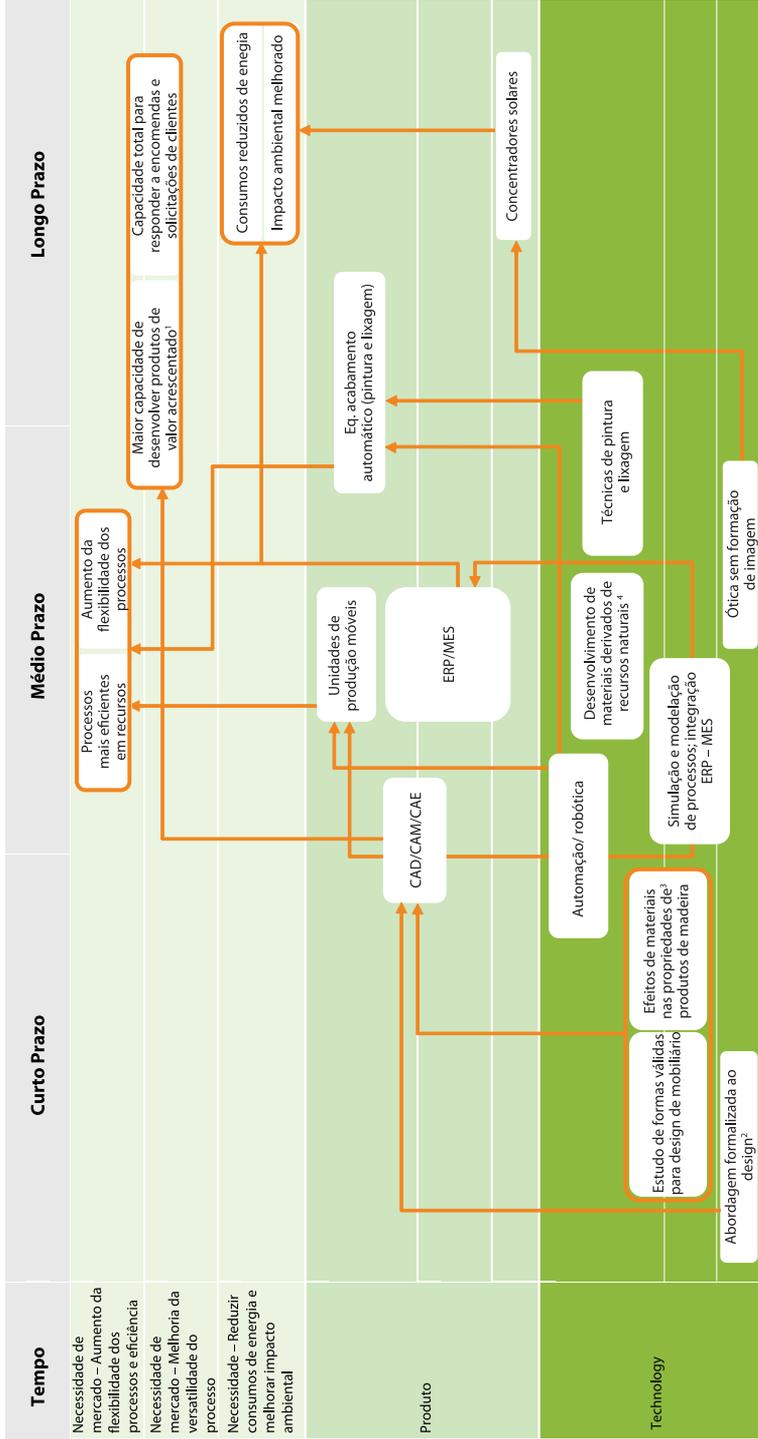


Figura 19 – Roadmap para o setor da Madeira e do Mobiliário

<sup>1</sup> e.g. *Mobiliário inteligente, novos designs e eco-design, combinação de diferentes materiais, produtos mais leves, produtos com resistência mecânica aumentada, propriedades melhoradas de absorção de UV*

<sup>2</sup> e.g. *Software CAM / modelação CAD*

<sup>3</sup> e.g. *Compressão diagonal e força de tensão*

<sup>4</sup> *Substituição de materiais baseados em fósseis – e.g. compósitos madeira-plástico, adesivos de madeira termoplásticos baseados em água*

Ao nível das madeiras e do mobiliário, foram identificadas necessidades em termos de aumento da flexibilização e eficiência de recursos do processo produtivo; da melhoria da versatilidade do mesmo processo, que deverá caminhar no sentido de desenvolver produtos de maior qualidade e valor acrescentado (mobiliário inteligente, incorporação de *design* e *eco-design*, etc.); e da redução dos gastos energéticos.



A resolução da questão da flexibilização e aumento da eficiência de recursos do processo produtivo pode passar pela melhoria e desenvolvimento dos sistemas CAD/CAM utilizados no setor e na sua integração em *layouts* fabris mais eficientes, possivelmente caracterizados por unidades de produção móvel. Este aspeto é especialmente importante na indústria do mobiliário, onde quase todas as peças são feitas à medida, o

que coloca grande pressão sobre os *layouts* das fábricas. Do mesmo modo, a criação de sistemas ERP mais customizados e integrados com sistemas MES irá também contribuir para o fim desejado. Finalmente, os equipamentos de acabamentos automáticos (como a pintura e a lixação) seriam também inovações de elevada pertinência, uma vez que o grau de detalhe associado a muitas destas operações implica que estas dependam ainda da ação de operários humanos.

