

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

ECONOMIA CIRCULAR

Documento de trabalho

Abril 2018

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

ECONOMIA CIRCULAR

Coordenação do Grupo de Peritos

Carlos Borrego, Universidade de Aveiro
Maria de Lurdes Lopes, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
João Nunes, BLC3-- Campus de Tecnologia e Inovação
Sofia Santos, Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável

Redatores do Grupo de Peritos

António Lorena, 3DRIVERS
Benedita Chaves, LIPOR
Cristina Rocha, Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia
Joaquim Barbosa, SIMBIENTE
Lígia Pinto, Universidade do Minho
Myriam Lopes, Universidade de Aveiro
Samuel Niza, Instituto Superior Técnico
Sérgio Costa, SIMBIENTE

Equipa Técnica da FCT
Anabela Carvalho (Coordenadora), Vanda Karadzic, Marta Abrantes, M^a João Fernandes, Sofia Azevedo,
Cristina Gouveia, Dina Carrilho, Ana Luisa Lavado

Coordenação Geral
José Bonfim
Tiago Santos Pereira

As Agendas Temáticas de Investigação e Inovação dinamizadas pela FCT, entre as quais a presente Agenda Temática, estão a ser desenvolvidas por Grupos de Peritos designados conjuntamente pela FCT e por centros e unidades de investigação, empresas e outras entidades com investigação e inovação relevante nas respetivas áreas, em número variável.

Os Grupos de Peritos identificaram equipas de coordenação e diferentes formas de contribuição para as Agendas agora em fase de discussão, tendo sido apoiados ao longo do processo por equipas técnicas da FCT. Identificam-se nesta fase as equipas de coordenação e redação, sendo a composição alargada dos Grupos de Peritos apresentada no documento final.

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO ECONOMIA CIRCULAR

(DOCUMENTO DE TRABALHO)

PARTE I

Visão e Desafios

Capítulo 1 – Visão e Desafios para 2030

1.1 - Visão para a Economia Circular em Portugal até 2030

A **Economia Circular** representa uma **opção chave para a resiliência, prosperidade e desenvolvimento sustentável de Portugal**, potenciando o uso eficiente de recursos, a produtividade e a competitividade, gerando crescimento, emprego e redução nas emissões de gases com efeito de estufa (GEE). A escassez de matérias-primas e de água potável, a pressão das alterações climáticas, as necessidades energéticas e alimentares, a dependência tecnológica e da agricultura por elementos/compostos químicos raros são os principais vetores de pressão para a transição de uma economia linear - baseada em combustíveis fósseis, consumo intensivo de recursos e geração significativa de resíduos - para uma economia circular, eficiente e menos dependente dos recursos, com menor intensidade carbónica e energética e reduzindo o impacto ambiental e climático das atividades humanas e contribuindo para o desenvolvimento socioeconómico. De acordo com os desafios e objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas¹, um compromisso global, **preconizam na Economia Circular uma prioridade da Investigação e Inovação (I&I) em Portugal, até 2030**. Assim, a visão para Portugal deve centrar-se em avanços significativos na reutilização contínua dos materiais estrategicamente mais importantes para o país, no seu potencial produtivo máximo (máximo valor financeiro e utilidade, pelo maior tempo possível), em ciclos energizados por fontes renováveis, preservando os ecossistemas e gerando emprego e qualidade de vida.

O futuro da I&I para a Economia Circular em Portugal deve apostar numa **abordagem coletiva, colaborativa**, e de **living labs** que envolva academia, empresas, autoridades, utilizadores finais e sociedade civil, segundo modelos de inovação aberta e com base na experiência do utilizador, no **codesign** e **cocriação de soluções sistémicas** para a preservação, recuperação e uso sustentável do capital natural e a gestão sustentável das atividades socioeconómicas ao longo da cadeia de valor e com base numa perspetiva de ciclo de vida. O sucesso da I&I para a Economia Circular depende ainda de uma **sociedade resiliente, informada e participativa** onde a transição para uma economia circular se baseie numa abordagem que integre o melhor conhecimento técnico-científico.

Assim, Portugal deve apostar em **áreas de I&I interdisciplinares** que alicercem a interação entre entidades governativas, fornecedores, produtores, prestadores de serviços, clientes e consumidores e que capacitem o sistema científico, tecnológico e de inovação com recursos humanos qualificados e infraestruturas adequadas. Uma outra preocupação é assegurar e potenciar o **lançamento de projetos demonstradores e provas de conceito a nível nacional** que apoiem a transformação dos resultados de investigação em aplicações para o mercado através da **criação de comunidades de conhecimento e inovação** que projetem Portugal na Europa e no resto do Mundo.

¹ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

Em termos estratégicos, a definição das apostas de I&I que estão alinhadas com a visão da Agenda, estão organizadas numa matriz definida por **eixos verticais** de atividades de I&I (quatro subáreas exploradas nos capítulos 4 e 5 desta Agenda), apoiada por **eixos transversais** baseados em intervenções estruturais que apoiam e complementam as atividades de I&I, e cuja conjugação se traduz em **eixos temáticos** prioritários com forte potencial de inovação e impacto. Assim,

- os **eixos verticais** são definidos por: i) **design de novos produtos, processos e serviços** - substituir o conceito de fim de vida dos ciclos de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo; ii) **gestão sustentável dos recursos** - a gestão dos recursos naturais, seguindo a lógica da cadeia dos recursos, e incluindo a gestão e valorização dos resíduos; iii) **governança e território** - novos modelos de governança e instrumentos de política que estimulem a circularidade do território; e iv) **novos modelos de negócio, comportamento e consumo** - novos modelos que promovam comportamentos económicos e sociais mais sustentáveis;
- os **eixos transversais** são definidos por: i) **educação e formação** – formar, educar e capacitar cidadãos e profissionais para uma cidadania ativa e informada seja ao nível individual ou nas organizações; **tecnologias da informação e comunicação** – para promover a desmaterialização e alicerçar novas formas de atuação na economia; iii) **regulamentação** – estimular e apoiar as atividades de I&I (e.g., incentivos) agilizando e simplificando procedimentos e ultrapassando obstáculos;
- os **eixos temáticos** são definidos por: i) **simbioses industriais** –colaboração entre indústrias para a partilha e valorização máxima dos recursos; ii) **bioeconomia circular** - uso circular, integrado e sustentável de recursos biológicos; iii) **territórios circulares** – simbiose, coesão e proximidade entre zonas rurais, urbanas e periurbanas.

1.2 - A importância da Economia Circular para Portugal

A Comissão Europeia vê a transição para a economia circular como uma oportunidade para modernizar e transformar a Europa no seu caminho para uma competitividade sustentável apoiada pelo lançamento, no final de 2015, do Plano de Ação Europeu para a Economia Circular². Em Portugal este caminho está a ser traçado pois os desafios que atualmente se verificam na economia nacional impõem uma mudança sistémica alinhada com a visão para Portugal até 2030 anteriormente enunciada.

Neste sentido, várias políticas e estratégias têm sido implementadas nos últimos anos ao nível nacional que potenciam a transição para a economia circular. No final de 2017, o Governo lançou o Plano de Ação para a Economia Circular 2017-2020³ (PAEC 2017-2020) que veio estabelecer as prioridades, ações e metas que têm que ser implementadas para garantir que Portugal está no caminho da circularidade.

² http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

³ <https://dre.pt/application/file/a/114336872>

“A economia circular é um conceito estratégico que assenta na prevenção, redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Substituindo o conceito de «fim-de-vida» da economia linear por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, a economia circular é vista como um elemento-chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos, relação tradicionalmente vista como inexorável”

in “Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal 2017-2020”

Segundo o PAEC 2017-2020, o metabolismo de Portugal é lento, ou seja, é uma economia tendencialmente cumulativa em materiais: extrai e importa mais matérias-primas do que exporta produto acabado, acumulando materiais em stock, sobretudo do tipo imobiliário (e.g., edifícios, infraestruturas). O indicador de produtividade material (PT: 1,1 €/kg materiais | Média UE: 2 €/kg materiais) demonstra que Portugal não evoluiu tão favoravelmente como, por exemplo, os seus parceiros Espanha e Irlanda — países que em 2005 estavam no mesmo patamar de produtividade que o português. Em 10 anos, melhorámos 23 %; a União Europeia (UE) 30 %; e a Espanha 134 %.

Se aos constrangimentos de cariz nacional se acrescentarem os desafios impostos internacionalmente, tais como o Acordo de Paris⁴ e a Agenda 2030 para Desenvolvimento Sustentável⁵) e as políticas europeias (i.e., Plano de Ação Europeu para a Economia Circular⁶) identifica-se **um quadro estratégico e político que impulsiona a economia no sentido da circularidade**: tem que se produzir mais com menos, minimizando a emissão de poluentes e protegendo os recursos naturais.

A indústria nacional tem uma grande dependência de combustíveis fósseis e de recursos externos, não apenas em termos energéticos mas também em termos de matérias-primas. Setores como a construção, o agroalimentar, a agricultura e a floresta e territórios geradores de vegetação natural apresentam grande potencial de circularidade. Assim, potenciar a I&I em áreas que impactem diretamente na circularidade destes setores trará um potencial acrescido de eficiência, produtividade e, consequentemente, competitividade.

O estudo “Sinergias Circulares – Desafios para Portugal”⁷, realizado pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD), evidenciou que se os resíduos não urbanos eliminados em Portugal em 2015 (1,1 milhões de toneladas) fossem transacionados entre empresas, isso traduzir-se-ia numa redução de consumos intermédios de 165 milhões de euros, numa contribuição de 32 milhões de euros em VAB (Valor Acrescentado Bruto), na criação de 1300 novos empregos e numa redução superior a 5 milhões de toneladas de extração doméstica de materiais.

Hoje, em Portugal, há já várias empresas e organizações que, operando nos mais diversos ramos de atividade, conseguiram inovar e transformar o seu modelo de negócio em linha com os princípios da circularidade. Por exemplo, ao nível das telecomunicações desenvolveram-se alguns procedimentos em processos de recuperação e reutilização de equipamentos terminais. No setor agroalimentar há já empresas que apresentam soluções para estimular a produção de hortícolas em ambiente urbano,

⁴ http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

⁵ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

⁶ http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

⁷ http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2018/03/Sinergias_Circulares_Relatorio-Tecnico.pdf

fazendo dos circuitos curtos de produção e consumo uma realidade. Na indústria transformadora, um dos exemplos “bandeira” de economia circular em Portugal, é a substituição de materiais não renováveis por cortiça, um material de origem biológica, não tóxico e com propriedades que lhe conferem múltiplas aplicações nos mais variados domínios.

Os vários exemplos, transversais a vários setores, ilustram uma mudança na forma de atuação de muitas empresas e instituições em Portugal na transição para uma economia mais circular. Para além disso, o potencial de circularidade de muitos setores em Portugal impõe que a I&I seja o alicerce e a prioridade para essa transição. Assim, importa apostar na I&I e desenvolver novas competências e conhecimento que incentivem, de forma sistémica e alargada, a transição da economia e da sociedade para a circularidade, competitividade e resiliência.

1.3 - Os grandes desafios para o desenvolvimento da Economia Circular em Portugal até 2030

A transição para a sociedade e economia circular, competitiva e resiliente até 2030 impõe muitos e variados desafios à I&I em Portugal. A visão estabelecida em 1.1 impõe desafios de ordem tecnológica, social, económica, regulamentar e, acima de tudo, estrutural e sistémica.

O trabalho em rede, a colaboração, o **codesign** e **codesenvolvimento** de soluções tem que ser apropriado por todos os atores da cadeia de valor. Assim, o desafio imposto pela **educação**, seja ao nível da **cidadania** seja ao nível da **formação técnico-científica**, são fundamentais para que a sociedade possa contribuir para os objetivos nacionais, apoderando-se das soluções e potenciando a sua promoção.

A I&I na área da economia circular implica uma **forte cooperação entre os agentes económicos** de forma a existir um enquadramento que permita a **existência de produtos, processos e serviços circulares**, que sejam comprados pelos consumidores e vivenciados nos territórios. Paralelamente é necessário compreender as estruturas e instituições, os comportamentos, as políticas e os avanços tecnológicos que podem estimular ou constituir obstáculos ou constrangimentos à economia circular. É fundamental que o país desenvolva estímulos para que o lançamento e manutenção de **redes ativas de colaboração** academia-empresas-administração-sociedade seja uma realidade bem como a integração destes nas grandes redes europeias. É necessário dotar o sistema económico português de valências e canais abertos de **transferência de conhecimento, de teste e lançamento de pilotos, de iniciativas concertadas** entre vários agentes da administração pública no sentido de potenciar sinergias e alavancar projetos estruturantes ao nível nacional. É necessário **fomentar a I&I em projetos demonstradores e quick wins**, motivadores e catalisadores. Para promover o incentivo dos agentes económicos a agir em prol da economia circular será necessário não só inovação tecnológica, mas também nos serviços e processos, na organização, no produto, no marketing e a nível social e educacional. Esta inovação terá de ser **multisectorial**, com aplicações completamente distintas entre setores, desde os industriais, aos serviços até ao setor financeiro. Um desafio estimulante para todos os agentes, mas com particular enfoque para as empresas.

Considerando a visão e abordagem definidas em 1.1, os desafios e apostas de I&I para a economia circular centram-se na:

Aposta em eixos verticais de atividades de I&I, nomeadamente:

- A aposta no **design de novos produtos, processos e serviços**: (i) *design* de **produtos mais duráveis e passíveis de reparação, reutilização e remanufactura**, e *design* de serviços orientados para uma **economia de partilha** e de **desempenho** (aumento da durabilidade e intensidade do uso dos produtos); (ii) *Design* para a **reciclagem** e *design* de processos de **simbiose industrial** e processos em **cascata**; e (iii) *design* de produtos, processos e serviços mais **ecoeficientes**;
- A aposta na **gestão sustentável dos recursos**, através: i) da **exploração sustentável de matérias-primas** críticas e/ou estratégicas para o nosso país (e.g., lítio) para uma maior autossuficiência e resiliência face aos condicionantes externos; ii) da **valorização de resíduos e águas residuais**; iii) da **bioeconomia** promovendo o uso circular, integrado e sustentável de recursos biológicos; e iv) da **ecoinovação** para o desenvolvimento, demonstração e otimização de processos mais eficientes e produtos e tecnologias inovadoras;
- A aposta na governança e território através de **territórios circulares, autossuficientes e sustentáveis**, que priorizem: i) a utilização dos recursos endógenos; ii) promovam as **simbioses urbanas** e regionais e a eficiência de **metabolismo até ao nível regional**; iii) a **proximidade e conectividade** entre produtores e consumidores; e iv) o **fecho dos ciclos biogeoquímicos e biogeofísicos**, apoiados numa **governança forte, integrada e participativa** para otimizar o desenvolvimento territorial e, assim, maximizar a eficiência e eficácia da estrutura espacial dos territórios;
- A aposta nos **novos modelos de negócio, comportamento e consumo** que promovam comportamentos económicos e sociais mais sustentáveis. Nos **novos modelos de negócio** é fundamental apostar na (i) investigação de novas **dinâmicas de cooperação e atração empresarial**, na (ii) criação de novos **modelos de organização de atividades para a circularidade** (e.g., disponibilização, fornecimento e/ou transferência de produtos, de partilha e de prestação de serviços) e (iii) regulamentação. Ao nível dos **novos modelos de comportamento e consumo**, o conhecimento dos contextos sociais, ambientais, culturais, políticos, económicos, tecnológicos, técnicos e materiais para a emergência, reprodução e desaparecimento das práticas sociais é fundamental. Ao nível dos **modelos de organização social** são relevantes quer a investigação sobre as formas de organização social mais propícias para o desenvolvimento de boas práticas de economia circular quer os mecanismos que facilitam a difusão dessas práticas e a promoção da **inovação social**.

Aposta em eixos transversais de base estrutural, nomeadamente:

- A aposta na **educação e formação** deve estar no centro da transição para a economia circular para garantir **cidadãos e profissionais informados, conscientes e com poder para agir**. A educação para a cidadania atuando ao nível dos comportamentos e padrões de consumo será uma área onde a I&I tem um papel relevante, assim como, o desenvolvimento de **conteúdos de formação programáticos e metodologias de ensino e capacitação** para a circularidade que abordem a multi-, trans- e inter – disciplinaridade da temática;
- A aposta nas **tecnologias da informação e comunicação**, no âmbito das plataformas de gestão e análise de dados e informação (e.g. *big data*, *analytics*, *Internet of Things* e inteligência artificial) e para apoio a novas formas de **comunicação**;
- A aposta na **regulamentação**, criando novos instrumentos que facilitem procedimentos, agilizem processos e eliminem obstáculos à implementação de inovações.

Aposta em eixos temáticos com forte potencial de inovação e impacto em diferentes setores da economia:

- **Simbioses industriais** - potenciando redes para transferência e valorização de recursos mássicos e energia, entre indústrias e entre diferentes setores, baseadas em ecodesign de produtos e processos circulares e novos modelos de negócio no sentido do resíduo zero. Serão ainda necessárias tecnologias e soluções inovadoras, ferramentas digitais, plataformas, regulamentação, dinâmicas de mercado e novos modelos de organização para garantir a simbiose e otimizar processos;
- **Bioeconomia circular** - promovendo o uso circular, integrado e sustentável de recursos biológicos para a produção de alimentos, energia e bioprodutos potenciando a ecoinovação através da biotecnologia verde e azul, promovendo a reutilização e reciclagem de resíduos biológicos no sentido do desperdício zero;
- **Territórios circulares** - potenciando a simbiose e a proximidade entre as zonas rurais, urbanas e costeiras e incorporando as soluções baseadas na natureza (ou “*nature-based solutions*” - SBN) na gestão dos ciclos dos nutrientes e do ciclo da água, regeneração de ecossistemas e aumento do fornecimento e valorização de recursos endógenos. Será ainda necessário apostar em soluções inovadoras para o desenvolvimento sustentável e regenerador das cidades, áreas periurbanas e regiões interiores e rurais, integrando soluções baseadas na natureza a par com soluções tecnológicas, digitais, sociais, culturais e de governança territorial de forma a potenciar sinergias na trajetória para territórios mais eficientes em recursos, de baixa intensidade em carbónica, seguros, saudáveis e resilientes.

A Agenda não pretende analisar o potencial da economia circular nos diferentes sectores (e.g. embalagens, alimentos, construção, mar, etc.), a não ser a título exemplificativo, mas sim **explorar os eixos de desenvolvimento de I&I** capazes de apoiar a transição para a economia circular nos diferentes setores da economia.

O sucesso na concretização da visão e desafios da agenda de I&I para a economia circular permitirá fortalecer o sistema científico nacional, intensificar vantagens competitivas no tecido empresarial e alicerçar uma sociedade e economia mais resilientes.