Assim, os desenvolvimentos tecnológicos ao nível dos *softwares* de *design*, controlo e planeamento de produção, bem como o aumento do grau de avanço da automação e robótica associadas à indústria das madeiras e mobiliário serão fulcrais para a melhoria da oferta das tecnologias de produção para esta indústria no futuro.

Ao nível da redução dos custos energéticos, aposta-se novamente no uso de energia solar para desenvolvimentos progressivos na eficiência energética dos vários equipamentos empregues no processo produtivo.

## Referências

- Alema, D.J., Morabito, R., "Production planning in furniture settings via robust optimization", Computers & Operations Research, Vol. 39, 2012
- Andreu, L., Sánchez, I., Mele, C., "Value co-creation among retailers and consumers: New insights into the furniture market", Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 17, 2010
- Frihart, C.R., Hunt, C.G., "Adhesives with wood materials : bond formation and performance", Wood handbook : wood as an engineering material, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010
- Lau, M., Ohgawara, A., Mitani, J., Igarashi, T., "Converting 3D furniture models to fabricatable parts and connectors", ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011, Vol. 30, 2011
- Projeto FP7 – A Web-based Collaboration System for Mass Customization (E-CUSTOM), [http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_RCN=11351552](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=11351552)
- Projeto FP7 – Advanced wood plastic composite material for

*the production of bath furniture resistant to moisture and free of coatings* (LIMOWOOD), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/106816\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/106816_en.html)

- Projeto FP7 – *AUTO*nomic co-operative machines for highly RECONfigurable assembly operations of the future (AUTORECON), [http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_RCN=12443406](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_RCN=12443406)

- Projeto FP7 – *Building with environmentally sustainable structural timber* (BEST), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/90137\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/90137_en.html)

- Projeto FP7 – *Complex structural and multifunctional parts from enhanced wood-based composites* – eWPC (BIOSTRUCT), <http://www.biostructproject.eu/>

- Projeto FP7 – *Development of sustainable composite materials* (SUSTAINCOMP), <http://www.sustaincomp.eu/>

- Projeto FP7 – *Extended service-life and improved properties of wood products through the use of functional nanoparticles in clear coating and adhesive systems* (WOODLIFE), <http://www.woodlifeproject.com/en/Sidor/default.aspx>

- Projeto FP7 – *Extruded window profiles based on an environmentally friendly wood-polymer composite material* (EXTRUWIN), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/107642\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/107642_en.html)

- Projeto FP7 – *Innovative advanced wood-based composite materials and components* (WOODY), <http://www.woodyproject.eu/>

- Projeto FP7 – *Local flexible manufacturing of green personalized furniture Close To the Customer in time, space and cost* (CTC), [http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_LANG=EN&PJ\\_RCN=13885636&pid=0&q=D67BE C82A602A23FF8B013B7DA527238&type=pro](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=13885636&pid=0&q=D67BE C82A602A23FF8B013B7DA527238&type=pro)

- Shalbfan, A., Luedtke, J., Welling, J., Thomen, H., “*Comparison of foam core materials in innovative lightweight wood-based panels*”, European Journal of Wood and Wood Products, Vol. 70, 2012

- Tankut, A.N., Tankut, N., “*Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture*”, Materials & Design, Vol. 31, 2010

- Umetani, N., Igarashi, T., Mitra, N.J., “*Guided Exploration of Physically Valid Shapes for Furniture Design*”, SIGGRAPH 2012



A6. Metalomecânica

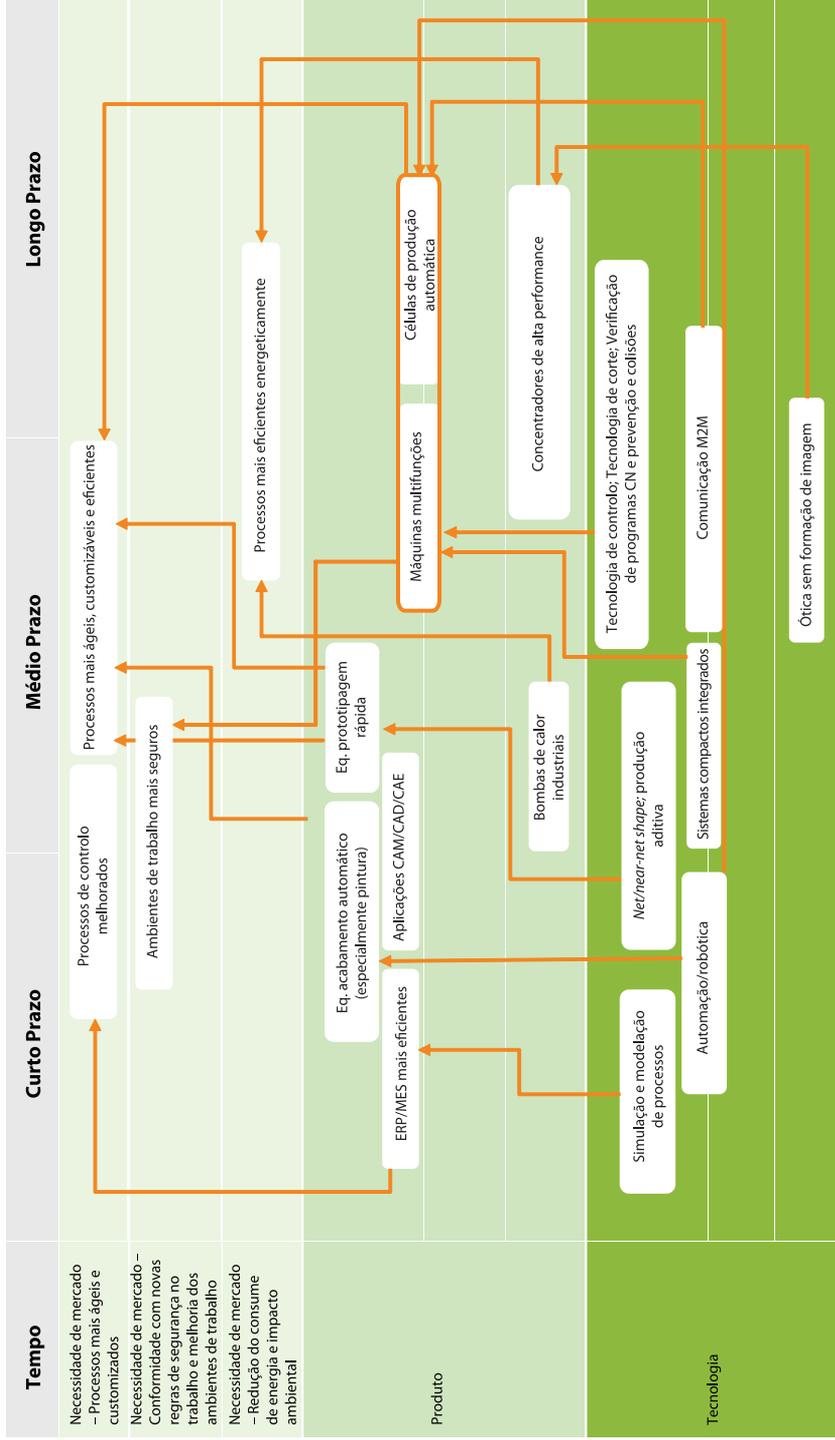


Figura 20 – Roadmap para o setor da Metalomecânica

No setor metalomecânico foram detetadas três necessidades às quais as tecnologias de produção podem dar resposta – a necessidade de desenvolver processos produtivos mais ágeis e customizáveis, levando a melhores controlos de processo e a uma maior eficiência na produção; a melhoria contínua do ambiente de trabalho, tendo em conta o bem-estar e segurança dos trabalhadores; e a redução dos custos com energia.

Em relação à agilidade dos processos, as respostas das tecnologias de produção em termos de produto deverão ser idênticas às dadas noutros setores com as mesmas necessidades. O desenvolvimento contínuo de ferramentas informáticas de *design* e planeamento e controlo, como os sistemas CAD/CAM e ERP/MES e a sua articulação e integração com equipamentos novos ou ainda pouco disseminados na indústria como as máquinas multifunções, os sistemas de prototipagem rápida e sistemas baseados em métodos aditivos, no geral. A indústria metalomecânica apresenta também necessidades importantes ao nível da automação dos processos de acabamento, em particular os processos de pintura, que, idealmente, deveriam ser supridas através da oferta de novas tecnologias de produção. Mais uma vez, os níveis de automação e robótica das fábricas teriam de incorrer em melhorias significativas para que tal pudesse acontecer.

Num contexto ideal, a indústria passaria a ser servida por células flexíveis de produção automática, sistemas compactos onde diferentes equipamentos produtivos funcionariam de forma perfeitamente integrada e controlada, sem intervenção do operador humano. Estas células teriam uma contribuição fundamental para a segurança dos ambientes de trabalho das fábricas, uma vez que implicariam a migração de operários do chão de fábrica para a sala de controlo, evitando a exposição destes aos riscos normais do trabalho em indústrias pesadas.

No que toca aos gastos energéticos, a indústria metalomecânica teria também a ganhar com a introdução de energia solar, particularmente energia solar concentrada, nos seus processos produtivos, mas, neste caso, foi também identificada a necessidade de aumentar os níveis de integração energética das fábricas e introduzir bombas de calor nos processos. Embora este procedimento possa, porventura, ser aplicável noutros setores, foi especialmente sublinhado pelos representantes da indústria metalomecânica.