Capítulo 2 – Investigação e Inovação na área da Economia Circular em Portugal e no Mundo

2.1 - Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos 10 anos

De acordo com o *Joint Research Centre*⁸ a investigação de apoio às políticas da União Europeia (UE) para promover a economia circular tem incidido em temáticas, tais como: tecnologias e processos mais eco eficientes; estatuto e destino de resíduos; rotulagem ecológica, contratação pública ecológica, *ecodesign* e rotulagem energética; melhores práticas de gestão ambiental; e uso sustentável dos recursos – eficiência energética e material; estudos e avaliações sobre o estado dos recursos (água, solo, matérias-primas - com especial relevo para as minerais). Importa ainda referir que a Comissão Europeia reconhece que as matérias-primas primárias, incluindo os materiais renováveis, continuarão a ter um papel fundamental nos processos de produção, no âmbito da economia circular (COM(2015) 614 final)⁹, garantindo a segurança do abastecimento e diminuindo a volatilidade dos preços. Em Portugal, nos últimos 10 anos, registaram-se avanços promissores em diferentes domínios do conhecimento científico e tecnológico relacionado com as matérias-primas primárias, assim como várias inovações (e.g., automação e robótica) com impacto significativo na criação de cadeias de valor a partir da exploração mineral eficiente.

Em regiões como a UE, o Japão e os EUA, a economia circular tem sido usada como uma forma de projetar políticas de gestão ambiental e de gestão de recursos numa perspetiva *bottom-up* (Ghisellini *et al.*, 2016)¹⁰ enquanto noutras regiões, como na China, a economia circular tem sido promovida como um objetivo político numa perspetiva *top-down*. Contudo, a implementação generalizada da economia circular está longe de ser uma realidade, encontrando-se nos estádios iniciais de desenvolvimento, principalmente focada na reciclagem, e menos na preparação para reutilização e no consumo sustentável.

Estas visões ignoram a natureza fundamentalmente económica (Zink e Geyer, 2017)¹¹ da economia circular. De facto, entre quase todos os passos na economia circular existe um mercado – nomeadamente um mercado para a água (e.g. água para reutilização com origem em água residual tratada), para a energia (e.g. energia potencial, térmica ou bioquímica), para os materiais (e.g. subprodutos de processos industriais, bens finais, bens em fim de vida, materiais reciclados, bens recuperados ou remodelados) e para os nutrientes (e.g. reutilização e reciclagem de nutrientes e matéria orgânica com a utilização racional e sustentável de resíduos orgânicos). Em cada um destes mercados, os bens secundários competem por vezes diretamente com os bens primários (produzidos essencialmente a partir de matérias primas virgens), nos casos em que tal é tecnicamente possível e viável economicamente. A relação entre os bens primários e secundários nos mercados é o que torna a economia circular promissora - cria a esperança de que bens e materiais secundários possam reduzir a utilização de bens e materiais primários. Por isso, tal como na energia, o desafio maior consiste na procura do “mix” de fontes primárias e secundárias adequadas às necessidades do presente e às que se antecipam para o futuro, em função do modelo (e das políticas) de desenvolvimento preconizadas a nível regional, nacional ou transnacional. Ou seja procurar o balanço entre: (i) imperativos económicos,

⁸ <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-brochure-circular-economy.pdf>

⁹ COM (2015) 614 final, de 02/12/2015 (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2015:614:FIN>)

¹⁰ Ghisellini, P., Cialani, C. e Ulgiati, S., 2016- A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* V.114: 11–32

¹¹ Zink, T. e Geyer, R., 2017 - Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*. doi:10.1111/jiec.12545

gerindo eficientemente os recursos naturais e contribuindo para a prosperidade e criação de mais riqueza com valor acrescentado; (ii) imperativos ambientais, não excedendo a capacidade de aprovisionamento facultada pelos serviços dos ecossistemas e recuperando sistemas degradados; e (iii) imperativos sociais, colocando a Humanidade e os seus valores na esfera das preocupações do progresso.

A economia circular veio impor desafios à forma de fazer negócio. Em termos de novos modelos de negócio, uma parte significativa da investigação tem ocorrido na área dos sistemas de transformação de produtos em serviços (*product to service system*). A investigação mais recente em arquitetura da escolha (*nudging*), e na área da economia social/colaborativa tem considerado a problemática da economia circular e a necessidade de desenvolver linhas de ação que promovam modelos de consumo e comportamento sustentáveis. No entanto, a investigação sobre novos modelos de consumo e comportamento ainda é escassa. Como linhas de investigação mais emergentes salientam-se: identificação de barreiras à implementação de novos modelos de negócio, consumo e comportamento; formulação e teste de políticas conducentes a aliviar as barreiras identificadas; caracterização de aplicações de novos modelos com sucesso; entre outras.

Nos últimos anos diversas iniciativas com carácter de investigação e/ou inovação foram desenvolvidas no âmbito do conhecimento, promoção e gestão do território. O objetivo é promover territórios inteligentes e circulares, através de um conhecimento mais detalhado das suas potencialidades, do planeamento urbano e da disseminação e aplicação de melhores práticas de gestão territorial, recorrendo por exemplo ao uso de Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) e Tecnologias de Informação, Comunicação e Eletrónica (TICE). Pretende-se também criar o melhor conhecimento do metabolismo urbano e da compreensão e gestão de fluxos de materiais e energia entre as áreas urbanas, periurbanas e rurais, e nas atividades e processos que promovam o fecho dos ciclos de materiais e energia e a circularidade dos territórios. Ao nível da governança e dos instrumentos de gestão e política salientam-se diversas iniciativas internacionais e nacionais, que visam o desenvolvimento de novos modelos facilitadores e de promoção da economia circular, de que são exemplos os sistemas de “compras públicas sustentáveis” e as plataformas de partilha de boas práticas de economia circular em cidades e regiões.

A lição aprendida com experiências bem-sucedidas é que a transição para a economia circular determina o envolvimento de todos os atores da sociedade e a sua capacidade de criar padrões de produção, comercialização, consumo, colaboração e troca adequados. As histórias de sucesso também apontam para a necessidade de um retorno económico sobre o investimento, a fim de proporcionar a motivação adequada para as empresas e investidores. Em resumo, a transição para a economia circular está apenas a iniciar-se (Ghisellini *et al.*, 2016) mas, se bem-sucedida, poderá consubstanciar-se num **processo multifacetado de mudança** através do qual: a i) utilização dos recursos naturais; a ii) orientação do desenvolvimento tecnológico; o iii) investimento; a iv) evolução das instituições (públicas e privadas); e v) os valores dos consumidores, se vão harmonizando com a constituição, organização e dinâmica dos sistemas naturais.

2.2 Estratégias Internacionais de Investigação e Inovação para a Economia Circular

Neste subcapítulo apresentam-se as mais recentes políticas, programas e iniciativas na área da economia circular ao nível da União Europeia e internacionalmente; adicionalmente sumariza-se a análise comparativa de documentos estratégicos na área da economia circular - Estratégias sectoriais,

Roteiros e Planos de Ação - de países europeus (Alemanha, Dinamarca, Escócia, Espanha, França, Holanda, Finlândia, Luxemburgo, Reino Unido, Suécia e Suíça), e do Canadá, China e Japão. O objetivo desta análise é compreender o estado atual (Europeu e internacional) e identificar as principais tendências e desafios de I&I para a transição para a economia circular. Em termos objetivos não há, até ao momento, agendas de I&I dedicadas exclusivamente à economia circular. Esta está incorporada em documentos de âmbito global e principalmente em Planos de Ação onde a I&I é abordada como estratégica e identificada como fundamental para a transição para uma economia circular.

Neste sentido, em dezembro de 2015, a Comissão Europeia adotou um ambicioso Pacote para a Economia Circular que inclui a revisão de propostas legislativas sobre resíduos para estimular a transição da Europa para uma economia circular com o objetivo de reforçar a competitividade, promover o crescimento económico sustentável e potenciar o emprego. O Pacote para a Economia Circular consiste no Plano de Ação Europeu para a Economia Circular que estabelece um programa de ação concreto e ambicioso, com medidas que abrangem todo o ciclo: da produção ao consumo, passando pela gestão de resíduos e mercado de matérias-primas secundárias. O Plano de Ação Europeu para a Economia Circular inclui ainda uma série de ações focalizadas nos obstáculos de mercado em setores específicos ou fluxos de materiais, como recursos minerais, plástico, resíduos alimentares, matérias-primas críticas, construção e demolição, biomassa e produtos de base biológica, bem como medidas horizontais em domínios como a inovação e o investimento. O objetivo do Plano é focar a atenção nos domínios em que a ação a nível da UE traz valor acrescentado real e pode marcar a diferença no terreno.

No PAEC 2017-2020, a I&I é referida como fundamental para a transição para a economia circular e é evidenciada através da articulação direta com esta Agenda. Considerando a necessidade de promover a I&I na economia circular no sentido de impulsionar a competitividade da indústria da UE, o Horizonte 2020 (H2020), o Programa para a Competitividade das Grandes Empresas e PME's (COSME), o programa LIFE, os fundos estruturais e de investimento, o Fundo para Investimentos Estratégicos e outros programas da UE serão instrumentos importantes de apoio para garantir o investimento.

A economia circular consubstanciou-se no H2020 numa área de foco com o objetivo de garantir a implementação das políticas europeias. Fruto da transversalidade do tema, contribuem para o alcance dos objetivos várias ações de I&I nomeadamente as Parcerias Público Privadas Fábricas do Futuro (FOF), a Indústria de Processos Sustentáveis (SPIRE) e os Edifícios Energeticamente Eficientes (EEB) que definiram roteiros setoriais até 2030. De uma forma resumida, e assentes na política da digitalização da economia, e nas prioridades para a Indústria 4.0, os vetores estratégicos relacionam-se com a produção simbiótica e a criação de redes de valor sustentáveis que considerem as necessidades produtivas numa economia circular e para os quais a monitorização e o controlo dos processos podem ajudar a otimizar o desempenho e a utilização de recursos. Do ponto de vista das cadeias de abastecimento, as iniciativas visam o aumento da eficiência energética e dos recursos através da valorização, utilização e gestão inteligente das matérias-primas primárias, alternativas e renováveis. Em termos de processo, estas iniciativas ambicionam promover o desenvolvimento de soluções mais eficientes para a indústria de processos, incluindo a simbiose industrial. Em termos de aplicações, devem desenvolver-se novos processos para produzir materiais para aplicações de mercado que aumentam a eficiência energética e de recursos a jusante e a montante na cadeia de valor. E por fim deve-se potenciar a conversão de resíduos em recursos pela redução, valorização e reutilização dos fluxos de resíduos dentro e entre setores, incluindo a reciclagem de fluxos de resíduos pós-consumo e novos modelos de negócio ecoinovadores.

A transição para a economia circular advém da necessidade de resposta a desafios globais, tais como o aumento da população mundial e o envelhecimento, as alterações climáticas, o aumento do uso de energia e de recursos naturais, a instabilidade económica e a urbanização.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS) adotados em 2015 apresentam 150 objetivos ambiciosos que norteiam uma mudança sistémica, que exige o envolvimento de todos. A transição para a economia circular contribui para muitos destes objetivos, sobretudo o ODS 12 — Produção e Consumo Responsável. Segundo o PAEC 2017-2020, a promoção da regeneração de capital natural, o impacto no ambiente construído, na redução de emissões, na redução de plástico e os efeitos económicos, de inovação e emprego produzem também efeitos noutros ODS.

Vários países têm vindo a desenvolver as suas visões, objetivos, metas e prioridades, para a transição para a economia circular. A Holanda, a Alemanha, a Suécia, a Dinamarca, a Espanha, a Escócia, o Reino Unido e a China **identificaram áreas de enfoque e/ou necessidades de I&I** que se centram fundamentalmente nas seguintes temáticas:

- i) **novos modelos de negócio**, com maior ênfase na função e prestação dos serviços em vez de posse dos produtos *per se*;
- ii) comportamento dos **consumidores** e estilo de vida – otimização de serviços no contexto do consumo (e.g. através das Tecnologias da Informação e Comunicação - TICs); assegurar que a escolha fácil para os consumidores é a escolha mais sustentável;
- iii) tecnologias **digitais** (e.g. aplicações móveis, analíticas, *cloud computing*, internet das coisas - IoT), como apoio de base para melhorar a eficiência e produtividade dos novos modelos de negócio (circulares). As iniciativas de I&I são fundamentais para desenvolver essas tecnologias ou melhorar as tecnologias existentes;
- iv) **ecoinovação** e tecnologias **limpas** (incluindo robótica e automação) para aumentar a eficiência de utilização de matérias-primas e energia; as tecnologias limpas como o impulsionador tecnológico da EC;
- v) **design** inovador de produtos, serviços e processos industriais, para o uso sustentável de matérias-primas e recursos, promovendo o aumento do tempo de vida útil dos produtos, a sua reutilização, reparação, e remanufatura e a reciclagem de materiais e componentes; conceber serviços que apoiem o aumento do tempo de vida dos produtos, a sua partilha e a obtenção de resultados ou desempenho de forma desmaterializada; desenhar processos inovadores que promovam simbioses industriais e processos em cascata;
- vi) **cadeias de valor** sustentáveis - transição para **novos modelos de produção** que reduzam a pressão na utilização de recursos e matérias-primas e que conduzam a processos industriais menos contaminantes, além de promover o importante desenvolvimento tecnológico e não-tecnológico existente;
- vii) **consumo sustentável**, com o foco no uso mais eficiente dos bens (bens que duram mais tempo e diminuição da produção de resíduos, essencialmente alimentos, têxteis, produtos eletrónicos e materiais de construção e demolição) e em formas mais inteligentes de consumo (e.g. economia partilhada, rotulagem ecológica)
- viii) **simbioses** urbanas, industriais e **metabolismo** regional - otimização e eficiência do desenvolvimento territorial para maximizar a eficiência e eficácia da estrutura espacial da região. Inclui identificação dos 'hotspots' regionais e projetos-pilotos para testar diferentes abordagens logísticas da economia circular.

Neste contexto, existem **desafios** para a implementação da economia circular, principalmente ao nível da I&I, e também ao nível do enquadramento legal e governança. Como barreiras mais relevantes são destacadas: i) as lacunas de conhecimento nas diversas disciplinas académicas orientadas para um modelo circular de funcionamento da economia - necessidade da abordagem sistémica do processo da transição para economia circular; ii) a falta de demonstradores para projetos piloto em economia circular (e.g. logística circular); iii) trabalho e qualificação - a escassez de dados concretos sobre o impacto do desenvolvimento da economia circular nos empregos em várias áreas da cadeia de valor; iv) escala e interação - falta de disseminação e de transposição das práticas de economia circular regionais a uma maior escala; v) a estruturação rígida e por vezes ambígua da legislação e regulação existentes (e.g. lacunas entre as políticas que "parecem circulares" e as políticas que incentivam a inovação circular sem a restringir).

Com base nesta análise comparativa salientam-se os seguintes **fatores críticos** para fomentar a I&I na transição para EC: **a. Redes e Clusters de Colaboração** - multi-atores e trans-setorial: redes e agendas para desenvolver e transferir conhecimento; colaborações entre academia, sector público, indústria e pequenas e médias empresas (PME); promoção de clusters de inovação; cooperação internacional. **b. Investigação interdisciplinar**, política de **Acesso Aberto** a dados e a **Infraestruturas**: promoção de projetos de I&I interdisciplinares, incluindo projetos-piloto para testar abordagens circulares (e.g. inovação tecnológica, reutilização de componentes e de materiais); facilitação do acesso a dados e a infraestruturas, com o intuito de potenciar a I&I na área da economia circular. **c. Educação e capacitação para a Circularidade**: promoção da inclusão da economia circular nos currículos escolares, refletindo particularmente a integração nas ciências económicas; a educação para a adoção de comportamentos relativos ao consumo responsável; capacitação em novas competências relacionadas com a circularidade. **d. Políticas públicas e legislação**: incentivos à I&I nesta área (e.g. financiamento e legislação facilitadora para implementação de projetos de demonstração e pilotos).

2.3 A Investigação e Inovação em Portugal na área da Economia Circular nos últimos 15 anos

(a desenvolver)

2.4 Diagnóstico da área em Portugal

Em Portugal a investigação dedicada ao *design* e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços tem-se focalizado na **incorporação de resíduos** em processos fabris (e.g., projeto RES2ARGILA, projeto IDEIA), na produção de biocombustíveis e bioprodutos a partir de resíduos biológicos (e.g., projeto SMIBIO), no desenvolvimento de metodologias, ferramentas e projetos de implementação de **design circular** (e.g., projeto KATCH_e¹², projeto DEGREN¹³), tecnologias de produção e produtos inovadores para a **construção sustentável e circular** (e.g., projeto INOVWALL), no desenvolvimento de soluções integradas para a construção circular (e.g., projeto BAMB¹⁴), em metodologias de **avaliação do**

¹² <http://www.katche.eu/pt/>

¹³ http://www.degren.eu/?page_id=1687&lang=pt

¹⁴ <http://www.bamb2020.eu/>

ciclo de vida e avaliação da sustentabilidade (e.g., projeto SABIOS) e no desenvolvimento de **indicadores** para a economia verde (e.g., projeto NETGREEN¹⁵).

Ao nível da gestão sustentável dos ciclos de recursos, a I&I em Portugal tem-se baseado no desenvolvimento de metodologias de **caracterização de fluxos de materiais**, energia, água (e.g., projeto ResiSt, projeto MeSUR); em estudos sobre o **uso de recursos endógenos**, tais como produtos naturais localmente disponíveis, usados diretamente como matéria-prima, ou obtidos a partir de subprodutos (água, energia ou materiais) de outras atividades produtivas (e.g., projeto Ecotrain); estudos sobre os **recursos minerais** em Portugal e na Europa incluindo novas técnicas de prospeção e processamento (e.g., projeto FAME¹⁶, projeto Real-Time-Mining¹⁷, projeto MINATURA 2020¹⁸) na caracterização de **simbioses industriais** e avaliação do potencial de novas simbioses suportada por análise de casos internacionais (e.g., projeto MeSUR, projeto SCALER¹⁹); em estudos sobre as melhores tecnologias de tratamento e gestão de resíduos, viabilidade e potencial, incluindo tecnologias de recuperação de nutrientes (por exemplo, azoto e fósforo) e outros elementos (e.g., projeto ValueFromUrine²⁰, projeto INCOVER²¹, projeto SMART-Plant²²); na caracterização dos resíduos urbanos e industriais (incluindo os mineiros e os resíduos de construção e demolição) e desenvolvimento de processos de gestão e valorização dos mesmos (e.g., projeto SUPREMA); no desenvolvimento de processos de reutilização e reciclagem de materiais em fim de vida (e.g., projeto Electrovalue²³); no desenvolvimento de novos produtos e materiais de valor acrescentado a partir de subprodutos e materiais residuais (e.g., projeto Oil PRODIESEL²⁴); em estudos de reciclagem e recuperação de nutrientes e matéria orgânica para o sector agroflorestal, a partir de resíduos orgânicos, incluindo estrumes e chorumes da produção pecuária (e.g., projeto HIGH-AD).