### Referências

- *Atlantic Hydrogen Inc., HYDROGEN-ENRICHED NATURAL GAS – BRIDGE TO AN ULTRA-LOW CARBON WORLD*, 2009
- CATIM, Sector Metalúrgico e Metalomecânico – Breve Caracterização e Principais Áreas de Inovação Sectorial, 2010
- CECIMO, *DRIVERS OF GROWTH IN THE EUROPEAN MACHINE TOOL INDUSTRY*, 2013
- CECIMO, *Study on COMPETITIVENESS OF THE EUROPEAN MACHINE TOOL INDUSTRY*, 2011
- *Clean Energy Wonk*, <http://cleanenergywonk.com/2006/12/07/they-do-it-with-mirrors-concentrating-solar-power/>, 2006
- *Development of Procedures and Instrumentation for Demonstration of Worker's EM Safety (WEMS) Project*, <http://workeremsafety.org/>, 2010
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *FACTORIES OF THE FUTURE PPP STRATEGIC MULTI-ANNUAL ROADMAP*, 2010
- ECORYS Consortium, *FWC Sector Competitiveness Studies - Competitiveness of the EU Metalworking and Metal Articles Industries*, 2009
- *Heat Pump Centre*, (consultado a 7 de Maio, 2013) <http://www.heatpumpcentre.org/en/aboutheatpumps/heatpumpsinindustry/Sidor/default.aspx>
- *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol 55, Issue 2, *Machining of near-net shape forged pinions*, 2012 [http://journalamme.polisl.pl/papers\\_vol55\\_2/58277.pdf](http://journalamme.polisl.pl/papers_vol55_2/58277.pdf)
- Projeto FP7 - *Flexible and Near-net-shape Generative Manufacturing Chains and Repair Techniques for Complex-shaped Aero-engine Parts Project*, [http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/fantasia\\_en.htm](http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/fantasia_en.htm)
- *US Department of Energy, Office of Scientific & Technical Information, Near-Net Shape Fabrication Using Low-Cost Titanium Alloy Powders*, 2012, [http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti\\_id=1040632](http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=1040632)