A aplicação do paradigma da economia circular implica novas formas de governança e gestão de território²⁵ para eliminar barreiras e nivelar oportunidades, identificando-se alguns temas e iniciativas que têm sido desenvolvidas nesse sentido, tais como: a **fiscalidade**- argumenta-se que a remanufatura, reutilização e reparação são mais intensivas em trabalho, pelo que a desoneração do rendimento de trabalho pode ser relevante. Um outro aspeto a considerar são os incentivos fiscais como medida de apoio a boas práticas (e.g., o SIFIDE é um caso emblemático e já com alguns anos de maturidade embora, ao contrário de noutros países, em Portugal o incentivo é apenas aplicado à coleta fiscal, o que limita o apoio a entidades com capacidade de inovação mas sem geração de coleta significativa; os **instrumentos económicos e de mercado**, de que são exemplo o “*Fundo Ambiental*”, ou a Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas para 2020; os **instrumentos de atuação voluntária**, incluindo a **normalização** de materiais, tecnologias, aplicações e procedimentos (e.g., agricultura biológica, certificação ambiental de organizações e produtos, entre outros); a **simplificação de processos e procedimentos administrativos do Estado**, que contribui para a modernização,

¹⁵ <http://netgreen-project.eu/>

¹⁶ <http://fame-project.eu/>

¹⁷ <http://www.realttime-mining.eu/>

¹⁸ <http://minatura2020.eu>

¹⁹ <http://www.scalerproject.eu/>

²⁰ <http://www.valuefromurine.eu/>

²¹ <http://incover-project.eu/>

²² <http://smart-plant.eu/>

²³ http://www.c3p.org/ELECTROVALUE_PT.htm

²⁴ http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2828

²⁵ DGT – Direção Geral do Território, 2015 - Estratégia Cidades Sustentáveis 2020.

Paulo, F. e Fernández, J.E., 2013 - Sustainable Urban Metabolism, MIT Press.

Stephen, J.C. e Duany, A., 2011 - Sustainable and Resilient Communities: A Comprehensive Action Plan for Towns, Cities, and Regions, John Wiley and Sons.

desburocratização, desmaterialização e descarbonização da economia (e.g., Licenciamento Único Ambiental); a **adoção de instrumentos legais e de regulação** onde se incluem, por exemplo, o “*Mercado Organizado de Resíduos*”; o “*Programa de Eficiência Energética na Administração Pública ‘Eco.AP’*”; a **criação de plataformas de partilha de informação e boas práticas** que promovem a economia circular (e.g., “*Portal Eco.nomia*” ou a “*Circular Economy Portugal*”; a **recuperação e reconversão de espaços rurais abandonados em ativos económicos** - incentivando a reutilização de territórios, promovendo os recursos, produtos e o turismo e por conseguinte a economia local (e.g., “*Bolsa Nacional de Terras*”); os **critérios de delimitação de condicionantes de uso do território** - para salvaguarda de recursos, aplicadas e regulamentadas em instrumentos de gestão territorial (ex.: Rede Ecológica Nacional (REN), a Rede Agrícola Nacional (RAN), Rede Natura 2000); a **consideração do metabolismo urbano nos processos de decisão**, realçando a importância das cidades nos fluxos de materiais e de energia nos territórios, incluindo a sua análise espacial e a respetiva interação com os modelos territoriais e de governança e com as vulnerabilidades e a resiliência dos sistemas naturais e antropogénicos às alterações climáticas e a medidas de mitigação e adaptação (e.g., projeto FORCE²⁶).

Existe um elevado número de potencialidades de desenvolvimento de novos modelos de negócio, cujo sucesso requer não só tecnologia, mas alteração de comportamentos no setor produtivo (por exemplo, no desenvolvimento de simbioses industriais, na reconfiguração dos sistemas de segredo industrial), no sector de consumo (diminuição do foco na propriedade em favor do serviço, da moda e do último modelo em favor de produtos mais duráveis, por exemplo), e na sociedade como um todo. Com a exceção de algumas experiências no que à mobilidade e ensino diz respeito, as iniciativas ao nível dos modelos de negócio são muito incipientes. Apenas a título de exemplo: as experiências de partilha de equipamento ou produtos são ainda marginais e muitas vezes locais no seu âmbito; assim como o são as experiências de partilha de tempo. Contudo, é de destacar a mobilização que organizações governamentais, empresarias, profissionais, sociais, e entidades individuais têm desencadeado na sociedade portuguesa. Especial destaque merece a ação conjunta do Ministério do Ambiente e da Economia, no sentido de identificar, caracterizar e fomentar exemplos de novos modelos de negócio, consumo e comportamento de que o site ECO.NOMIA²⁷ é apenas um exemplo. Igualmente importante é o desenvolvimento de inúmeros grupos de trabalho e de reflexão que associações profissionais e sociais criaram no âmbito da economia circular. A estas iniciativas juntam-se as de empresas e cidadãos particulares. Dado o dinamismo da sociedade civil e a cada vez maior responsabilização dos comportamentos individuais, perspetiva-se uma implementação gradual do paradigma. Contudo, não pode deixar de se sublinhar a natureza ainda experimental da maioria das inovações em termos de modelos de negócio, consumo e comportamento.

Conclui-se assim, que existe um conjunto forte de temas e iniciativas que têm sido desenvolvidos e que poderão ter um impacto significativo na dinâmica da I&I na área de economia circular, tal como identificado nas questões chave de I&I, exploradas nos Capítulos 4 e 5.

²⁶ <http://www.ce-force.eu/>

²⁷ <http://eco.nomia.pt/>

Capítulo 3 – As Políticas Públicas e a investigação e inovação na área da Economia Circular

O sector público tem um papel preponderante na adoção de políticas de implementação de uma economia mais circular nos diferentes setores. A administração pública é frequentemente pioneira na concretização de diretrizes nacionais e europeias, tendo de cruzar as necessidades e realidades do país com as ambições e obrigações políticas nacionais e internacionais. Assim, no âmbito dos trabalhos desta Agenda foi lançada uma consulta à administração pública cujo principal objetivo era inferir a relevância da I&I em economia circular na implementação de políticas públicas.

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos vários planos, estratégias e programas para o desenvolvimento de diversas áreas onde a I&I em economia circular terá de estar, incontornavelmente, presente. De entre os diferentes documentos estratégicos produzidos realça-se o **Plano de Ação para a Economia Circular 2017-2020 - PAEC**²⁸ () (RCM 190-A/2017), lançado em dezembro de 2017. Trata-se de um documento estratégico que identifica um conjunto das ações e instrumentos a serem introduzidas e trabalhadas ao nível nacional, num primeiro período, até 2020 para operacionalizar a transição para uma economia circular.

“E se conseguíssemos preservar os recursos que já estão em uso na economia, mantendo-os no seu valor económico mais elevado, por mais tempo? Não seria necessário extrair e adquirir tantas matérias-primas, reduziríamos desperdício e outros impactos ambientais como emissões de GEE. Passaríamos a dispor de capital para inovar, em modelos de negócio, produtos e serviços, e criaríamos mais emprego.

Este é o racional da economia circular: um modelo de abundância, que contrasta com a escassez a que conduz a economia linear. Precisamos de ser mais eficientes e produtivos: fazer “mais com menos” e subir em valor. Mas o “menos” pode ser partilhado, ser concebido para “voltar a casa” e ser reparado e reutilizado, ser remanufaturado e, no final, reciclado.”

in “Liderar a Transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal 2017-2020”

O **PAEC 2017-2020** foi lançado pelo Ministério do Ambiente e resultou de uma colaboração interministerial com representantes dos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, do Ministério da Economia, e do Ministério da Agricultura, Floresta e Desenvolvimento Rural. O PAEC assume três níveis de operação: 1) Macro - o nível nacional, com instrumentos políticos dedicados (i.e., fiscalidade verde, acordos voluntários, I&I, etc.); 2) Meso - o nível sectorial, sobretudo para setores mais intensivos no uso de recursos e de cariz exportador e 3) Micro - regional (i.e., simbiose industrial, cidades circulares, empresas circulares, etc.).

Neste contexto, foram definidas sete ações macro que consolidam iniciativas em curso pelo Governo (i.e., combate ao desperdício alimentar, política climática, etc.), mas que também introduzem iniciativas complementares (i.e., tornar mais expeditas as metodologias de classificação de subprodutos, reduzir o consumo primário de plástico descartável de origem fóssil). Uma das sete ações é a I&I em economia circular, concretizada essencialmente através desta Agenda.

Acelerar a transição para a economia circular não se esgota no PAEC, outros instrumentos políticos centrados em áreas como a neutralidade carbónica, o ordenamento do território, a economia azul, a digitalização industrial, a educação ambiental, a digitalização administrativa (**SIMPLEX**), as compras

²⁸ <https://dre.pt/application/file/a/114336872>

públicas ecológicas ou a regeneração urbana também revertem positivamente para esta plataforma contribuindo para a **abordagem sistémica inerente à transição para a economia circular**. Assim, neste capítulo, serão salientados alguns documentos estratégicos de relevância para fomentar a I&I no apoio às políticas públicas na transição para a economia circular em Portugal.

Ao **nível regional** estão a ser desenvolvidas diferentes iniciativas, estratégias e agendas no sentido de promover a economia circular e assim alinhar com as iniciativas ao nível nacional e internacional. Por exemplo, o projeto ALENTEJO CIRCULAR²⁹ tem como objetivo central sensibilizar e mobilizar os agentes económicos do Alentejo nas fileiras do azeite, vinho e suinicultura para a adoção do modelo da economia circular, visando promover a criação de valor nas explorações agrícolas e agroindustriais. Na região de Lisboa e Vale do Tejo, no âmbito da plataforma RICA³⁰, é claramente identificado que a transição para uma economia circular implica uma transformação profunda dos mecanismos que regem, hoje, a nossa economia e onde a I&I é identificada como fundamental. As restantes regiões Portuguesas estão, neste momento, muito empenhadas e a desenvolver as suas agendas e iniciativas no sentido de identificar os setores, as ações e os projetos que irão alicerçar essa transição.

Em termos globais e ao nível nacional as **alterações climáticas** são uma realidade e uma prioridade, face aos seus impactos futuros sobre a sociedade, economia e recursos naturais. Estudos científicos e instituições internacionais demonstram as mudanças no sistema climático global indicando que Portugal se encontra entre os países europeus com maior vulnerabilidade aos impactos das alterações climáticas (APA³¹, 2018).

A economia circular é apontada pela Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) como um tema integrante da política climática, na medida em que cerca de 67% das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) estão relacionadas com a gestão de materiais. Assim, as medidas estabelecidas por políticas e estratégias nacionais concebidas para fazer face às alterações climáticas serão baseadas nos pilares da economia circular. Neste contexto, a transição para a economia circular pode impulsionar novas oportunidades para as ambições do Acordo de Paris (Figura 1):

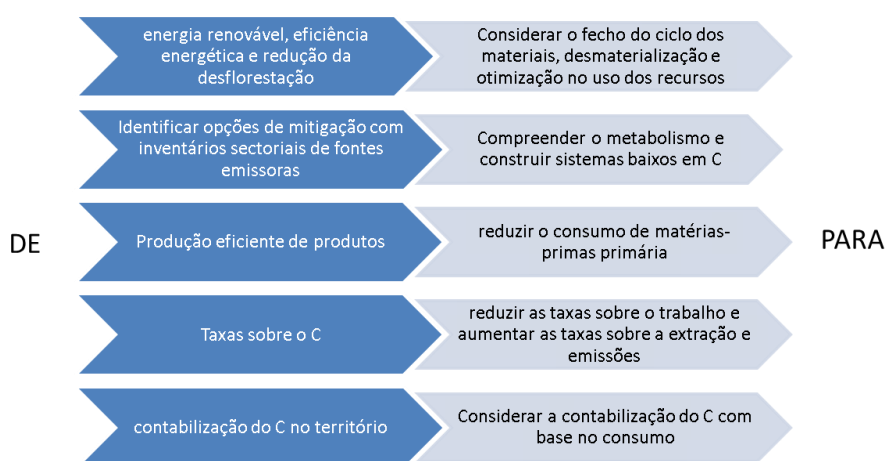


Figura 1: Esquema ilustrativo sobre o potencial da economia circular na política climática (adaptado de Friedl, 2018³²).

²⁹ <http://alentejocircular.uevora.pt/>

³⁰ <http://www.cedr-lvt.pt/pt/a-economia-circular-como-fator-de-resiliencia-e-competitividade-na-regiao-de-lisboa-e-vale-do-tejo/9732.htm>

³¹ <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81>

³² https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/low_carbon_-_friedl.pdf

Em Portugal o **Quadro Estratégico para a Política Climática - QEPiC**³³ (RCM 56/2015), estabelece a visão e os objetivos da política climática nacional até 2030, reforçando a aposta no desenvolvimento de uma economia competitiva, resiliente e de baixo carbono. Para além de outros instrumentos, o QEPiC contempla o **Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030)** e a segunda fase da **Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas (ENAC 2020)**, que concretizam as orientações nacionais em matéria de políticas de mitigação e de adaptação às alterações climáticas. Ao nível das regiões autónomas as alterações climáticas são igualmente consideradas como um dos principais desafios para o desenvolvimento. Neste sentido, as alterações climáticas são abordadas em estratégias tais como o Programa Regional para as Alterações Climáticas (PRAC³⁴), da Região Autónoma dos Açores, focado tanto na mitigação, como na adaptação, e a Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da Região Autónoma da Madeira – Estratégia CLIMA-Madeira³⁵, lançada pelo Governo Regional da Madeira. Ambas as iniciativas vão ao encontro das orientações europeias e da estratégia nacional, mas enquadrados no que são as especificidades e necessidades destes territórios.

O **PNAC** centra -se na vertente de mitigação da política climática e engloba todos os setores da economia nacional. Identifica objetivos de política climática alinhados com o potencial custo eficácia de redução de emissões para assegurar a manutenção do país numa trajetória de baixo carbono. Este propósito é assegurado recorrendo à promoção de novas tecnologias e à adoção de boas práticas; à eficiência energética e ao fomento de fontes de energia renovável, promovendo simultaneamente a redução da dependência energética e o reequilíbrio da balança comercial; à **promoção da eficiência no uso de recursos e da economia circular**; ao **envolvimento dos diversos setores e da sociedade** e **dinamizando a alteração de comportamentos**.

Complementarmente, as políticas de adaptação às alterações climáticas devem promover a resiliência do território e da economia, reduzindo as vulnerabilidades aos efeitos das alterações climáticas e tirando partido das oportunidades geradas. **O QEPiC identifica a ciência e o conhecimento sobre alterações climáticas a nível nacional, o estímulo à investigação e o desenvolvimento de tecnologias, práticas, produtos e serviços de baixo carbono que contribuam para a mitigação e adaptação às alterações climáticas, promovendo sobretudo a ecoinovação, como vetores fundamentais para uma economia de baixo C e uma sociedade resiliente e eficiente em recursos.**

Mais recentemente, em outubro de 2017 o Ministério do Ambiente lançou o **Roteiro para a Neutralidade Carbónica (RNC2050)**³⁶ cujo principal objetivo é traçar metas para que se consiga alcançar a neutralidade carbónica (e.g., balanço nulo entre os GEE que emitimos e aqueles que são removidos ou capturados da atmosfera) da economia Portuguesa em 2050. **A economia circular aparece no RNC2050 como um dos três pilares transversais para atingir esta meta pois um modelo económico organizado sob a perspetiva da economia circular impacta, (in)diretamente, na descarbonização da economia.** A alteração dos comportamentos individuais e coletivos são fundamentais no caminho para a neutralidade carbónica e é por isso que o RNC2050 vai apostar na comunicação e sensibilização, no envolvimento dos cidadãos.

Para que as políticas de alterações climáticas atinjam os objetivos estabelecidos em termos de redução de emissões de GEE e impulsionem a implementação de soluções de adaptação, **é fundamental atuar**

³³ <https://dre.pt/home/-/dre/69905665/details/maximized?serie=I&dreId=69905655>

³⁴ <http://www.azores.gov.pt/Gra/srrn-ambiente/menus/secundario/PRAC/>

³⁵ <http://clima-madeira.pt/pt/estrategia-adaptacao>

³⁶ <https://descarbonizar2050.pt/>

com o melhor conhecimento técnico-científico para impulsionar a adoção de soluções que promovam a circularidade.

Neste contexto, o desperdício alimentar, problema mundial que se tornou uma prioridade pública e política nos últimos anos, e a sua prevenção e redução, é parte integrante do PAEC. Em Portugal, **Estratégia Nacional e Plano de Ação de Combate ao Desperdício Alimentar - ENCDA**³⁷, lançada em 2017, pretende atingir '*o desperdício alimentar zero: produção sustentável para um consumo responsável*'. Para atingir esta visão, a estratégia possui três objetivos estratégicos (prevenção, redução e monitorização) e nove objetivos operacionais. Trata-se de uma abordagem integrada e que promove a circularidade uma vez que a perda ou desperdício alimentar ocorre em toda a cadeia de abastecimento alimentar, desde a produção, pós-produção, armazenagem, transformação e distribuição, até consumo (lojas, restaurantes e nos domicílios).

A **ENCDA justifica as necessidades de I&I em economia circular** uma vez que confere particular relevância ao conceito de eficiência na utilização dos recursos (produção sustentável) e consumo responsável. De facto, a ineficiência na gestão dos géneros alimentícios tem importantes consequências para o desperdício de recursos naturais utilizados para o cultivo, processamento, embalagem, transporte e comercialização.

Para reduzir e monitorizar a perda ou desperdício alimentar, a **ENCDA salienta a importância da inovação**, incentivando as empresas, designadamente a indústria (alimentar, embalagens e outras) a adotar processos inovadores, através de interface com as entidades de I&DT, e onde a disseminação de boas práticas pode assegurar um efeito replicador e catalisador na inovação e na utilização das tecnologias de informação.

A **Estratégia Nacional para o Mar 2013-2020**³⁸ (ENM2013-2020), que apresenta os domínios de intervenção e o plano de ação para responder aos desafios colocados a Portugal no âmbito da economia do mar, refere a **biotecnologia marinha** como uma área promissora no contexto da economia circular, nomeadamente, pela sua contribuição para a **ecoinovação de produtos alimentares**, para a **valorização de subprodutos** e para o **desenvolvimento de processos produtivos** mais sustentáveis.

A **Educação Ambiental (EA)** é identificada como um tema transversal para **Agenda de I&I para a economia circular**. A EA visa sensibilizar os cidadãos, as empresas e as entidades públicas e privadas para a necessidade de maior eficiência da utilização de recursos, de práticas mais amigas do ambiente e mais centradas nas especificidades dos territórios. Neste sentido, a adoção de uma **Estratégia Nacional de Educação Ambiental (ENEA)**³⁹, para o período 2017-2020, constitui um desafio de grande importância na constituição de uma nova literacia ambiental: a aquisição dos conhecimentos, competências, valores e atitudes, com desígnio de sustentabilidade, que permitam uma cidadania ativa, consciente e ambientalmente culta.

A política de resíduos desempenha um papel central na transição para uma economia circular. Em Portugal, as orientações estratégicas para a gestão de resíduos foram consagradas em vários planos específicos, nomeadamente o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU), o Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares (PERH) e o Plano Estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI). O

³⁷ <http://www.gpp.pt/images/MaisGPP/Iniciativas/CNCDA/ENCDA.pdf>

³⁸ <https://www.dgpm.mm.gov.pt/enm>

³⁹ http://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2017/ENEA/AF_Relatorio_ENEA2020.pdf

Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR 2014-2020) surge duma necessidade para agregar estes planos específicos e criar uma estratégia integrada e abrangente que garanta a eficácia de uma política nacional de resíduos, numa ótica de proteção do ambiente e desenvolvimento do país. Refira-se que esta estratégia é em alguns casos objeto de transposição tendo em conta especificidades territoriais concretas, através de instrumentos de âmbito regional (nomeadamente nas regiões autónomas).

A mudança preconizada pelo PNGR é a gestão de resíduos como uma forma de dar continuidade ao ciclo de vida dos materiais, constituindo um passo essencial para devolver materiais e energia úteis à economia. Neste contexto, a visão subjacente ao PNGR é: ‘Promover a prevenção e gestão de resíduos integrados no ciclo de vida dos produtos, centradas numa economia tendencialmente circular e que garantam uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais.’

Neste sentido, a política de resíduos no período 2014-2020 em Portugal deve estar assente em dois objetivos estratégicos: i) promover a eficiência da utilização de recursos naturais na economia, e ii) prevenir ou reduzir os impactos adversos decorrentes da produção e gestão de resíduos; sendo que o primeiro objetivo está diretamente associado à necessidade de I&I em economia circular. Nesta estratégia assume especial destaque a promoção do fecho dos ciclos de materiais direcionando os resíduos e perdas de energia para novas aplicações produtivas evitando o consumo de novas matérias-primas e reduzindo a pressão sobre o ambiente. Um exemplo paradigmático de aproveitamento cíclico são redes de simbioses industriais, que envolvem a transação de materiais (resíduos), energia, água e/ou subprodutos. A gestão de resíduos, valorização e aproveitamento de águas residuais (águas cinzentas e águas pluviais) são áreas indicadas por diversas entidades públicas como prioritárias e com maior necessidade de I&I.

Esta Agenda de I&I para a economia circular refere a falta de crescimento de compras públicas ecológicas como um dos fatores críticos para o desenvolvimento futuro de novos modelos de negócio, comportamento e consumo. Como tal, a **Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas 2020 (ENCPÉ⁴⁰)** assume um papel de relevo na implementação da economia circular, no sentido em que pretende promover a eficiência na utilização de recursos e a minimização de impactos ambientais em projetos de execução de obras públicas. Seguindo uma perspetiva da redução da pegada ecológica, algumas entidades públicas indicaram a diferenciação positiva na contratação (e.g. contratação pública verde); salientaram também o interesse no desenvolvimento de I&I com vista à implementação de políticas de redução efetiva do consumo de matérias-primas e outros recursos e de partilha, reutilização, reciclagem, com intuito do aumento do tempo de vida útil dos produtos.

Em termos de território, atualmente, as preocupações com o desenvolvimento sustentável, a evolução demográfica, a valorização de recursos e a transição para uma economia circular afetam os diferentes sectores, assim como as diversas regiões do país. O **Programa Nacional de Coesão Territorial⁴¹** pretende, através de uma série de mais de cento e sessenta medidas e uma Agenda para o Interior, fomentar a competitividade, a conexão, a coesão, a sustentabilidade e as colaborações no Interior. A Agenda para o Interior refere a valorização ativa e coerente dos recursos naturais, enquanto pilar estratégico para desenvolvimento sustentável do território, pretendendo fomentar dinâmicas em rede, a cultura colaborativa, as energias renováveis e a economia circular, num envolvimento permanente com as populações. Este Programa pretende promover os territórios do interior como modelo de boas

⁴⁰ http://www.impic.pt/impic/assets/misc/pdf/RCM_38_2016_ENCP.pdf

⁴¹ <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/governo/programa-programa-nacional-para-a-coesao-territorial/-ficheiros-coesao-territorial/programa-nacional-para-a-coesao-territorial-pdf.aspx>

práticas ambientais e de desenvolvimento sustentável e para tal foi indicada a necessidade de I&I que promova sinergias entre diferentes indústrias (simbioses industriais) e a promoção de circuitos curtos de produção e consumo, conceção ecológica, economia colaborativa e de partilha.

O **Programa de Revitalização do Pinhal Interior (PRPI⁴²)**, que será implementado entre 2018 e 2022, nos sete municípios da região Centro (Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela e Sertão) afetados pelos incêndios, tem como principal objetivo a transformação estrutural destes territórios ao nível da floresta. É neste contexto, que no âmbito da promoção de políticas e práticas sustentáveis, surge o projeto-piloto **ECO.BIO: Aceleração de soluções em economia circular e bioeconomia no Pinhal Interior (2018-2022)**, com o qual se pretende traçar um plano de desenvolvimento e facilitar o investimento resultante de oportunidades identificadas a partir do perfil económico, ambiental e social da região, baseado numa análise de fluxo de materiais e energia, tendo por base os princípios da produção regenerativa, da abordagem em cascata, da circularidade e da diversidade. Este projeto assenta na I&I para a promoção e aceleração de soluções numa bioeconomia circular, através da exploração de oportunidades de valorização do património florestal e da promoção da circularidade de fluxos.

Outro Programa de políticas públicas com grande relevância na transição para a economia circular é o **Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT⁴³)**. A visão e as opções estratégicas descritas neste Programa para o ordenamento e desenvolvimento do território nacional materializam-se num modelo territorial coerente assente em três grandes pilares: sistema de prevenção e gestão de riscos; sistemas de conservação e gestão sustentável dos recursos naturais e dos espaços agroflorestais; e sistemas urbanos e de acessibilidades. O desenvolvimento de I&I nestas temáticas será fundamental para o sucesso da implementação do PNPOT.

A gestão de resíduos e de águas residuais é uma área indicada por diversas entidades públicas como prioritária, nos últimos anos e futuramente, para a I&I que conduzam à implementação de políticas para um território mais circular. Foi referido também o desenvolvimento de estudos sobre o uso sustentável do solo sobre padrões, dinâmicas e tendências do estado biofísico dos solos e de ocupação, transformação e artificialização do solo, e investigação sobre ações de regeneração e revitalização e soluções baseadas na natureza em áreas urbanas. Foi destacada ainda a mais-valia do desenvolvimento de plataformas de gestão de informação e acompanhamento de políticas públicas no domínio da governança e território para uma economia circular. Ainda referente ao ordenamento do território foi apontado como crítico o desenvolvimento futuro de I&I na área da análise de fluxos e metabolismo urbano.

Ao nível industrial, com o objetivo de promover o desenvolvimento da indústria, o Governo lançou em 2017 a **iniciativa Portugal 4.0⁴⁴**, inserida na Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia, a qual contempla um plano de medidas de valorização, promoção e investimento na digitalização, que permitirão às empresas nacionais passar a dispor de tecnologias inovadoras e a estar melhor adaptadas aos desafios dos mercados. As tecnologias inovadoras e os novos modelos de negócio são centrais na aceleração da desmaterialização de processos, sistemas produto-serviço e plataformas colaborativas/partilha. Neste sentido, a Agenda de I&I para a Indústria e Manufatura desempenhará um papel crucial na identificação das necessidades de I&I ao nível dos processos, novas tecnologias, etc.,

⁴² <https://www.portugal.gov.pt/media/32289338/programa-de-revitalizacao-do-pinhhal-interior-iipptx.pdf>

⁴³ <http://pnpot.dgterritorio.pt/node/10>

⁴⁴ <https://www.industria4-0.cotec.pt/>

que assentes na digitalização promoverão o uso eficiente de recursos, a desmaterialização e a economia circular.

O **Plano Nacional para a Promoção das Biorrefinarias – PNPB**⁴⁵ (RCM 163/2017), elaborado pelo LNEG em 2017, por solicitação do Ministério da Economia, visa reforçar a posição de Portugal relativamente à valorização das energias renováveis, nomeadamente através da utilização sustentável em cascata de diferentes tipos de biomassa endógena, tendo em vista uma utilização mais racional dos recursos renováveis para diversos setores económicos (e.g., agricultura, floresta, alimentação, têxteis, bioplásticos, etc.) e também a sua utilização para energia.

A articulação entre as necessidades de I&I elencadas por diversos setores da administração pública como fundamentais para a implementação de políticas de promoção da circularidade e os documentos analisados demonstram que atualmente existe um reforço do interesse estratégico nacional na transição para economia circular.

⁴⁵ <https://dre.pt/application/file/a/114133785>

PARTE II

A Economia Circular e as diferentes áreas de Investigação e Inovação

Capítulo 4 – Subáreas e prioridades de investigação

A economia circular, levando em consideração o ciclo de vida completo do produto, oferece um modelo alternativo que promove a reutilização, reparação, renovação e reciclagem, recuperação de matérias-primas raras e transformação dos resíduos em recursos. Estes princípios, essencialmente interdisciplinares, vão desde as emissões até às energias renováveis, da reciclagem ao desperdício de alimentos, dos mercados de matérias secundárias à criação de novos empregos e ao aumento da competitividade.

Neste capítulo apresentam-se as quatro subáreas de I&I, identificadas como fundamentais para atingir a visão para o economia circular em Portugal até 2030:

- **design e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços** - visa promover modelos de produção e consumo mais sustentáveis com base numa perspetiva de ciclo de vida, incluindo o fecho dos ciclos biológico e tecnológico de materiais, a extensão do tempo de vida dos produtos e o desenvolvimento de novos fluxos, materiais, processos e serviços mais eficientes e com baixas pegadas ecológicas e a implementação de uma economia de partilha e de desempenho;
- **gestão sustentável dos ciclos de recursos** - seguindo a lógica da cadeia dos recursos, abordando, a montante, a gestão dos recursos naturais, no intermédio a organização dos sistemas para responderem aos desafios da economia circular (e.g., logística reversa, simbioses industriais) e a jusante a gestão e valorização dos resíduos e águas residuais e a utilização de energia em cascata, contribuindo para o fecho dos ciclos. Numa lógica de internalização dos efeitos ambientais, em toda a cadeia são considerados os ciclos biogénicos e antropogénicos;
- **governança e território** envolvendo conceitos relacionados com novos modelos de governança, novos instrumentos de política e de gestão territorial e melhoria do conhecimento do território como suporte à economia promovendo a sua circularidade, incluindo investigação conceptual, metodológica e aplicada, que preencha lacunas de conhecimento e analise as vantagens e desvantagens para o ambiente e para o sistema socioeconómico;
- **novos modelos de negócio, comportamento e consumo**, centrada no desenvolvimento de conceitos e metodologias de implementação do paradigma da economia circular ao nível micro, analisando: as vantagens e desvantagens para o ambiente, a sociedade e a economia; os mecanismos de inovação tecnológica, organizacional e social; assim como, os padrões, comportamentos e práticas de consumo subjacentes ao desenvolvimento e sucesso da economia circular.

4.1 *Design* e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços

4.1.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O *design* de novos produtos, processos e serviços para a economia circular tem como objetivo substituir o conceito de fim de vida pelo (i) abrandamento, (ii) fecho e (iii) estreitamento dos ciclos de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo. Isto traduz-se nas seguintes estratégias:

- *Design* de produtos mais duráveis e passíveis de reparação, reutilização e remanufactura, e design de serviços orientados para uma economia de partilha e de desempenho; isto é, aumento da durabilidade e intensidade do uso dos produtos;
- *Design* para a reciclagem (favorecendo o “upcycling”) e design de processos de simbiose industrial; e
- *Design* de produtos, processos e serviços mais ecoeficientes.

Um dos primeiros desafios será precisamente a identificação das estratégias (e das suas combinações) que apresentam maior potencial de circularidade e melhor desempenho de sustentabilidade (ambiental, social e económica) ao longo do ciclo de vida, cruzando-as com cadeias de valor chave para o país e assegurando que se produzem produtos e materiais que são verdadeiros substitutos (do ponto de vista de qualidade, preço e mercados alvo) às alternativas de produção primária. A implementação das estratégias, ou do conjunto de estratégias mais favoráveis, terá de ser suportada por modelos de negócio adequados e pela intensa colaboração entre empresas e outras organizações.

Este trabalho de investigação ainda não está feito, embora tenham já sido identificadas algumas cadeias de valor chave no PAEC 2017-2020: construção e produtos de construção, calçado, mobiliário, papel, têxteis, agroindústrias, turismo, etc.. É de referir que estas três últimas fileiras integram igualmente a Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia Indústria 4.0, sendo possível orientar esse tipo de inovação para o aumento da reciclagem de materiais, a otimização do uso de recursos ao longo do ciclo de vida dos produtos, a manutenção preditiva, a rastreabilidade para efeitos de logística inversa, a localização de bens em serviços de partilha e a informação sobre os produtos e processos. No entanto, apresenta desafios ao *design*, uma vez que a incorporação de sensores e outros elementos eletrónicos nos produtos aumenta a sua complexidade, o que requer soluções ambiental, social e economicamente viáveis para facilitar a reparação e a possibilidade de remoção em fim de vida desses componentes.

Portanto, o grande objetivo atrás enunciado terá de ser compaginado com as tendências de inovação que se verificam a nível nacional e internacional, e que constituem tanto desafios, quanto oportunidades para a economia circular, e que a investigação a nível do *design* circular ajudará a enfrentar. Além da Indústria 4.0 já referida anteriormente, mencione-se igualmente a tendência de multifuncionalidade observada em muitos produtos. A oportunidade reside no potencial de serem necessários menos produtos para satisfazer as mesmas necessidades dos clientes e consumidores, porventura melhor; no entanto, poderá implicar o aumento do número e complexidade de materiais utilizados e constituir uma barreira à sua reparação e reciclagem; para além disso, por vezes são criadas necessidades artificiais.

De realçar ainda a tendência de servitização da produção e de terciarização do consumo na economia portuguesa (Mateus *et al*, 2017⁴⁶), cuja grande oportunidade é promover a transição da posse de produtos para o acesso partilhado a bens (economia de partilha) e a obtenção de resultados (economia de desempenho), essenciais para a desmaterialização e o abrandamento do consumo de recursos. No entanto, se não forem desenvolvidos explicitamente com esses objetivos, os novos serviços não são garante da desejável transição para a circularidade; pelo contrário, podem induzir o aumento da venda de produtos, e aqui reside mais um dos grandes desafios para Portugal. O desenvolvimento de serviços e sistemas produto-serviço mais circulares e sustentáveis requer competências e metodologias adequadas a nível das equipas de *design*, enquadradas em estratégias empresariais e modelos de negócio favoráveis.

Enunciam-se de seguida temas científicos ou tecnológicos relacionados:

- Estudo da viabilidade de estratégias de *design* circular de produtos, processos e serviços em cadeias de valor estratégicas da economia nacional e fatores críticos de sucesso: orientações para o tecido empresarial e apoio às políticas públicas;
- Implementação de estratégias de *design* circular, com ênfase em inovações disruptivas: métodos e ferramentas de *design*, avaliação da sustentabilidade, *co-design* com a cadeia de valor, comunicação e inovação tecnológica e organizacional;
- Relação entre indústria 4.0 e o *design* de produtos, processos e serviços: desafios e oportunidades para a economia circular.

4.1.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos⁴⁷

No que diz respeito ao *design* e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, organizações de referência como a *Ellen MacArthur Foundation*, a *International Society for Industrial Ecology*, o *Circle Economy*, o *Cradle to Cradle Products Innovations Institute*, o *World Economic Forum*, a *Life Cycle Initiative* da UNEP/SETAC, a rede Ibero-Americana de Ciclo de Vida ou *The Product Life Institute*, bem como diversos autores e projetos, propõem uma reorganização e hierarquização de estratégias de atuação para a economia circular. Não sendo novas, assentam num modelo conceptual que é intencionalmente regenerador e restaurador, visa manter os produtos, componentes e materiais no seu máximo valor e utilidade, tem por objetivo fechar ciclos biológicos e ciclos tecnológicos e tem um carácter marcadamente sistémico.

Ao nível do *design* de produtos, o trabalho de investigação mais recente organiza-se em torno de duas grandes linhas, já acima referidas: 1) estratégias de *design* que visam abrandar os ciclos de recursos (cuja ideia-chave é a durabilidade); e 2) estratégias de *design* que visam fechar os ciclos de recursos

⁴⁶ Mateus, A.; Ferreira, N.; Rodrigues, H.; Oliveira, H.; Madruga, P. e Primitivo, S., 2017 - O Crescimento da Economia Portuguesa: Realidades e Desafios. Sociedade de Consultores Augusto Mateus e Associados.

⁴⁷ - Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B., 2016 - Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

- Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z., e Charnley, F., 2016 - A conceptual framework for circular design. *Sustainability (Switzerland)*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/su8090937>

- Guinée, J., 2016 -. Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges? In R. Clift & A. Druckman (Eds.), *Taking Stock of Industrial Ecology* (pp. 45–68). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7_3

(cuja ideia-chave é a reciclagem, mas que atingiu um grau de compreensão mais aprofundado com base no reconhecimento de que, no longo prazo, os resíduos têm dois destinos possíveis: são reciclados ou reutilizados, ou dissipam-se no ambiente), isto está na base da filosofia *Cradle-to-Cradle* e de conceitos como *upcycling*, design para o ciclo tecnológico e design para o ciclo biológico. Estas duas linhas são complementares das estratégias de *design* para a eficiência de recursos, cuja investigação já conta com décadas, uma vez que estão presentes igualmente no modelo de produção linear.

Ao nível de processos, os projetos de investigação têm-se orientado para a redução do uso de materiais e energia na indústria, as simbioses industriais, o desenvolvimento de novos materiais e de novas aplicações para materiais mais sustentáveis, novas tecnologias de reciclagem e de valorização de materiais (em particular matérias-primas críticas) e processos relacionados com a bioeconomia, com destaque para as “*Biobased Industries*” que permitem o desenvolvimento de produtos substitutos do petróleo com elevado desempenho em termos de ciclo de vida.

Quanto aos serviços, o interesse potencial, do ponto de vista da sustentabilidade, de evoluir de uma economia baseada na propriedade para uma economia baseada na utilidade, dissociando assim a geração de riqueza do consumo de recursos, conduziu a uma linha de investigação e desenvolvimento que suscitou grande interesse na princípio deste século e que se poderá designar por “sistemas produto-serviço (SPS)”, ou seja, produtos e serviços combinados num sistema que fornece a funcionalidade requerida. O *design* de SPS poderá complementar as estratégias de design acima referidas (por exemplo, serviços de logística inversa para a remanufactura) ou ir mais além: serviços orientados para a utilização (economia de partilha) e serviços orientados para o resultado (economia de desempenho).

Os desenvolvimentos metodológicos em *design* de SPS até 2006 foram, principalmente (Tukker, 2015⁴⁸) (i) a análise das soluções atuais e dos potenciais benefícios de um SPS; (ii) a geração, seleção, refinamento e avaliação de ideias de novos SPS; (iii) a implementação. Mais recentemente, têm sido alvo de atenção novos métodos de *design* de SPS, incluindo design modular, ferramentas de visualização, sistemas de *feedback* de informação, avaliação das necessidades dos clientes e avaliação do valor económico *ex ante*. Trata-se de contribuir para superar deficiências de uma fase inicial que não teve o desejável sucesso no mercado, mas que ganhou novo impulso no contexto da economia circular.

Apesar de ser consensual a existência de uma hierarquia de atuação teórica, segundo a qual quanto mais curto o ciclo, menores os impactos negativos e maior a retenção de valor (e daí a seguinte ordem de prioridades: reparação/manutenção, reutilização/redistribuição, reprocessamento, remanufactura e, por último, reciclagem), é necessária a validação do “*present value*” da sustentabilidade, nomeadamente através de avaliações de ciclo de vida.