A7. Moldes, Ferramentas e Plásticos

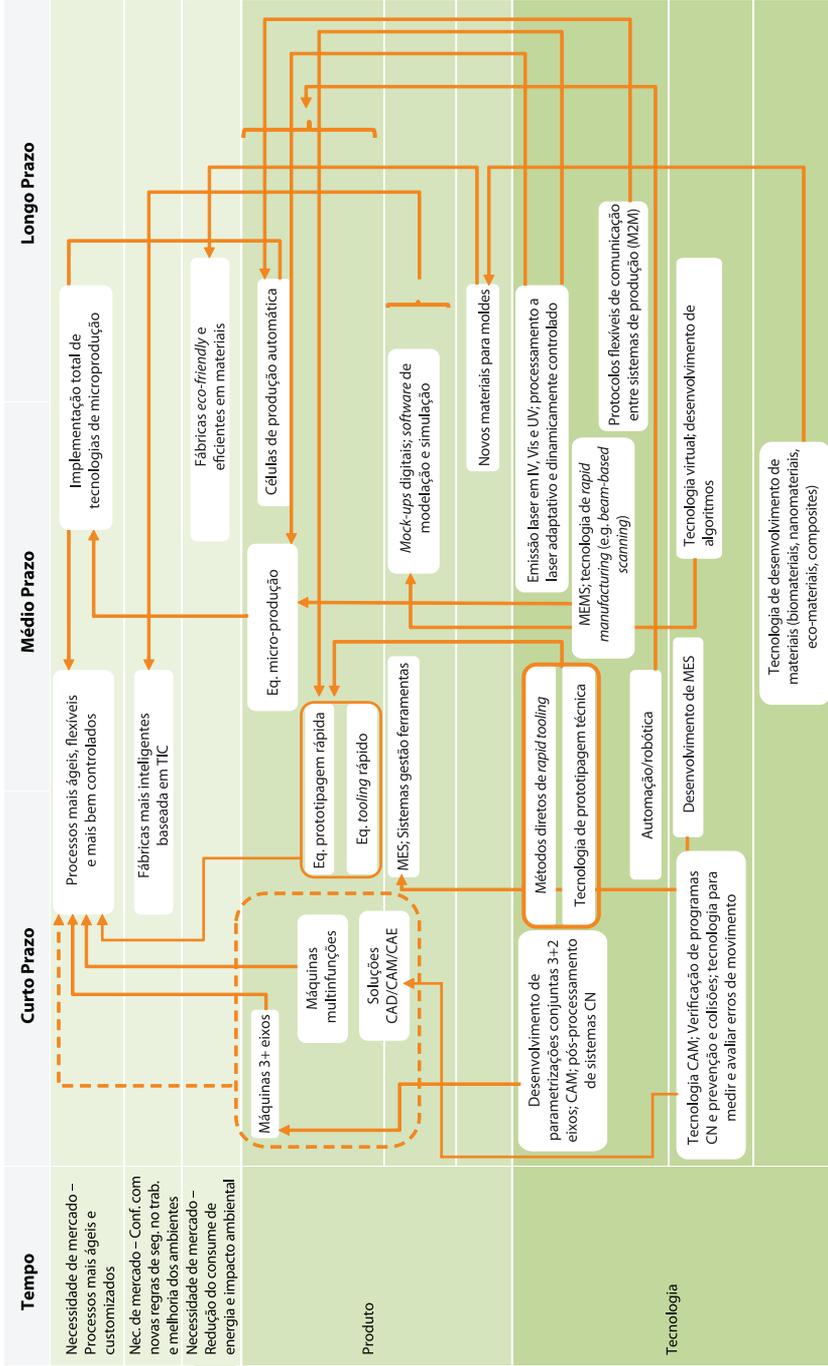


Figura 21 – Roadmap para o setor dos Moldes, Ferramentas e Plásticos

A indústria dos moldes, ferramentas e plásticos, como já referido, é uma das indústrias em Portugal que se encontra mais próxima da fronteira tecnológica atual. Partilhando algumas das necessidades com a indústria metalomecânica, a indústria dos moldes apresenta outras que correntemente são partilhadas pelos principais *players* a nível internacional e representam desafios tecnológicos importantes. As principais necessidades identificadas foram: a agilidade, adaptabilidade e precisão do processo produtivos, que se traduzirá, a curto/médio prazo, por processos mais bem controlados e ágeis e, a médio/longo prazo, pelo estabelecimento em pleno de tecnologias de microfabricação; a incorporação de elementos de engenharia digital e de *design* nesses mesmos processos que levem ao aparecimento de fábricas mais inteligentes e capazes ao nível das TIC; e o aumento da sustentabilidade em termos do uso de materiais, caminhando no sentido de materiais mais “verdes” e de um uso mais eficiente.



Assim, são de novo prevalentes as necessidades ao nível dos sistemas CAD/CAM e da sua integração com as máquinas CNC, particularmente as máquinas com mais de 3 eixos, que são, neste momento, subaproveitadas devido à necessidade de melhoria destes sistemas. A integração dos sistemas CAD com os processos de prototipagem rápida e a incorporação de equipamentos de produção por métodos aditivos e microprodução serão também prioritárias na indústria dos moldes. Também os MES e os sistemas de gestão de ferramentas, no geral, deverão vir a sofrer

melhorias futuras, assim como os *softwares* de simulação de processos de fabrico. Mais uma vez, também as células de produção automática terão lugar nesta indústria no futuro.

Os desenvolvimentos de tecnologia para a introdução destes produtos na indústria deverão ocorrer a vários níveis como a integração CAM-CNC, os métodos de *tooling* direto e de prototipagem técnica, a comunicação máquina a máquina, os sistemas microeletromecânicos e, de forma praticamente transversal, as tecnologias a laser e os níveis de automação e robótica.

Finalmente, a nível dos materiais, a indústria deverá começar a apostar em compósitos, biomateriais e ecomateriais, cabendo às tecnologias e produção desenvolver o equipamento produtivo que permita a sua utilização em *tooling* assim como a sua integração com materiais mais tradicionais.

## Referências

- CENTIMFE, Principais Áreas de Inovação no Sector de Moldes e Ferramentas Especial, 2010
- Clarke, Modet & C<sup>ª</sup>, Relatório de Vigilância Tecnológica – Moldes, Ferramentas Especiais e Processos de Injeção, 2011
- EC Ad-hoc Industrial Advisory Group, *FACTORIES OF THE FUTURE PPP STRATEGIC MULTI-ANNUAL ROADMAP*, 2010
- NTN *Technical Review* nº 74, *Trends in Recent Machine Tool Technologies*, 2006
- Projeto FP7 - *Flexible Compression Injection Moulding Platform for Multi-Scale Surface Structures* (IMPRESS), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94904\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94904_en.html)
- Projeto FP7 – *Hierarchical and Adaptive smaRt COmponents for precision production systems application* (HARCO), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94813\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/94813_en.html)
- Projeto FP7 - *High Precision Micro Production Technologies* (HIMICRO), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104686\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104686_en.html)
- Projeto FP7 – *Plug-and-produce COmponents and METHods for adaptive control of industrial robots enabling cost effective, high precision manufacturing in factories of the future* (COMET), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/95706\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/95706_en.html)
- Projeto FP7 – *Validation of Numerical Engineering Simulations: Standardisation Actions* (VANESSA), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746_en.html)