A metodologia da avaliação (ambiental) de ciclo de vida (ACV) teve um desenvolvimento importante nas últimas três décadas, desde uma análise focada nos recursos energéticos até uma análise multidimensional de impactos ambientais. Um importante desenvolvimento nos últimos anos é a evolução da ACV para a Avaliação da Sustentabilidade de Ciclo de Vida (ASCV), numa perspetiva completa dos três pilares da sustentabilidade. De assinalar a avaliação social e socioeconómica do ciclo de vida e as respetivas as linhas de orientação, desenvolvidas em parceria pela UNEP/SETAC. O cálculo de pegadas (ecológica, de carbono, da água e, mais recentemente, de azoto) tem também vindo a

⁴⁸ Tukker, A., 2015 - Product services for a resource-efficient and circular economy - A review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>

registar notáveis desenvolvimentos recentes. Quanto à comunicação do perfil ambiental de produtos e serviços baseada em informação quantitativa e robusta calculada através da ACV com base em regras de categoria de produto, é de referir para Portugal o sistema de registo de declarações ambientais de produto tipo III no cluster do habitat, instituído em Portugal em 2011.

4.1.3 - As questões chave para uma agenda de investigação

Tendo em conta a visão geral para a subárea de *design* e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços anteriormente apresentada, foram identificadas as **perguntas de investigação** a seguir formuladas.

- Como avaliar o potencial de circularidade de processos, produtos e serviços e como é que as metodologias para o efeito se compatibilizam com, e complementam, metodologias cientificamente robustas já existentes, como o caso da ACV?
- Quais as estratégias e ferramentas de circularidade no *design* de produtos, processos e serviços com maior potencial de sustentabilidade e quais os fatores que o influenciam?
- Como assegurar uma implementação em grande escala de produtos, processos e serviços concebidos segundo princípios de circularidade?
- Como implementar e rentabilizar o uso de recursos renováveis em detrimento do uso de fontes não renováveis?
- Como é que o *design* pode influenciar comportamentos mais sustentáveis dos consumidores?
- Como envolver os clientes e outros *stakeholders* no processo de *(co)design* para a economia circular e a sustentabilidade?
- Quais os desafios que o design de produtos, processos e serviços mais circulares e de base bio ("*towards a biobased circular society*") representam a estrutura, cultura, capacidades e gestão das organizações? Como gerir a mudança organizacional?
- Quais as implicações económicas e de competitividade para os agentes industriais resultantes de produtos, processos e serviços mais circulares? Quais as mudanças societais implicadas no seu sucesso?
- Qual o papel dos diferentes atores (diretamente envolvidos nas cadeias de valor e outros) no *design* para a circularidade da economia?

Como exemplos de **temas de investigação** pode-se referir:

- ♣ o *design* de produtos para a **durabilidade**;
- ♣ o *design* de produtos para o **fecho de ciclos** biológico e tecnológico;
- ♣ o *design* de serviços (i) que **prolongam o tempo de vida** dos produtos, (ii) para **acesso partilhado** a produtos e (iii) que fornecem **desempenho/resultados**;
- ♣ o *design* de **serviços de ecossistemas** com vista à circularidade no uso, promoção da **recuperação e reciclagem** de recursos;
- ♣ a aplicação do **design thinking** para o desenvolvimento de soluções circulares;
- ♣ as tecnologias e processos de **remanufatura** e de promoção de **simbioses industriais**;
- ♣ as tecnologias e **processos de valorização multi feedstock**, em particular o formato integrativo, segundo os princípios de cascata de valor e valorização integral;
- ♣ a avaliação estratégica do **impacto de planos, programas e políticas públicas** no design e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços circulares.

4.1.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Na subárea do *design* e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços os fatores críticos identificados para o desenvolvimento futuro são os seguintes:

- inclusão de princípios, critérios e indicadores de circularidade e de sustentabilidade ao longo do ciclo de vida nos diferentes programas de investigação, conforme adequado;
- integração de temáticas relacionadas com *design* circular no ensino de *design*, arquitetura, engenharias, economia, gestão e marketing, entre outras;
- aposta no *design* nacional de produtos, processos e serviços e na valorização de recursos biológicos e do território, em formato de bioeconomia circular;
- desenvolvimento de processos de valorização integral de recursos e resíduos segundo a lógica de cascata de valor;
- promoção do “*ecodesign thinking*”, considerando os princípios da economia circular;
- cooperação efetiva entre as entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional e o tecido económico, no sentido de orientar a investigação na subárea para as realidades e necessidades das empresas;
- incentivo ao envolvimento de empresas de todos os setores em programas de IDT e Inovação na área da economia circular;
- participação ativa em redes de conhecimento, conforme indicado em 4.2.2.

4.2 Gestão sustentável dos ciclos de recursos

4.2.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A gestão sustentável dos ciclos dos recursos na economia portuguesa com vista à economia circular será balizada por uma série de desafios e objetivos a cumprir pelo país na próxima década (e mesmo para além desse período) para os quais a investigação científica e tecnológica deverá providenciar um forte contributo, nomeadamente:

- na digitalização na indústria (Indústria 4.0), que oferece oportunidades ímpares para a desmaterialização das atividades económicas;
- na aposta no Fabrico Aditivo (*Additive Manufacturing*) com produções de elevada variedade de produtos e pequenas séries, ausência de stocks, maior eficiência energética, produtos mais leves em termos de massa incorporada e menor variabilidade de componentes, que tanto pode ter um potencial de redução de resíduos como o seu contrário devido à facilidade com que se produzirão produtos para descarte rápido (*rebound effect*);
- na necessidade de cumprimento dos acordos e protocolos relativos às alterações climáticas visando modelos de desenvolvimento social e económico menos dependentes dos combustíveis fósseis conjugando a aposta em recursos energéticos renováveis endógenos e a eficiência energética;
- na oportunidade aberta pelo lançamento de novas propostas legislativas para uma mais eficiente gestão dos resíduos biodegradáveis, como por exemplo a regulamentação dos fertilizantes (março de 2017)⁴⁹.

⁴⁹ <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-157-EN-F1-1.PDF>

A estes desafios para o país e para a investigação científica e tecnológica, em particular, somam-se os objetivos que visam garantir, sempre que possível, a independência ou, pelo menos a segurança de abastecimento de recursos críticos para a atividade económica, entre eles:

- incentivar e implementar a bioeconomia promovendo o uso integrado e sustentável de recursos biológicos para a produção de alimentos, energia e bio produtos substitutos dos derivados do petróleo;
- melhorar a qualidade dos solos para a produção agrícola e florestal tornando mais eficiente e sustentável a utilização dos recursos naturais;
- aumentar a produção interna de matérias-primas, contribuindo para a redução da dependência externa da UE (que tem vindo a crescer para um número cada vez maior de elementos), sob pena de perdas irreversíveis em programas críticos (ex.: mobilidade elétrica, armazenamento multi-escala de energia, produtos derivados do petróleo e nutrientes);
- aumentar a duração do ciclo de vida e número de utilizações dos produtos e implementar os princípios das cascatas de valor sobre o uso de recursos.

4.2.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Nos últimos 10 anos os principais desenvolvimentos, em termos de gestão sustentável dos ciclos de recursos, verificaram-se ao nível do desenvolvimento e aplicação mais alargada de metodologias de avaliação da pressão ambiental das atividades económicas e de produção-consumo, do desenvolvimento e utilização de novos produtos e materiais e do desenvolvimento de processos e metodologias de separação e valorização/conversão de subprodutos e resíduos e de aproveitamento de energia em cascata. No entanto, as abordagens utilizadas são frequentemente dedicadas a um tipo específico de subproduto/resíduo, não se procurando uma visão global da aplicação das tecnologias desenvolvidas que permita a sua aplicação abrangente.

Em Portugal, os principais desenvolvimentos centraram-se nos resíduos urbanos e industriais – nomeadamente na investigação em novos métodos de valorização de resíduos e águas residuais, embora progressivamente esteja a ser reconhecida a importância em outros domínios, tais como o uso de recursos endógenos como fonte de materiais, água e energia alternativos, muitas vezes com maior eficiência, menor quantidade de emissões diretas e ambientalmente mais amigáveis porque são facilmente integradas nos fluxos naturalmente estabelecidos. São exemplos o uso de produtos biológicos ou minerais locais para a produção de novos materiais ou para tratamento de água e de águas residuais, ou o uso de energia solar, eólica, hídrica, térmica e bioquímica dos escoamentos para reduzir a dependência externa de fornecimento de energia e reduzir os GEE emitidos.

As metodologias de análise dos fluxos de materiais e os estudos de avaliação de ciclo de vida de produtos, processos e serviços nas mais variadas áreas foram temas de investigação que conheceram importantes desenvolvimentos em Portugal nos últimos dez anos. De igual modo apostou-se no desenvolvimento e no estudo do desempenho de novos materiais e produtos a partir de materiais anteriormente não valorizados ou valorizados de forma ineficiente. Um dos exemplos mais

paradigmáticos é a aplicação de novos materiais na construção, nomeadamente resíduos urbanos e industriais de madeira, de construção e demolição e outros materiais alternativos.

Registam-se ainda alguns trabalhos no âmbito da valorização de resíduos mineiros históricos que, embora circunscritos a casos particulares, sugerem ser possível contar com alguns deles como parte integrante do desejável “mix” de fontes de metais.

Foi também significativo o desenvolvimento da capacidade científica e técnica em processos de digestão anaeróbia aplicados a resíduos sólidos urbanos (fração orgânica), subprodutos agroindustriais e do mar e a efluentes líquidos agro e industriais.

Na área da produção agropecuária, foi significativo o aumento da utilização de estrumes e chorumes como fertilizantes orgânicos, passando a ter um papel relevante no fornecimento de nutrientes às culturas e nos níveis de matéria orgânica dos solos em Portugal. Os desenvolvimentos científicos relacionados com a utilização de águas residuais tratadas para rega têm tido também expressão no panorama nacional e internacional.

4.2.3 - As questões chave para uma agenda de investigação

As **principais áreas de investigação** a desenvolver no presente e no futuro na subárea da gestão sustentável dos ciclos de recursos envolvem:

- ♣ análise, avaliação e modelação dos **ciclos biogeoquímicos e biogefísicos** e dos **serviços dos ecossistemas** (compreensão dos fatores que concorrem para a sua vulnerabilidade e potenciação dos benefícios diretos ou indiretos dos mesmos numa lógica de sustentabilidade);
- ♣ análise, avaliação e modelação dos **ciclos de vida dos recursos** e seus **usos alternativos**;
- ♣ avaliação multi-escala (tempo e espaço) dos processos que provocaram alterações substantivas da evolução do capital natural e avaliação das melhores formas de regeneração e requalificação de áreas intervencionadas;
- ♣ análise dos potenciais de **gestão interdependente dos ciclos de recursos**.

Especificamente, a **investigação científica deverá contribuir para criar conhecimento e soluções para as seguintes questões**:

- Quais as **fontes primárias minerais** existentes em Portugal capazes de assegurar, no todo ou em parte, o abastecimento presente e futuro das matérias-primas críticas e/ou estratégicas, assim como a correspondente subida na cadeia de valor?
- Como realizar o **mapeamento dos fluxos de matérias-primas críticas e estratégicas** na economia Portuguesa e sua contribuição para o PIB?
 - análise do presente e simulações para o futuro com impactos por exemplo em: (1) mobilidade elétrica; (2) incremento da produção de energia via utilização massificada de sistemas tecnologicamente sustentáveis; (3) desenvolvimento de tecnologias digitais; (4) subida generalizada nas cadeias de valor das matérias-primas; e (5) requalificação do mercado de trabalho?

- Quais as **interdependências** estabelecidas entre os vários reservatórios naturais e a resposta destes últimos à intervenção antrópica?
- De que forma se poderá promover a **utilização sustentável de recursos primários** e procura de **fontes alternativas** (secundárias) de materiais:
 - qual o “mix” de fontes mais adequado para cada tipo de material? Quais os seus fluxos mais vulneráveis?
 - de que forma podem influenciar a recuperação económica do País, criando riqueza e emprego qualificado, preservando ou recuperando simultaneamente os equilíbrios ecológicos?
- Como desenvolver **processos mais ecoeficientes** (incluindo o recurso a ferramentas biotecnológicas), integrados e de aplicação abrangente para a extração e valorização do desempenho de produtos e materiais alternativos?
- Como **diminuir/eliminar a produção de resíduos** e garantir o aproveitamento/valorização integral de recursos, nomeadamente a valorização integrada (orgânica e energética) de resíduos orgânicos por digestão anaeróbia e/ou compostagem e ainda a valorização de resíduos inorgânicos e orgânicos como fonte de produtos químicos e outros materiais?
- Como promover a **reorganização dos sistemas industriais** para aproveitamento sistemático de materiais, água e energia residuais, tendo em conta os aspetos tecnológicos, económicos, culturais, jurídicos, de governação e ambientais, nomeadamente reduzindo o seu efeito nas alterações climáticas?
- Como se poderá realizar a **integração racional da valorização energética de resíduos** não valorizáveis por outras vias?
- Como promover uma **maior eficiência na utilização de nutrientes nos sistemas agroflorestais**, com estudo de metodologias e tecnologias que visem a redução das perdas e consequente redução da pressão sobre os recursos e sobre a qualidade ambiental (água, ar, etc.)?
- Quais os **efeitos do previsto aumento de temperatura** global nos processos de gestão/valorização de recursos, em particular, daqueles mais sensíveis à temperatura?

4.2.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Os principais fatores limitantes da investigação para a gestão sustentável dos ciclos de recursos tem a ver com:

- identificar, para os principais tipos de fluxos:
 - onde existe potencial de medidas para a economia circular;
 - quais os fatores críticos de sucesso (recursos humanos e qualificações profissionais; tecnológicos, económicos, culturais, jurídicos, de governação e ambientais);
- promover sinergias fortes entre os principais atores académicos e económicos que permitam maximizar os resultados das atividades de IDT e a integração destes nas grandes redes europeias (por exemplo SPIRE, EIP on Water e EIP Raw Materials, KIC Raw Materials), tendo em

linha de conta a existência de vários clusters temáticos recentemente reconhecidos pelo Governo e que possuem estas características;

- adotar medidas que promovam a eliminação de barreiras e a mudança de comportamentos no que respeita às opções do utilizador final /produtor relativamente à utilização de materiais e matérias primas recuperadas e/ou recicladas;
- fomentar a investigação e inovação em “*quick wins*”, motivadores e catalisadores, combinada com investigação orientada para objetivos de médio e longo-prazo, garantindo a necessária robustez e estabilidade de financiamento;
- melhorar a capacidade de financiamento continuado no tempo dos grupos de investigação, seja em contexto empresarial, académico ou associativo, por um lado, e a capacidade da infraestrutura laboratorial e de investigação do país, por outro.

4.3 Governança e território

4.3.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Assume-se a seguinte Visão para o papel da investigação científica e tecnológica no contexto da Economia Circular e do seu impacto na governança e no território: *“Gerar conhecimento que, se devidamente aplicado, catalisará territórios circulares, autossuficientes e sustentáveis, que apostem na utilização dos recursos endógenos, promovam a proximidade, a conectividade e o fecho dos ciclos biogeoquímicos, apoiados numa governança forte, integrada e participativa, potenciadora do bem estar e da qualidade de vida das populações, em consonância com a valorização dos recursos naturais e das especificidades de cada território”*.

Constituem desafios à **governança e à gestão territorial** para promoção da economia circular os múltiplos cenários internacionais e nacionais associados a várias crises emergentes de que são exemplo as crises energéticas, económicas, climáticas, sociais e humanitárias. Algumas dessas crises criam pressões sobre o uso, disponibilidade e qualidade da água, a ocupação, uso intensivo e consequente degradação dos solos, a sobre-exploração dos recursos minerais e outros recursos naturais (biosfera) e a crescente urbanização, com perda de biodiversidade, esgotamento de recursos não renováveis e destruição dos ecossistemas.

Apresentam-se como grandes desafios aumentar o conhecimento sobre o impacto destas pressões sobre os territórios, incluindo os seus recursos, e os sistemas socioeconómicos, desenvolver novas abordagens e modelos mais adaptados de planeamento e gestão territorial, e novos modelos de governança, bem como as estruturas operacionais e o quadro legislativo adequado, visando facilitar e promover a criação de valor, o envolvimento das partes interessadas e numa perspetiva mais abrangente dos cidadãos e a circularidade dos territórios.

Constituem objetivos específicos de investigação para a governança e território no âmbito da economia circular:

- aumentar o conhecimento e a estabilização de boas práticas para a qualidade ambiental e consequentemente a qualidade de vida das populações;
- desenvolver soluções para salvaguardar a qualidade e quantidade dos recursos naturais e a preservação dos ecossistemas e da biodiversidade;

- estabelecer medidas para prevenir a poluição e a degradação do ambiente e promover a remediação/recuperação de territórios degradados/contaminados;
- aumentar o conhecimento e efetuar o mapeamento dos recursos endógenos, nomeadamente recursos minerais emergentes para a economia e para as novas tecnologias;
- Promover iniciativas para a valorização dos territórios, diminuindo o problema da evolução demográfica das regiões rurais e interiores e do abandono dos recursos por modelos de autogestão, através de conceitos de bioeconomia circular;
- promover a transferência de conhecimento e capacitar as entidades públicas e privadas no quadro da economia circular, nos vários níveis territoriais e setores de atividade.

4.3.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Nos últimos anos diversas iniciativas com carácter de inovação foram desenvolvidas no âmbito da **governança e território** com especial destaque para as seguintes áreas temáticas:

- *Territórios inteligentes e circulares*

foram desenvolvidos muitos projetos de investigação e iniciativas na área do planeamento urbano digital, do conhecimento comportamental dos cidadãos em meio urbano e periurbano (que permitiram desenvolver aplicações de otimização do funcionamento dos territórios contíguos - estacionamento, intermodalidade e mobilidade suave, informação pública, comunicação de ocorrências, circuitos de recolha de resíduos, iluminação pública, rega de espaços públicos), da eficiência energética, da recuperação de recursos, do metabolismo urbano e da análise de fluxos de materiais e de energia. Muito deste conhecimento gerado deu origem a aplicações e inovações que hoje em dia são já observáveis no dia-a-dia (principalmente) das cidades;

- *Gestão de recursos hídricos*

também nesta matéria as atividades de investigação deram um importante contributo para a sua evolução na última década, através da estabilização de conceitos hoje em dia consensuais em matéria de gestão de recursos hídricos (como o conceito de massa de água, a bacia hidrográfica como unidade nuclear de gestão, a noção de “região hidrográfica” (integrando todas as tipologias de recursos hídricos – superficiais interiores, superficiais de transição e costeiros e subterrâneos), o conceito de “estado ecológico” (para além dos tradicionais estados físico e químico), entre outros, que tiveram reflexos profundos na evolução das políticas da água a nível Europeu – ex., Diretiva Quadro da Água) e na geração de novos conhecimentos sobre processos de recuperação de nutrientes, sobre comunicações e eletrónica (que permitiram o desenvolvimento de novos sensores e aplicações de monitorização e de apoio à decisão);

- *Gestão de fluxos materiais e de energia*

a geração de conhecimento tem assumido um papel fundamental na evolução da capacidade de gestão destes fluxos, evidenciado por exemplo na apresentação de documentos orientadores no âmbito do potencial de valorização de resíduos orgânicos produzidos em ambientes urbanos (ex., a Comunicação da Comissão Europeia “Para uma economia circular: programa para acabar com os resíduos na Europa”), no processo de alteração do paradigma de “resíduo” e de “matéria-prima”

(incluindo o processo de “fim do estatuto de resíduo” - FER) e no desenvolvimento dos conceitos de gestão inteligente de energia em cidades com o objetivo de transformar a cadeia de energia urbana;

- *Gestão e vocação territorial*

menção-se como exemplos de instrumentos que resultaram da especialização inteligente, preconizados pela Comissão Europeia na Política de Coesão 2014-2020, as estratégias de inovação para a especialização inteligente (como a Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente e as estratégias regionais de especialização inteligente – RIS3), que são agendas de transformação económica integradas de base territorial, apresentando um enfoque significativo para a gestão dos recursos biológicos;

- *Serviços de ecossistemas e capital natural*

identificam-se alguns projetos de investigação desenvolvidos nos últimos anos focados na geração de conhecimento sobre os serviços dos ecossistemas e a sua gestão, tendo em vista a promoção de importantes cobenefícios ambientais e económicos (incluindo a adaptação às alterações climáticas), sobre métodos e sensores agrícolas complementados com sistemas de análise de dados e de apoio à decisão, sobre a análise metabólica não-destrutiva para identificação precoce de stresses abióticos e bióticos nas culturas, sobre serviços de previsão meteorológica de alta resolução espacial a curto prazo ou ainda do papel dos ecossistemas agrícolas e da utilização do solo na economia circular;

- *Governança*

salientam-se diversas iniciativas resultantes de processos de investigação na área das compras públicas, de redes e plataformas de geração e partilha de conhecimento sobre economia circular, de geração de novas competências e de promoção do “emprego verde”, de painéis de avaliação sobre a eficiência da utilização de matérias-primas e de outros recursos e de promoção da aceitabilidade pelos consumidores de novos produtos ou serviços relevantes no âmbito da circularidade da economia.

4.3.3 - As questões chave para uma agenda de investigação

Identificam-se de seguida as **principais questões para uma agenda de investigação** no âmbito da economia circular na temática da governança e dos territórios.

- Como utilizar as “**nature based solutions**”, por exemplo **as infraestruturas verdes e azuis**, de forma custo-eficaz para aumentar o seu potencial para a promoção do bem-estar nas áreas urbanas, como adaptação às alterações climáticas e contributo para a economia?
- Como materializar territórios circulares, que concretizem efetivamente o fecho dos ciclos de substâncias, materiais e energia, através da melhoria do conhecimento da **interação entre o urbano, o periurbano e o rural**?
- Qual o papel e qual o impacto do desenvolvimento de **modelos operacionais de planeamento e plataformas de gestão territorial**?

- Como **identificar e mapear recursos minerais emergentes e avaliar o seu potencial** para a integração de cadeias de valor, bem como o mapeamento da densidade territorial e do potencial económico de recursos, coprodutos, subprodutos e resíduos a nível nacional e internacional, para otimizar fluxos e detetar oportunidades de circularidade?
- Quais as prioridades a nível de desenvolvimento de novas abordagens e tecnologias de **restauração ecológica**, em particular para a mineração de territórios degradados, reabilitação de áreas abandonadas, recuperação de massas de água, integração funcional do território e remediação de solos?
- Que novas ferramentas são necessárias para a avaliação qualitativa e quantitativa dos **riscos naturais e tecnológicos sobre o território** e definição e implementação de mecanismos de precaução, de prevenção, de intervenção e comunicação em tempo real?
- Como operacionalizar **modelos de governança** que fomentem uma cidadania mais ativa e responsável e criem novos mecanismos de incentivo à participação pública e à atribuição de um papel ativo dos cidadãos nos processos de decisão, planeamento e gestão territorial para uma economia circular e valorização dos recursos endógenos?
- Quais as prioridades para o desenvolvimento de abordagens, de **métodos e de tecnologias** (ex. **monitorização**, “*Internet das Coisas*” (IoT), TICE, TIG, de tratamento de subprodutos) que permitam a circularidade da produção e utilização de materiais e energia num determinado território e na sua relação com os territórios adjacentes?
- Quais são os principais fatores agregadores e dinamizadores e quais os obstáculos para o **investimento dos agentes públicos e privados** em sistemas e modelos de circularidade de materiais e energia num determinado território e no envolvimento das potenciais partes interessadas nos mesmos?
- Qual a melhor forma de incluir o conceito de economia circular **nos instrumentos de gestão territorial e dos recursos**, e a revisão da legislação e dos instrumentos jurídicos de forma a criar mecanismos facilitadores da integração e operacionalização deste conceito numa ótica transdisciplinar e multisectorial?
- Como reformar o **sistema tributário**: menos impostos sobre o trabalho e produtos mais eficientes e mais sobre a extração de recursos e a poluição?

4.3.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Identificam-se como principais fatores críticos e suscetíveis de condicionar a concretização da visão e dos desenvolvimentos propostos ao nível da investigação sobre **governança e territórios** os seguintes:

- reforço e retenção de quadros qualificados, uma vez que a estrutura de produção de conhecimento ficou fragilizada pelo fluxo de emigração dos últimos anos e, consequente, défice de potencial humano disponível; é necessário capacitar, reter e atrair;
- implementação de conteúdos sobre economia circular nos programas educativos do ensino a diferentes níveis;

- desenvolvimento de novas competências e habilidades no campo da ciência, tecnologia, engenharia e áreas criativas (como o design e a tecnologia digital) e modelos de desenvolvimento territorial, orientadas para os desafios da economia circular;
- reforço da cooperação interinstitucional entre entidades públicas e entidades privadas; é necessário promover o envolvimento das entidades privadas no sistema de investigação e inovação nacional;
- otimização da atualmente deficiente e complexa regulamentação da propriedade intelectual, de transferência de conhecimento e envolvimento das pequenas e médias empresas no desenvolvimento de simbioses territoriais; é necessário melhorar a regulamentação e os mecanismos de transferência e aplicação do conhecimento científico;
- reforço e agilização de mecanismos de financiamento, minimizando a morosidade e as dificuldades de operacionalização dos processos de avaliação, atribuição, acompanhamento e verificação; é necessário criar novos mecanismos e/ou otimizar os existentes, desburocratizando e acelerando os procedimentos administrativos e de gestão;
- operacionalização da agenda de investigação (promovendo a sua articulação com a agenda de inovação).

4.4 Novos modelos de negócio, comportamento e consumo

4.4.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A implementação do paradigma de economia circular no que concerne às transformações ao nível dos modelos de negócio, comportamento e consumo, depende crucialmente da recolha sistemática e permanente de informação sobre as ações individuais de consumo (produtos ou serviços), produção, ou comportamento de uma forma mais lata.

A geração de informação micro, individualizada e detalhada, comumente designada de *big data*, permitirá a identificação/construção de padrões e o posterior desenvolvimento de algoritmos de localização de necessidades e de recursos, possibilitando assim o desenvolvimento de plataformas de partilha de recursos, de redes de circularidade industrial e de consumo.

O desenvolvimento de *big data* e seus algoritmos, será acompanhado pelo desenvolvimento de protocolos que garantam o uso da informação, assegurando o respeito pelos direitos individuais e simultaneamente acautelando a segurança do país e das suas instituições.

Os novos modelos de negócio baseiam-se em, entre outros:

- fornecimentos circulares (fornecem energias renováveis e materiais de base biológica ou totalmente valorizáveis, encerrando círculos e construindo cascatas);
- desenvolvimento de novos modelos de interface com clientes e fornecedores;
- acesso partilhado a recursos (espaço/ tempo/produtos/capital humano e financeiro);
- desenvolvimento de novos modelos de financiamento;
- fornecimento de desempenho/resultados;
- recuperação de recursos (materiais e energia) a partir de “resíduos” (incluindo simbiose industrial);
- prolongamento do tempo de vida e número de utilizações dos produtos;

- desenvolvimento de novos laços de pertença e identificação com bens/serviços no contexto dos novos modelos de consumo;
- estratégias indutoras de comportamentos e práticas sustentáveis;
- partilha de bens e serviços-consumo colaborativo;
- modularidade e normalização (promovendo a reparação e autorreparação)

Um dos grandes desafios para Portugal 2030 é a correção do hiato entre a investigação e as aplicações na sociedade. Para isso é fundamental desenvolver a aceitabilidade de novos produtos, serviços ou processos por todos as partes interessadas, nomeadamente através de investigação não apenas no, mas também, para além do, último nível dos *Technology Readiness Levels (TRL)*. O termo *Technology Transfer Readiness Level (TTRL)*, apesar de desenvolvido numa perspetiva tecnológica, pode ser estendido para inovações no âmbito dos novos modelos de negócio, comportamento e consumo. Um dos mais importantes desafios é o da difusão de novas tecnologias ou modelos. A realização destes desideratos requer o estudo de novas formas de desenvolvimento da atividade produtiva como sejam as práticas contratuais entre a empresa, *lato sensu*, os seus fornecedores e os seus clientes – novos modelos de negócio; assim como o desenvolvimento de novos modelos de consumo, originando novos modelos sociais.

Um outro desafio é a promoção de formas de cooperação empresarial, nomeadamente, na geração de conhecimento como base de suporte ao negócio, no investimento em estruturas comuns de utilização partilhada e na distribuição de capacidades e competências entre empresas concorrentes. Neste âmbito adquire hoje especial relevância a investigação de novas dinâmicas de atração empresarial entre grandes empresas e PME, elevando a lógica de *clusters* para um patamar superior de competitividade empresarial, assumindo a coexistência sinérgica de diferentes modelos empresariais que beneficiam mutuamente uns dos outros, circulando recursos, produtos e serviços, mesmo relativamente ao acesso ao mercado.

Adicionalmente, no terceiro sector (ou sector não lucrativo da economia) é relevante a criação de novos modelos de organização de atividades de disponibilização, fornecimento e/ou transferência de produtos, de partilha e de prestação de serviços.

Um último grande desafio para Portugal em 2030 é a dimensão das existentes e variadas experiências de novos modelos de negócio, sociais e de consumo. A generalização das boas práticas enfrenta obstáculos cuja superação requer profundas transformações que permitam o desenvolvimento da bioeconomia circular, sucedendo assim à economia verde.

A transição para uma economia circular requer ainda o desenvolvimento de metodologias de avaliação da circularidade e sustentabilidade, mas também dos processos de promoção e transição para a circularidade.

4.4.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

A literatura aponta três categorias de sistemas produto-serviço, sendo a primeira constituída pelos serviços orientados para o produto, modelo de negócio que tem como principal objetivo a venda de produtos, mas que tem serviços adicionais que permitem aumentar a sua durabilidade (e.g., como sejam a reparação ou manutenção); a segunda é composta pelos serviços orientados para a utilização,

cujo objetivo já não é vender produtos embora o foco ainda esteja no produto (e.g., *sharing, pooling e leasing*); e os serviços orientados para os resultados, onde já não há um produto pré-determinado envolvido e o cliente adquire um resultado ou um desempenho (e.g., desenvolvimento de serviços de manutenção, serviços partilhados de equipamentos). Os serviços orientados para os resultados são apontados como os mais facilitadores de uma mudança para uma economia circular, visto que o foco está no resultado e não no produto, sendo assim do interesse do produtor/fornecedor a utilização de uma menor quantidade de recursos.

São referidas como desvantagens do menor valor de muitos sistemas produto-serviço comparativamente com o produto concorrente, o elevado investimento necessário por parte das empresas que começaram negócios puramente direcionados para o produto. As empresas necessitam de investir não só para obter as competências necessárias à implementação do sistema produto-serviço como também na adaptação do processo produtivo e canais de distribuição, entre outros.

A posição estratégica resultante da implementação de sistemas produto-serviço é vista como uma vantagem, já que a empresa não se limita apenas a vender o produto ao consumidor, mas tem de fazer com que não sendo proprietário do produto, o consumidor desenvolva uma relação duradoura com este, resultando numa maior lealdade e conhecimento fundamental sobre o cliente e como responder às suas necessidades.

Em termos ambientais, é referido que os serviços não direcionados para o produto mas para o uso, não resultam em melhorias significativas. Estes últimos em particular podem levar o consumidor a um menor cuidado com o bem, por não ser sua propriedade, aumentando o desgaste e podendo daí resultar um maior impacto ambiental. Os serviços orientados para os resultados são os que têm maior impacto potencial positivo visto que são utilizados menos recursos para a produção de um bem que será usado durante um período superior. Assumem alguma relevância particular neste caso, os serviços de aplicação de produtos perigosos, por exemplo.

A questão de os consumidores atribuírem mais valor à compra de produtos e ao fácil acesso a produtos usados, individualmente, funciona como uma barreira. Por outro lado, a falta de interesse que algumas empresas têm na mudança por implicar uma alteração radical na forma como operam, nomeadamente na aquisição de competências e de um novo modelo de negócio constitui também uma barreira. Adicionalmente, devido à elevada intensidade laboral, o sistema de produto-serviço pode ser mais caro (em particular em países com menor disponibilidade de trabalho, comparativamente à disponibilidade de capital) do que o sistema de vender apenas o produto (Tukker 2015⁵⁰, França *et al.*, 2017⁵¹).

Nos últimos 10 anos verificou-se igualmente o desenvolvimento de alguns trabalhos de investigação relevantes de caracterização das atitudes e preferências dos cidadãos que podem informar a elaboração de novos modelos de consumo e sociais. De uma forma geral, concluem que o país deverá investir prioritariamente na educação e formação, no turismo e nas energias renováveis. Por outro lado, prevalecem as iniciativas individuais em torno de problemas de solução local em detrimento da mobilização para grandes causas ambientais. São comuns campanhas locais, como apanhar lixo da praia, limpar uma floresta, ou limpar um rio. Igualmente relevante é o crescimento do consumo de produtos

⁵⁰ Tukker, A., 2015 - Product services for a resource-efficient and circular economy—a review. *Journal of cleaner production*, 97, 76-91.

⁵¹ França, C. L., Broman, G., Robèrt, K. H., Basile, G., e Trygg, L., 2017 - An approach to business model innovation and design for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 140, 155-166.

alimentares biológicos certificados, revelando um crescimento do consumo responsável e do ativismo cívico. Metodologicamente, é cada vez mais frequente a utilização de *Nudges* (experiências comportamentais) por parte de organizações governamentais e outras no sentido de estudar qual a arquitetura de escolha mais conducente à realização de determinadas escolhas.⁵²

4.4.3 - As questões chave para uma agenda de investigação

A investigação em novos modelos de negócio, comportamento e consumo visa contribuir para o desenvolvimento de novos modelos que promovam comportamentos económicos e sociais mais sustentáveis. A investigação deve ser sistémica de forma a encontrar complementaridades, criando condições logísticas e envolvendo todos os agentes (nomeadamente, clusters, centros de investigação, laboratórios colaborativos, centros de interface, etc.).

Assim, será relevante promover a investigação que responda às seguintes questões: Quais os **novos modelos de negócio** mais conducentes à aplicação do paradigma da economia circular? Em particular:

- ♣ desenvolvimento de **sistemas de take-back**, redefinindo a responsabilidade alargada do produtor e melhorando a sua aplicação;
- ♣ sistemas de **prolongamento da vida dos produtos e processos**, como sejam, novos incentivos jurídicos (alargamento dos prazos legais de garantia dos produtos, do dever de reparação de produtos defeituosos e alargamento dos prazos curtos de amortização e depreciação para efeitos fiscais);
- ♣ sistemas de **transferência de posse** (comodato, arrendamento, aluguer ou leasing);
- ♣ sistemas sinérgicos de **cooperação empresarial**;
- ♣ integração de **elementos de criação artística** na gestão de equipas e nos modelos de negócio;
- ♣ criação de novos modelos de negócio que aumentem a **adaptabilidade e resiliência face às alterações climáticas e melhoria da qualidade de vida** (ex., bioprodutos substitutos dos derivados de petróleo e com base em recursos endógenos e locais);
- ♣ desenvolvimento de novos **modelos de avaliação económica e financeira** para projetos/iniciativas circulares;
- ♣ desenvolvimento de ferramentas que permitem a **análise de risco** de projetos/iniciativas circulares.

⁵² Thaler, R., Sunstein, H., Cass R. e Balz, J.P., 2014 - The Behavioral Foundations of Public Policy, Choice Architecture Ch. 25, Eldar Shafir, ed. (2012). Disponível em <https://ssrn.com/abstract=2536504> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2536504>

Ao nível dos **novos modelos de consumo**, o conhecimento dos contextos sociais, ambientais, culturais, políticos, económicos, tecnológicos, técnicos e materiais para a emergência, reprodução e desaparecimento das práticas sociais é fundamental. Que fatores se constituem como potenciadores ou bloqueadores da criação e desenvolvimento de novos modelos de consumo? Em particular, é necessário:

- ♣ identificação de **bloqueios e fatores facilitadores** da transferência **do consumo de produtos para serviços**, nomeadamente atitudes face ao consumo virtual e a processos de desmaterialização;
- ♣ desenvolvimento de **indicadores de circularidade/sustentabilidade** de largo espectro por forma a reduzir a variedade de indicadores e rótulos, facilitando a decisão do consumidor/cidadão, auxiliando entidades reguladoras, entre outras;
- ♣ estudo da integração de **modelos de prosumo** na economia;
- ♣ estudo dos catalisadores da adoção de **práticas de circularidade** como sejam a reciclagem aberta, reciclagem em ciclo fechado, reparação e reutilização;
- ♣ estudo de formas de promoção do **consumo de arte em produtos não artísticos**, assim como de fruição;
- ♣ estudo de novas formas de **envolvimento dos cidadãos** (mais participativas);
- ♣ estudo de novos **modelos de consumo** que aumentem a adaptabilidade e resiliência face às alterações climáticas.

Ao nível dos **modelos de organização social** é relevante a investigação que contribua para a formulação de respostas à pergunta: Quais as formas de organização social mais propícias para o desenvolvimento de boas práticas de economia circular? Quais os mecanismos que facilitam a difusão dessas práticas? Em particular é importante:

- ♣ o estudo da aplicabilidade de **dinâmicas de consumo colaborativo e partilhado**;
- ♣ o desenvolvimento de **plataformas de partilha de recursos** tais como bens, tempo, espaços, transportes, capital financeiro, capital natural ou capital humano (por exemplo car sharing, permutas, bancos sociais, etc.);
- ♣ o estudo do potencial de aproveitamento de **novas formas e funções de organização** do terceiro sector;
- ♣ a promoção da **circularidade do conhecimento informal** (interações entre recém-aposentados e primeiro-empregados);
- ♣ a promoção da **integração de contributos de profissionais de arte** em processos produtivos.
- ♣ a promoção da **adaptabilidade e resiliência das sociedades** face às alterações climáticas.