A8. Rochas Ornamentais e Industriais

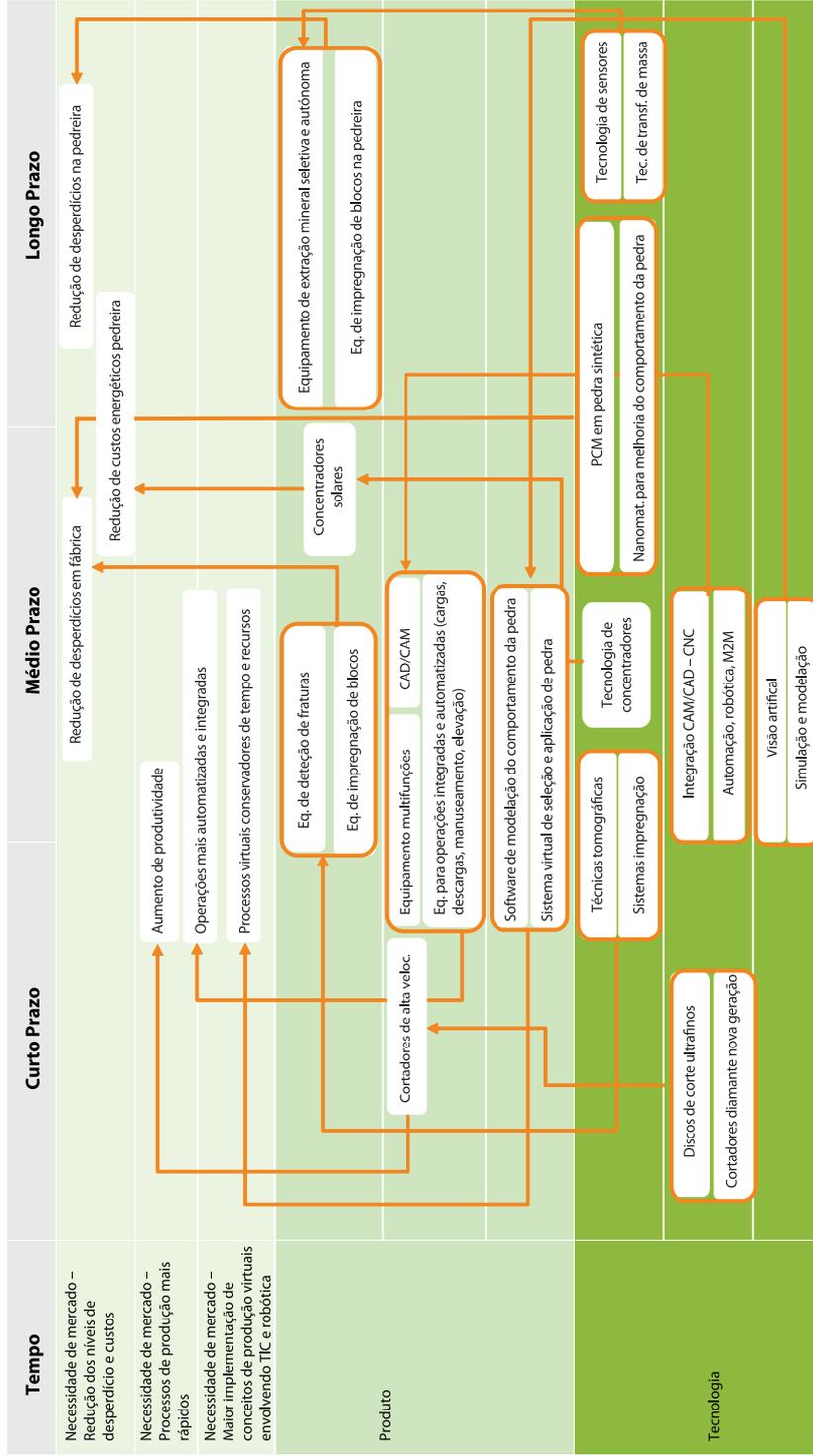
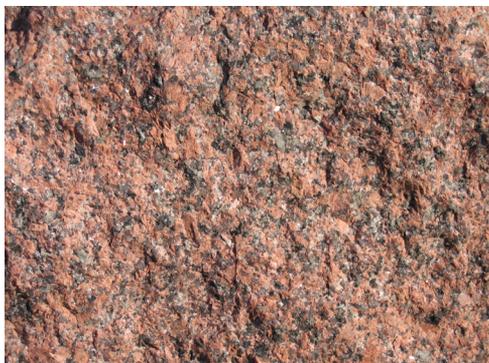


Figura 22 – Roadmap para o setor das Rochas Ornamentais e Industriais

No setor de pedra ornamental e industrial foram identificadas como grandes necessidades a abordar pela indústria das tecnologias de produção a redução dos níveis de desperdício e uso de energia; a rapidez dos processos de produção; e a incorporação de processos virtuais em fábrica envolvendo TIC e robótica.



Os desperdícios de matéria-prima são, sem dúvida, o maior desafio colocado atualmente à indústria da pedra. Cerca de 80% do material minado em pedra não incorporará o produto final vendido ao cliente. Existindo já soluções para a produção de aglomerados com esses desperdícios, nem sempre muito atrativas comercialmente, urge encontrar soluções para a prevenção e eliminação das causas dos desperdícios. Estas deverão vir da deteção e eliminação de defeitos nos blocos de pedra. A médio prazo, este processo ocorrerá na fábrica, mas a longo prazo pretende-se que se inicie logo na fase da extração. Assim, equipamentos para deteção de fraturas na pedra e máquinas para impregnação dos blocos com compostos corretivos serão fundamentais para a indústria. A longo prazo, perspectiva-se o emprego de técnicas avançadas de tomografia para detetar estes defeitos e o desenvolvimento de técnicas de impregnação e blocos para os remediar. Mais ainda, as próprias propriedades da pedra podem ser alteradas e melhoradas através da aplicação de PCM (*phase changing materials*) e nanomateriais nos blocos de pedra, aumentando os seus campos de aplicação e potencial comercial.