Transversalmente é necessária investigação ao nível dos instrumentos de regulação. Neste domínio destaca-se: (i) instrumentos informativos; (ii) instrumentos de mercado (fiscalidade, títulos comercializáveis); (iii) instrumentos regulamentares; (iv) criação de ambientes de decisão incentivadores à aplicação dos novos modelos de organização económico-social; (v) iniciativas de políticas públicas como sejam, compras públicas sustentáveis (ambiental e socialmente) e circulares, instrumentos de ordenamento do território como a re-territorialização dos sistemas de produção e consumo por meio de cadeias de abastecimento curtas e eficientes, entre outros.

4.4.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Um fator crítico para o desenvolvimento futuro na subárea dos novos modelos de negócio, comportamento e consumo é a **alteração de comportamentos** necessária para uma aplicação generalizada dos princípios orientadores da economia circular e bioeconomia circular (produtos de base biológica que permitam melhor qualidade de vida e melhores desempenhos em termos de ciclo de vida, com a valorização dos recursos do território). Nesta dimensão, a **educação para a cidadania** e a **responsabilidade social das empresas** constituem uma forma de motivar alterações das práticas sociais dos agentes económicos e cidadãos de uma maneira geral. A estratégia nacional para a Educação Ambiental revela que a existência de sistemas de informação integrados de dados e sistemas de monitorização para uma difusão alargada e célere de boas práticas que promovem a economia circular é uma necessidade reconhecida pela população. Também os **recursos pedagógicos**, nos seus diversos suportes, mostram a renovada necessidade de produção e difusão. No presente, estão abertas novas possibilidades de **comunicação**, através das novas tecnologias de informação e comunicação, mais eficazes para chegar a novos públicos, sobretudo os mais jovens. Contudo, continua a haver uma margem muito relevante, quer no aprofundamento do trabalho nos processos de Educação Ambiental, já promovidos, quer na resposta aos novos desafios da crise ambiental global. Existe ainda a necessidade de aprofundar os esforços colaborativos de comunicação de boas práticas de circularidade.

O reconhecimento da isenção e relevância da investigação científica pela comunidade em geral, torna urgente melhorar/criar formas de **comunicação de ciência** efetivas e eficazes. Esta melhoria promoverá a orientação da atividade científica relativa à economia circular para e com os cidadãos.

Outro fator crítico no desenvolvimento futuro da economia circular é a necessidade de reavaliar o **quadro legislativo** no que se refere, nomeadamente à reclassificação de resíduos em materiais; de promover a adoção de boas práticas por parte dos organismos do Estado, das regiões autónomas e dos municípios; e de rever a regulação existente no sentido de promover áreas de negócio mais circulares mas eventualmente menos apelativas, eliminando bloqueios e facilitando a criação de sinergias.

Deve ainda estimular-se o desenvolvimento de enquadramentos legais e de regulamentação para que as **entidades públicas e os operadores económicos invistam de forma mais intensa e regular em IDT**, na busca sistemática de geração de vantagem competitiva e de criação valor através da inovação num contexto internacional. Assim como, estimular a **proteção e exploração da propriedade intelectual** em forte colaboração entre os diferentes intervenientes.

A necessidade de **monitorização**, criando mecanismos de recolha de dados em massa (*big data*) para estudo sistemático dos comportamentos dos indivíduos, das organizações e dos sistemas e produzindo sistemas de indicadores que permitam identificar tendências, prever crises e reorientar comportamentos e práticas. É igualmente importante a georreferenciação dos dados. A espacialização permite identificar padrões regionais ou locais e identificar os fatores críticos mais importantes. Permite, também, a otimização da localização e da dimensão de infraestruturas de apoio, diminuindo por exemplo a pegada de carbono das atividades. Um aspeto relevante poderá ser a contextualização nas alterações climáticas e na necessidade de criar sistemas económicos e sociais resilientes.

Por fim, é fundamental desenvolver investigação sistemática e sistémica de bloqueios, adotando uma perspetiva holística e integradora.

Capítulo 5 – Perspetivas de Inovação Social e Tecnológica

A inovação na área da economia circular implica uma forte cooperação entre os agentes socioeconómicos de forma a existir um enquadramento que permita a existência de produtos, processos e serviços circulares, que sejam comprados, usados ou adquiridos pelos consumidores/sociedade e vivenciados nos territórios. A inovação consubstanciará modelos de consumo/utilização e produção sustentáveis, que têm por base uma avaliação holística de ciclo de vida dos produtos, processos e serviços e a minimização dos seus impactos, com a maximização dos valores sociais e económicos, inseridos num contexto territorial com características específicas. Para que este enquadramento existente incentive os agentes socioeconómicos a agir em prol da economia circular será necessário não só inovação tecnológica, mas também nos serviços e processos, na organização, no produto, no marketing e a nível social e educacional. Esta inovação terá de ser multisectorial com aplicações completamente distintas entre setores, desde os industriais, aos serviços passando pelo setor financeiro. Um desafio estimulante para todos os agentes, mas com particular enfoque para as empresas e consumidores/utilizadores.

5.1 Design e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços

5.1.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Prevê-se uma tendência acentuada de procura, pela sociedade, de produtos e serviços customizados, produzidos na hora e de forma descentralizada. A nossa visão, é assegurar que estes são desenvolvidos tendo por base o *design* para a economia circular, tanto na conceção do produto ou serviço como no seu processo de fabrico, tempo de utilização e encaminhamento final.

Os compromissos de crescimento e desenvolvimento a nível europeu englobam também um conjunto de preocupações, ambientais e sociais, que estão inseridas em vários documentos estratégicos referidos nos Capítulos 2 e 3 e são uma prioridade e uma referência a considerar.

Na gestão de resíduos, prevê-se a imposição de metas muito ambiciosas por parte da UE, a alcançar até 2030, pelo que, Portugal vai necessariamente ter de inovar na gestão de resíduos e de recursos, nomeadamente na redução da produção de resíduos e nas opções de recolha, triagem e valorização eficiente e sustentável dos mesmos.

Um desafio que se coloca é a alteração do atual modelo de classificação de resíduos com base na sua origem, para uma classificação baseada na sua composição e numa vertente de fluxos de massa. Esta mudança de paradigma permitirá potenciar a qualidade dos materiais e reintroduzir os materiais na indústria, aumentando a sua circularidade e adesão das indústrias e empresas.

A criação de rótulos para as matérias secundárias, em particular os polímeros, permitirá agilizar a sua introdução nos processos produtivos com garantia de qualidade.

A produção da informação sobre o desempenho sustentável ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações, bem como a sua disseminação, serão fundamentais para potenciar o consumo sustentável por parte do cidadão e das empresas. A utilização de métodos comuns para a medição e comunicação

do desempenho ambiental, económico e social ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações será de especial importância nesta matéria (Recomendação da Comissão Europeia (2013/179/UE)⁵³).

O alinhamento com a estratégia para a Bioeconomia deverá promover o uso integrado e sustentável de recursos biológicos (e.g., biorrefinarias) para a produção de bioprodutos, como por exemplo, os químicos verdes, fármacos, alimentos, bioplásticos e biopolímeros e biocombustíveis, alinhado com a proteção e valorização dos serviços dos ecossistemas. Um desafio importante nesta matéria é a aplicação de soluções de mitigação da depleção dos solos que contribuam para a saúde, vida e qualidade dos mesmos.

Os fertilizantes biológicos e de origem secundária não conseguem suprir a necessidade do mercado de rocha de fosfato para produzir fertilizantes (cobrindo apenas 30% das necessidades), o que levanta um desafio de implementar soluções e tecnologias alternativas e maduras na disponibilização de fósforo com limitação nos valores de cádmio que lhe estão associados. Assim, em março de 2017 foi lançada uma proposta legislativa sobre fertilizantes que deverá criar um mercado genuíno de fertilizantes obtidos a partir de matérias-primas secundárias (em particular de nutrientes obtidos a partir de resíduos). Esta proposta legislativa terá um papel primordial nos ciclos sustentáveis de nutrientes em toda a Europa e em Portugal.

Adotar as melhores práticas de reciclagem de nutrientes através do uso de estrumes e chorumes, segundo as regras de redução das emissões de amoníaco conforme o guia do Protocolo de Gotemburgo.

Em termos energéticos e de matérias-primas o desafio está no aumento da independência e a segurança energética, usando novos recursos e tecnologias avançadas, de forma a fomentar o uso dos recursos, e a implementação de soluções de produção local para aumento da autonomia energética e seu uso inteligente e sustentável.

Os novos processos robotizados ou mecânicos de valorização de resíduos deverão ser digitalizados de forma a permitir a sua otimização através da aprendizagem (*machine learning*) e análise de dados.

Verifica-se uma crescente pressão europeia, para a implementação de conceitos de subida na cadeia de valor, aproveitando os subprodutos dos processos para transformar ou incorporar em novos produtos. No entanto, não se verifica ainda, de forma significativa, a simbiose industrial entre diferentes indústrias e num conceito de ecologia industrial, mas apenas a otimização dos recursos próprios, alterando processos e utilizando subprodutos.

Assim os objetivos principais são:

- Implementar na atividade socioeconómica a classificação de resíduos baseada na sua composição;
- Aplicar soluções de mitigação da depleção dos solos que contribuam para a saúde, vida e qualidade dos mesmos;
- Criar rótulos para as matérias secundárias e promover :
 - o desenvolvimento de soluções para o uso integrado e sustentável de recursos biológicos para a produção de bioprodutos (ex., biorrefinarias);
 - a implementação de soluções e tecnologias alternativas na disponibilização de fósforo;

⁵³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0179&from=PT>

- o aumento da autonomia energética, com base em recursos renováveis, e a criação de soluções para o seu uso inteligente e sustentável;
- a digitalização dos processos de valorização de fluxos de massa e a criação de soluções de gestão da informação e dados;
- o impulsionamento e a criação de mecanismos e incentivos de promoção de simbioses industriais;
- o desenvolvimento de mais conhecimento e de soluções que permitam a reciclagem de nutrientes, através do uso de estrumes e chorumes conforme o guia do Protocolo de Gotemburgo, e a recuperação de elementos químicos raros presentes em produtos ou processos (e.g., ouro).

5.1.2 – Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Nos últimos 10 anos, tanto em Portugal como a nível internacional, foram desenvolvidos diversos produtos, serviços e processos que contribuíram para a criação de valor para as empresas e sociedade, através da sua comercialização ou implementação. Os desenvolvimentos mais visíveis ocorreram na inovação a nível do produto, tendo aplicação prática e estando a ser comercializados.

A inovação de produto frequentemente implica inovações de processo, com incorporação de materiais e reaproveitamento de subprodutos e resíduos.

Assistiu-se em vários sectores económicos, como por exemplo na cortiça, na madeira ou têxtil, uma abordagem sistémica que permitiu valorizar resíduos criando novos produtos e materiais ou cadeias de valor através da exploração de mecanismos de simbiose industrial e recolha seletiva de resíduos.

Na área da reciclagem de resíduos sólidos urbanos tem sido possível incorporar materiais como: madeira, polímeros, papel, cartão, vidro, metais, em produtos, através das entidades responsáveis pela gestão das várias fileiras de resíduos em Portugal.

Ao nível dos processos biológicos, foram desenvolvidos processos como a conceção de um fotobiorreactor para capturar dióxido de carbono para o cultivo de algas, o desenvolvimento de uma biorrefinaria de valorização de recursos lenho-celulósicos para produção de biopetróleo, e um processo de compostagem dos resíduos orgânicos provenientes de recolha seletiva para produção de um corretivo agrícola para utilização em modo de produção biológica.

Verifica-se uma tendência de utilização de materiais reciclados para produção de produtos de valor acrescentado, não só ao nível das embalagens, mas também do calçado.

A nível da alimentação humana foram desenvolvidos novos produtos através da integração de valorização de subprodutos/resíduos de diferentes setores como a indústria de carnes (pelo, osso e sangue e penas), indústria de cereais (sêmea), indústria de peixe (espinhas e pele), indústria de queijo (soro e soroelho), indústria cervejeira (drêche e levedura) e desenvolveram-se ingredientes finais de alto valor (extratos péptidicos e proteínas, polissacáridos e oligossacáridos funcionais) com protótipos de aplicação na área animal, alimentação humana, cosmética e biomédica;

Foram ainda desenvolvidos produtos com resíduos de fermentação como ingrediente funcional, produtos alimentares isentos de glúten, valorização de resíduos de conserveiras (atum e sardinha) ou do

bacalhau com soluções de aplicação em cosmética, remoção de metais e biomédica, ou a gelatina para aplicações alimentares e ainda a valorização de pectinas e extratos antioxidantes.

O *ecodesign* tem vindo também a ser implementado pela indústria nacional, numa primeira fase de forma limitada a estratégias específicas (e.g., design para a eficiência energética ou design para a reciclagem), e mais recentemente foram aplicados com sucesso, princípios e ferramentas de *ecodesign* de forma abrangente em setores como o da cerâmica, o da vitivinícola e o da grande distribuição. Alguns projetos de *ecodesign* foram complementados por avaliações de ciclo de vida para validar as diferentes opções de *design*.

Outra tendência recente é a comunicação do desempenho ambiental dos produtos elaboradas com base em avaliações de ciclo de vida, quer no setor dos materiais e produtos de construção (enquadráveis no sistema de registo nacional DAP Habitat), quer noutros setores. O pensamento de ciclo de vida, requerido pela norma ISO 14001:2015, está a tornar-se uma realidade para muitas empresas portuguesas de todos os setores da economia.

Verifica-se ainda que diversas empresas estão a remanufaturar produtos, principalmente nos setores dos equipamentos elétricos e eletrónicos e do automóvel. Por exemplo, o desenvolvimento e comercialização de uma garrafa de gás com o objetivo de a tornar mais leve, garantindo a segurança e a funcionalidade, substituindo o metal por polímeros e permitindo a poupança de combustíveis e o aumento da facilidade de movimentação pelo consumidor.

A nível Internacional destacam-se os produtos de moda, como uma marca de roupa de elevada qualidade que incorpora plástico marinho recolhido por pescadores (Espanha) ou o desenho e produção de vestuário 100% reciclável, projetando-o para ser reutilizado (Holanda). Há vários exemplos de cadeias de lojas que recolhem vestuário usado para que possam ser reutilizados ou transformados em novos têxteis.

Um pouco por todo o mundo estão a ser substituídos contratos que transferem a propriedade de produtos (venda) por contratos que apenas disponibilizam a posse dos produtos (aluguer), por vezes com serviços de manutenção ou similares associados. Assim, “vendem-se” Watts em vez de lâmpadas, milhas em vez de pneus e fotocópias em vez de fotocopiadoras. Esta alteração leva ao aumento do tempo de vida dos produtos, uma vez que o lucro do produtor passa a estar associado à durabilidade do produto e não ao número de produtos vendidos.

5.1.3 - Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Identificam-se de seguida algumas **oportunidades que fomentam o fecho dos ciclos de recursos, a extensão do tempo de vida dos produtos e a implementação de uma economia de partilha, de simbiose e de otimização.**

Prevenção de resíduos:

- ♣ Promover a extensão do tempo de vida dos produtos ao reparar equipamentos e outros materiais, através da criação de um mercado de peças baseado por exemplo na impressão 3D ou outras, para proporcionar as reparações, incluindo ainda um design que permita a sua reparação;

- ♣ De modo a fechar os ciclos de materiais e implementar uma economia de partilha e de otimização, é fundamental concretizar as simbioses industriais, sendo necessário desenvolver um rótulo de qualidade dos materiais secundários e que os processos sejam ágeis para a indústria, menos burocráticos e morosos.

Otimização da valorização material de resíduos e recursos não valorizados ou valorizados de forma ineficiente:

- ♣ Desenho de processos e sistemas que promovam (1) o aumento da qualidade dos materiais provenientes da triagem de resíduos e (2) o estabelecimento de simbioses industriais, com incentivos reais para quem separa os materiais e coopera em prol da eficiência;
- ♣ Desenvolvimento e aplicação de tecnologia para reduzir a quantidade de contaminantes dos materiais provenientes da triagem de resíduos;
- ♣ Desenvolver tecnologias e processos que transformem resíduos em matérias-primas por princípios de biorrefinação, permitindo a valorização em cascata de valor, com destaque para processos integradores;
- ♣ Desenvolvimento de soluções de internet das coisas (IoT) e de plataformas para monitorização remota e para a operação centralizada de sistemas de gestão de águas e de resíduos, de modo a otimizar os processos;
- ♣ Melhorar os processos das estações de valorização de resíduos, sólidos e líquidos, para reduzir a carga contaminante e aumentar o aproveitamento dos subprodutos, tanto a nível urbano como industrial;
- ♣ Desenvolver tecnologias de identificação e separação de materiais para utilização em centros de triagem ou outros;
- ♣ Criar soluções de generalização da recolha seletiva de resíduos sólido urbanos, de modo a evitar a contaminação dos materiais e garantir a possibilidade de valorização a montante no seu ciclo de vida;
- ♣ Desenvolvimento de processos e tecnologias que permitam a valorização em cascata de valor de resíduos e recursos (e.g. biorrefinarias).

Valorização energética:

- ♣ Implementar soluções de eficiência energética na descentralização da geração de energia, por exemplo em condomínios ou bairros;
- ♣ Disponibilizar soluções mais eficientes de aproveitamento e geração de energia nas habitações e de aproveitamento da “totalidade” da energia dos processos industriais, sendo necessário estabelecer simbioses e implementar soluções cada vez mais locais;
- ♣ Efetivar a valorização energética de resíduos que não tenham possibilidade alternativa de valorização material (RDC), por tecnologias avançadas (tecnologias eficientes em termos energéticos e ambientais).

Gestão de fluxos específicos de resíduos e recursos:

- ♣ Desenvolver e implementar um sistema de gestão de resíduos e de resíduos de embalagem baseado nos materiais independentemente da sua origem;
- ♣ Desenvolver e comercializar novos produtos com base em escórias e cinzas provenientes das centrais de incineração e de outros sistemas geradores;
- ♣ Desenvolver novas soluções tecnológicas para valorização dos lixiviados provenientes de aterros sanitários e de efluentes industriais, quer com cargas orgânicas elevadas como de químicos;
- ♣ Desenvolver e implementar novas tecnologias de valorização e conversão de recursos lenho-celulósicos (e.g., resíduos agroflorestais, matos e incultos) em bioprodutos, com possibilidade de integração de fluxos de energia e massa de outros setores e tipos;
- ♣ Desenvolver e implementar tecnologias de recuperação de recursos raros (e.g., o elemento químico ouro presente em equipamentos eletrónicos) e de nutrientes (e.g., os fosfatos pois são estratégicos para o setor agrícola).
- ♣ Implementar soluções de identificação, seleção e valorização dos resíduos de embalagens de bioplásticos, que irão surgir com mais frequência no mercado como resposta para reduzir os plásticos, mas que serão também um problema na triagem e reciclagem dos plásticos;
- ♣ Otimizar o aproveitamento de biogás para soluções mais nobres do que a combustão, por exemplo, para produção de bioplásticos;
- ♣ Criar soluções de eliminação de poluentes farmacêuticos persistentes como hormonas e medicamentos, ou poluentes emergentes como os nanomateriais, nos ecossistemas;
- ♣ Integrar processos para valorização de diferentes resíduos/subprodutos por forma a assegurar quantidade e sustentabilidade, podendo superar a sazonalidade;
- ♣ Criar circuitos e logística adaptada à valorização de subprodutos para aplicações de alto valor (alimentação, nutracêutica, cosmética, etc.) com elevada exigência de segurança e estabilidade.