A mais longo prazo, estas técnicas poderão vir a ser aplicadas nas próprias pedreiras (durante o processo de extração), onde máquinas de extração mineral seletiva e autónoma apoiada por sensores avançados minerarão a pedra.

Na pedra, como noutros setores, prevê-se também o aprofundamento da incorporação de equipamentos multifunções e máquinas de corte de alta velocidade, suportados por sistemas CAD/CAM aperfeiçoados e integrados, processos de automação e robótica e novos discos de corte.

Finalmente, os processos de virtualização da fábrica e simulação de processos terão também um papel decisivo no futuro do setor.

## Referências

- Apresentação do projeto I-STONE por G. Gandolfi, *Re-engineering of natural stone production chain through knowledge based processes and new organizational paradigms, eco-innovation*, 2006
- CEVALOR, Projeto I-STONE, *Wastes Recycling - Application to the Natural Stone Sector*, <http://www.stonecourses.net/environment/wastes6a.html>
- CEVALOR, Diagnóstico Tecnológico do Sector da Pedra Natural e Áreas de Intervenção, 2010
- OSNET, Publicações 1-13, [http://www.osnet.ntua.gr/Root\\_Pages/Publications.htm](http://www.osnet.ntua.gr/Root_Pages/Publications.htm)
- Projeto FP7 – *Validation of Numerical Engineering Simulations: Standardisation Actions* (VANESSA), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/104746_en.html)
- Projeto FP7 – *Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future* (I2MINE), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102170\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102170_en.html)
- Projeto FP7 – *Innovation for Digital Fabrication* (DIGINOVA), [http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102426\\_en.html](http://cordis.europa.eu/projects/rcn/102426_en.html)
- VALORPEDRA, Projeto INOVSTONE, <http://www.valorpedra.pt/index.php/cluster-da-pedra-natural/plano-de-accao/inovstone-novas-tecnologias-para-a-competitividade/>

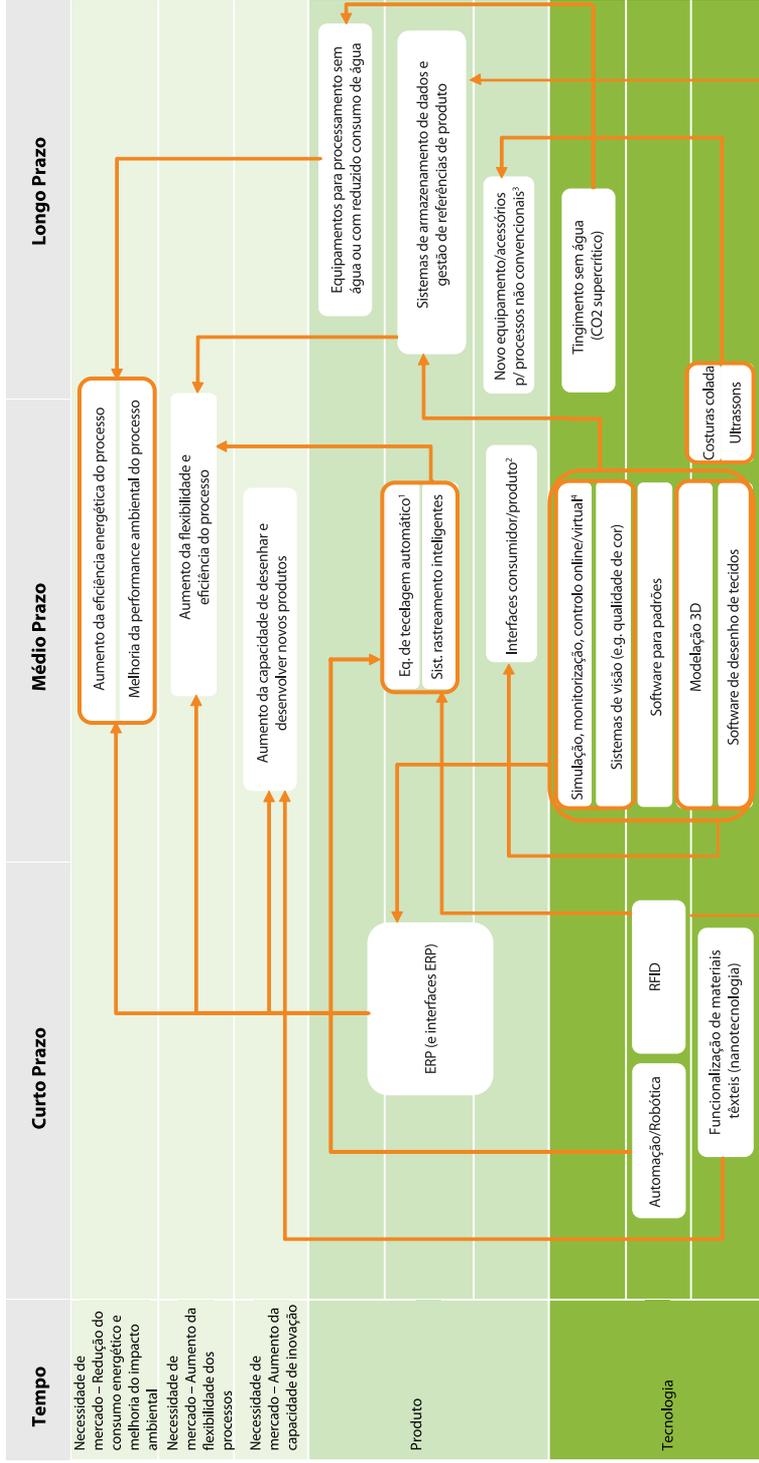


Figura 23 – Roadmap para o setor do Têxtil e Vestuário

<sup>1</sup> e.g. *Automação e otimização do processo de preparação para a tecelagem*

<sup>2</sup> *Scanners corporais, ferramentas para simulação e visualização de partes em avatars customizados, etc.*

<sup>3</sup> e.g. *Processos de costura – máquinas de costura colada, ultrassons, etc.*

<sup>4</sup> e.g. *Para o processo de tingimento; Medida e controlo de efeitos finais; Sistemas de inspeção online em teares; Viabilidade dos custos de produção e tecelagem; Métodos e ferramentas para avaliar a eco-eficiência e sustentabilidade dos processos de produção*

O setor do têxtil e vestuário apresenta também três tipos de necessidades principais ao nível de tecnologias de produção: a flexibilidade dos processos, a capacidade para produzir produtos inovadores, especialmente ao nível da intervenção do cliente no processo de fabrico; e a necessidade de reduzir os gastos com consumos energéticos.

Neste setor, novamente, a introdução de ERP/MES integrados e especialmente adequados às necessidades do setor desempenhará um papel fundamental. Adicionalmente, a flexibilidade do processo será amplificada pela introdução de equipamentos com maiores componentes de automação, particularmente ao nível dos teares.

Os sistemas de rastreamento automático voltam a assumir um lugar de destaque nas necessidades tecnológicas do setor, acompanhados pela introdução de equipamentos de *interface* entre produtor e cliente que incluem, entre outros, *scanners* corporais e ferramentas para simulação e visualização em avatars customizados.

Será também dada prioridade a equipamentos que permitam realizar algumas operações do processo produtivo a seco, particularmente o tingimento, um dos grandes consumidores de recursos na indústria.

As tecnologias necessárias para levar a cabo a execução das soluções referidas passam pela automação e robótica, rastreamento por RFID, tingimento através de dióxido de carbono supercrítico e modelação 3D, entre outras.

- CITEVE, “*Roadmap Tecnológico e de Inovação para a ITV*”, 2013

- Dastjerdi, R., Montazer, M., Shahsavan, S., “*A novel technique for producing durable multifunctional textiles using nanocomposite coating*”, *Colloids Surf B Biointerfaces*, Vol. 81, 2010

- Gowri, S., Almeida, L., Amorim, T., Carneiro, N., Souto, A.P., Esteves, M.F., “*Polymer Nanocomposites for Multifunctional Finishing of Textiles - a Review*”, *extile Research Journal*, Vol. 80, 2010

- Kaplan, A., Kedar, E., Dushy, U., Mozel, J., “*Digital printing device with improved pre-printing textile surface treatment*”, US 0032319 A1, 2011

- Lapierre, F. et al., “*Technology Roadmap for the Canadian Textile Industry – Innovation through partnership*”, CTT Group, 2008

- Panta, H.R., Bajgaic, M.P., Namd, K.T., Seod, Y.A., Pandeyae, D.R., Honge, S.T., Kimd, H.Y., “*Electrospun nylon-6 spider-net like nanofiber mat containing TiO<sub>2</sub>nanoparticles: A multifunctional nanocomposite textile material*”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 185, 2011

- Radetić, M., “*Functionalization of textile materials with TiO<sub>2</sub> nanoparticles*”, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 2013

- Shahidi, S., Wiener, J., Ghoranneviss, M., “*Surface Modification Methods for Improving the Dyeability of Textile Fabrics*”, *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing*, 2013

- Sójka-Ledakowicz, J., Lewartowska, J., Kudzin, M., Leonowicz, M., Jesionowski, T., Siwińska-Stefańska, K., Krysztáfiewicz, A., “*Functionalization of textile materials by alkoxysilane-grafted titanium dioxide*”, *Journal of Materials Science*, Vol. 44, 2009

- Taylor, A., Lewis, L., Ward, G., “*Research into 3D Printed Materials & Methods: An exploratory practice based approach into the application of 3D technologies for textile & surface design*”, *Materials Coloration - past, present and future of textile printing*, University of Huddersfield, 2013

- Väänänen, R., Heikkilä1, P., Tuominen, M., Kuusipalo, J., Harlin, A., “*Fast and efficient surface treatment for nonwoven materials by atmospheric pressure plasma*”, *AUTEX Research Journal*, Vol. 10, 2010