5.1.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

De entre os fatores limitantes para o futuro da inovação em **design e desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços** destacam-se os seguintes:

- **Regulamentação:** a inexistência de um sistema legal e capacidade de resposta e massa crítica do sistema atual que promova a implementação da economia circular através da existência de regimes legais coerentes (e.g., a economia circular é baseada na cadeia de valor dos materiais, no entanto a classificação dos resíduos em Portugal é baseada na origem e no princípio da responsabilidade do produtor, facto que torna o sistema atual pouco adequado à implementação da economia circular, não havendo incentivo económico à maximização da valorização dos materiais) e conhecimento sobre a evolução da inovação neste setor;
- **Afirmação Europeia:** a reduzida presença de Portugal nas discussões Europeias de forma a que as métricas definidas possam ser mais aproximadas da realidade nacional (atualmente não

existe uniformização nos Estados Membros quanto à forma de cálculo utilizada nos indicadores de gestão de resíduos, assim é necessário que a transposição legislativa europeia para Portugal possa ser ponderada e adequada à realidade nacional);

- **Desburocratização e agilização os processos:** a falta de simplicidade, agilidade e rapidez nos processos relativos às empresas e aos temas da economia circular; a complexidade do processo de desclassificação de resíduos, que desincentiva o processo das simbioses industriais; a inexistência de traduções para português de normas complexas, mas fundamentais ao processo de evolução na economia circular, que sejam de fácil acesso a todos os agentes económicos;
- **Investimento e Financiamento:** o reduzido incentivo ao investimento e financiamento de produtos, processos e sistemas de demonstração tecnológica e de modelos de negócio impulsionares da economia circular;
- **Tecnologia:** o limitado conhecimento acerca da utilização de nanotecnologia, e do seu impacto nos ecossistemas, bem como de formas de recuperação e valorização dessas nanotecnologias;
- **Logística:** a inexistência de sistemas de tratamento por todo o país para dar resposta aos resíduos e fluxos de massa de bioprodutos.

5.2 Gestão sustentável dos ciclos de recursos

5.2.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O desenvolvimento socioeconómico equilibrado a médio e longo prazo implica também uma gestão sustentável dos ciclos de recursos. Nesta área Portugal enfrenta um conjunto de desafios, quer de âmbito específico do país, quer de âmbito europeu. Assim, refira-se que, em termos mássicos, mais de metade das importações de Portugal são de recursos fósseis, a maioria dos quais utilizados na produção de eletricidade e calor, de combustíveis líquidos para os transportes ou de produtos intermédios para a indústria química. Atendendo aos objetivos de Portugal na redução das emissões de GEE, será necessário inovar nos processos na ótica da descarbonização pelo recurso a matérias-primas com melhores balanços de GEE. Uma melhor gestão dos combustíveis alternativos endógenos, particularmente os de origem biogénica, pode contribuir decisivamente para simultaneamente descarbonizar, reduzir as importações de combustíveis fósseis e valorizar os resíduos/recursos produzidos em Portugal.

Por outro lado, Portugal terá de melhorar significativamente a gestão dos resíduos para 2020 e 2030. Será fundamental desenvolver e transferir o estado da arte na recolha, triagem e reciclagem, reduzindo ao mínimo as ineficiências do sistema como um todo. Particularmente nos resíduos setoriais (e.g., industriais, de construção e demolição, biorresíduos, entre outros), será necessário desenvolver o controlo destes fluxos para além da inovação nas operações de recolha, tratamento e valorização, introduzindo os princípios da cascata de valor. Quando a alternativa for energética ou nas situações da fração última da cascata de valor, há também necessidade de desenvolver a eficiência energética dos sistemas de valorização energética, aproveitando ao máximo o potencial energético dos resíduos e minimizando o impacto ambiental das emissões do processo de combustão.

Quanto à gestão do ciclo da água, o principal desafio será integrar inovação para a redução do consumo de energia e de perdas de água, no abastecimento e no consumo, para um maior aproveitamento em

cascata e para o tratamento das águas residuais com vista ao seu reaproveitamento em outros processos e na recuperação de nutrientes assim como na redução dos impactos específicos.

Na gestão dos ciclos dos nutrientes, Portugal necessitará de maximizar o aproveitamento dos fluxos antropogénicos, como a partir dos resíduos da indústria agroalimentar, da gestão dos solos e das soluções baseadas na natureza para combater os fenómenos de empobrecimento do solo e a dependência de fluxos exógenos aos ciclos.

Assim, os principais objetivos são:

- Ao nível da gestão dos ciclos de recursos, existirá a necessidade de se implementar uma gestão inteligente e recuperação de materiais, compostos e elementos, com vista à sua valorização proveniente por exemplo de materiais de edifícios, equipamentos e outros bens produzidos;
- Explorar nos aterros já selados ou outros locais de grande concentração de resíduos (e.g., unidades industriais abandonadas, lixeiras encerradas) a recuperação de materiais, compostos e elementos e diminuir o efeito dos processos de lixiviação existentes e o passivo ambiental gerado pela libertação de compostos orgânicos voláteis, em particular os de pequenas dimensões moleculares;
- Encontrar soluções inovadoras na organização das cadeias e redes, sejam de fornecimento ou de gestão de resíduos (e.g., cadeias de logística reversa, redes de simbioses industriais), que permitam promover o emparelhamento entre produtor e valorizador (e.g., mercados eletrónicos), mas também a rastreabilidade ao longo da cadeia.

5.2.2 – Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Nos últimos 10 anos os avanços tecnológicos mais significativos deram-se:

- no âmbito dos processos de valorização dos resíduos e a utilização de tecnologias de informação para uma gestão mais inteligente dos ativos físicos, dos resíduos e logísticos;
- na implementação de soluções inovadoras baseadas na natureza para responder a desafios como as alterações climáticas, a degradação dos solos ou os impactos negativos da urbanização (e.g., efeito ilha de calor), entre outros;
- no desenvolvimento de modelos de gestão sustentável e de certificação, com particular destaque para os recursos gerados no setor florestal.
- no desenvolvimento de materiais e de tecnologias de reutilização e valorização de resíduos de construção e demolição.

De forma genérica pode referir-se que:

- o estado da arte nos processos de recuperação e valorização já permite aumentar a recirculação de vários fluxos de materiais, resíduos, energia e água, mas em muitos casos o custo marginal associado é demasiado elevado;
- nos resíduos urbanos verificaram-se melhorias nas tecnologias de separação com a utilização de equipamentos mais especializados, como os separadores óticos ou por densidades, que permitem responder (ainda que parcialmente) à necessidade de separar plásticos com polímeros diversos;

- se tem verificado também uma evolução significativa com a utilização das tecnologias alternativas da valorização orgânica e energética, como digestão anaeróbia ou como gaseificação e pirólise de elevada eficiência. Apesar de já existirem instalações há várias décadas no contexto energético, a robustez e a eficiência destes processos tem vindo a aumentar para conceitos de valorização em cascata de valor.

Nos últimos 10 anos a evolução mais relevante ocorreu no desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação (onde incluímos eletrónica, software, redes, monitorização, sistemas de georreferenciação, entre outros). A tecnologia atual já atingiu o nível de desenvolvimento para uma gestão de ativos baseada na Internet das Coisas, faltando aplicá-la de forma alargada e sistemática nos equipamentos. Verificou-se também a disseminação dos *softwares* de gestão e otimização de frotas de recolha e, de forma mais experimental ou demonstrativa, a utilização de sistemas de *pay as you throw* (PAYT) através de TIC.

Importa também referir a implementação de alguns modelos de gestão sustentável dos recursos florestais e nas SBN que potenciem os serviços dos ecossistemas para uma melhor gestão dos fluxos de nutrientes e recursos, nomeadamente: (1) a captura de carbono através de pastagens de características específicas ou a utilização mais eficiente do azoto através da implementação de técnicas conducentes à redução de perdas para as águas e para a atmosfera; a melhor gestão do ciclo da água, incluindo a redução da impermeabilização do solo e o aumento da capacidade de retenção, reduzindo riscos de eventos extremos; e o restauro de ecossistemas degradados, entre outros usos das SBN. Não existe conhecimento consolidado que permita constatar os desenvolvimentos da última década, mas existem referências que evidenciam exemplos da implementação de SBN na Europa⁵⁴.

5.2.3 - Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Podem ser perspetivados para uma agenda de inovação na subárea da **gestão sustentável dos ciclos de recursos** os eixos de oportunidade a seguir enunciados.

♣ ***Eco inovação para o desenvolvimento, demonstração e otimização de sistemas de prevenção, recolha, separação, valorização e tratamento de resíduos e de águas residuais***

- A eco inovação é necessária para desenvolver soluções mais custo-eficiente e que permitam desbloquear o potencial de valorização de materiais, energia e água dos fluxos antropogénicos e, assim, promover o fecho dos ciclos. A inovação deverá ir para além do âmbito tecnológico; abordagens inovadoras nas áreas das políticas públicas, dos novos modelos de negócio, das abordagens educativas e de sensibilização, entre outras, serão igualmente relevantes. Neste âmbito, assume particular importância a transferência de conhecimento entre o Sistema Científico e Tecnológico Nacional, o sector privado e as empresas públicas, particularmente dentro do setor público dos resíduos e das águas.

⁵⁴ <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

- ♣ ***Eco inovação: aumento do ciclo de vida, número de utilizações e prevenção na geração de resíduos***
 - Para garantir uma melhoria na gestão sustentável de recursos e uma economia mais circular é importante garantir um aumento no ciclo de vida e no número de utilizações, com base numa aposta em eco inovação na perspetiva holística de ciclo de vida dos produtos, processos e serviços, integrando ainda a prevenção na geração de resíduos, para que diminuir a pressão sobre os recursos naturais e aumentar a capacidade os recursos que “circulam” na atividade económica.
- ♣ ***Utilização de **tecnologias de informação e comunicação** com vista à gestão de reservas/provisões e otimização das cadeias ao longo dos ciclos de recursos***
 - Os avanços tecnológicos na área da eletrónica, sensores, *software*, redes de comunicação e sistemas de georreferenciação têm permitido desenvolver sistemas de gestão inteligentes de ativos. Existem oportunidades de utilizar novas ferramentas para potenciar a manutenção preventiva e a reparação destes ativos, maximizando a sua permanência e promovendo o fecho dos ciclos. Permitirão também às empresas aumentar o conhecimento de base de como os produtos são usados pelos utilizadores. As TIC e as TIG podem também ser utilizadas para criar mercados eletrónicos de recursos, para aumentar a rastreabilidade dos fluxos de materiais e para otimizar a gestão das cadeias de materiais (ex., cadeias de abastecimento, logística reversa, simbioses industriais).
 - Utilização das TIC e de mecanismos apropriados para rastreabilidade dos produtos e serviços na perspetiva de ciclo de vida completo, permitindo ao consumidor aferir o nível e desempenho de sustentabilidade e realizar comparações.
- ♣ ***Soluções baseadas na natureza para uma melhor gestão dos ciclos dos nutrientes e do ciclo da água, regeneração de ecossistemas e aumento do fornecimento e valorização de recursos endógenos***
 - As soluções baseadas na natureza utilizam os mecanismos próprios dos ecossistemas para transformar desafios ambientais, económicos e sociais em oportunidades de inovação. Estas abordagens têm um grande potencial de aplicação, podendo, por exemplo, melhorar os processos de urbanização, de gestão costeira, gestão de riscos naturais, entre muitas outras. Especificamente para a gestão dos ciclos dos recursos, as SBN são apontadas como oportunidades para regular o ciclo da água (através, por exemplo, do aumento da capacidade de retenção no solo), para o sequestro do carbono, para o uso mais eficiente do azoto e para redução da erosão e empobrecimento do solo. As SBN podem também ser utilizadas para melhorar a sustentabilidade dos sistemas produtivos (e.g., sistemas agroflorestais) e promover o fornecimento e a valorização sustentável de recursos endógenos.

♣ ***Tecnologias e soluções aplicadas a aterros já selados e outros locais de grande concentração de resíduos***

- É necessário desenvolver tecnologias e soluções aplicáveis a unidades industriais abandonadas, lixeiras encerradas, aterros e outros para a recuperação de materiais, compostos e elementos passíveis de serem utilizados como matérias-primas em processos existentes, diminuindo a pressão na exploração de novos recursos.

5.2.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

De seguida referem-se os fatores considerados mais condicionantes para o futuro da inovação em **gestão sustentável dos ciclos de recursos**.

- ***Inexistência de uma base de projetos demonstradores***
 - Para a adoção das inovações referidas, é fundamental garantir que existe uma base de conhecimento e de projetos demonstradores a nível nacional, que permitam confirmar o valor intrínseco da inovação em causa e a construção de referências para *scale-up* e futuras aplicações em contexto real. A existência de projetos demonstradores e a sua disseminação deve ser considerada como uma condição necessária e que deve ser assumida pelas entidades nacionais no âmbito da economia circular.
- ***Inexistência de critérios de inovação e sustentabilidade na contratação pública***
 - As entidades públicas estão numa posição privilegiada para alavancar a inovação para a gestão ecológica sustentável dos ciclos através da contratação pública, utilizando critérios de inovação e de sustentabilidade. Em particular, o investimento público deve ser entendido como um catalisador para a adoção de soluções baseadas na natureza e a integração da ecoinovação nos setores prioritários para a gestão dos ciclos de recursos (ex., construção, gestão de resíduos, abastecimento e tratamento de água).
- ***Ineficácia na capacidade de alavancar investimento e financiamento para provas de conceito e demonstrações***
 - Os modelos de financiamento típicos podem não ser adequados para as inovações discutidas. Por exemplo, as dificuldades de avaliar a depreciação e valor residual de SBN coloca desafios técnicos a potenciais investidores ‘tradicionais’. É necessário mobilizar fundos de investimento e financiamento públicos e privados, possivelmente em combinação, mas também introduzir, de forma sistemática, os investimentos na economia circular e na gestão dos ciclos de recursos, em particular, no espectro dos investidores privados e institucionais.
- ***Falhas no desenvolvimento das cadeias de valor***
 - O desenvolvimento da gestão sustentável dos ciclos de recursos pode implicar o desenvolvimento de novas cadeias de valor ou a integração de novos processos em partes de cadeias de valor existentes ou a combinação de cadeias de valor, em formatos de simbioses, sendo, assim, processos complexos que podem originar falhas e

condicionar a implementação tecnológica ou a melhoria na gestão sustentável dos ciclos de recursos.

- *Falhas nas redes de cooperação complementares entre SCTN e as empresas*
 - Pela própria abrangência do tema, a inovação no âmbito da gestão dos ciclos de recursos requer uma abordagem sistémica que combine as dimensões técnica, de negócio, financiamento, governança, regulamentação e social. Mesmo dentro da componente técnica, diferentes especialidades têm de colaborar para desbloquear o potencial das inovações para a gestão dos ciclos de recursos. Por estes motivos, é necessário continuar a promover as redes de cooperação e a transferência de conhecimento entre o SCTN e empresas, garantindo que existe motivação de ambas as partes, e que esta é substanciada em provas de conceito e projetos demonstradores das inovações propostas.

5.3 Governança e Território

5.3.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Assume-se a seguinte Visão para o papel da inovação no contexto da Economia Circular e do seu impacto na governança e no território: *“Aplicar conhecimento, novas abordagens ou abordagens convencionais mas otimizadas no seu objeto ou na sua forma de aplicação como fatores de desenvolvimento, de resiliência e de competitividade das diferentes tipologias de território (urbano, periurbano e rural) e das interações entre elas, contribuindo para uma transformação disruptiva dos modelos de gestão do território e dos mecanismos de governança, em consonância com a valorização dos recursos naturais e das especificidades de cada território”.*

Os principais desafios de inovação ao nível da governança e território centram-se:

- na aplicação prática e com resultados efetivos de metodologias, soluções e tecnologias que contribuam para o desenvolvimento sustentável e autossuficiente dos territórios, em particular das áreas urbanas e na valorização sustentável dos recursos existentes nos territórios sem atividade económica significativa (tendo em consideração que 30% do território nacional está em contexto de abandono), contribuindo para a coesão territorial e fixação de jovens e pessoas qualificadas em regiões rurais;
- na aplicação de novos modelos de análise e avaliação de fluxos das áreas urbanas (metabolismo urbano), meio periurbano e rural, numa lógica circular e inteligente;
- na incorporação do conceito de economia circular na gestão das diferentes tipologias de ocupação e funções do território, através da compreensão do funcionamento do território e respetivos fluxos de materiais, energia, infraestruturas, emissões e resíduos, da implementação de modelos de gestão e de sistemas de monitorização, de informação e de comunicação inteligentes, custo-eficazes, acessíveis e com respostas tendencialmente em tempo real;
- na definição, implementação e monitorização de políticas de coesão social que se reflitam na qualidade de vida das pessoas, na competitividade dos agentes económicos, na prática da cidadania e na eficácia da governança.

Atendendo aos desafios acima identificados, é estabelecido um conjunto de objetivos específicos de inovação para a governança e território no âmbito da economia circular:

- melhorar a qualidade ambiental dos territórios urbanos, periurbanos e rurais e, consequentemente, a qualidade de vida das populações através da aplicação de soluções inovadoras que permitam incentivar e implementar boas práticas e novos modelos de gestão territorial;
- incentivar o desenvolvimento económico através do reforço do investimento público e privado em inovação, promovendo a coesão social e atenuando as assimetrias regionais, em particular nos territórios de baixa densidade e/ou de menor disponibilidade de recursos;
- desenvolver territórios autossuficientes e circulares, nomeadamente em termos de materiais, energia e infraestruturas, promovendo a utilização de recursos endógenos e renováveis;
- apostar nas mais-valias, nas vantagens competitivas e no potencial de excelência de cada região/território (tendo em conta, entre outros aspetos, as estratégias regionais de especialização inteligente - RIS3), promovendo a eficiência e a transformação do território recorrendo às tecnologias mais adequadas para cada caso.

5.3.2 – Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Nos últimos anos diversos foram os desenvolvimentos tecnológicos (e não só) associados à evolução dos territórios e dos agentes socioeconómicos e administrativos que neles interagem. Alguns dos mais relevantes ou emblemáticos são:

- *Territórios inteligentes e circulares*

identificam-se centenas de projetos a nível mundial, europeu e nacional com inovações ao nível das ferramentas de planeamento urbano digital (incluindo Tecnologias de Informação Geográfica - TIG), aplicações de estacionamento urbano, observatórios urbanos com informação em tempo real sobre atrações, transportes, tráfego, meteorologia e notícias locais; sistemas PAYT (*Pay As You Throw*) de gestão de resíduos; sistemas inovadores de transporte urbano (p.e. *Bus Rapid Transit* - BRT); aplicações de *car-sharing* e *bike-sharing*; sistemas de iluminação inteligentes nos espaços e edifícios públicos; postos solares de carregamento de veículos elétricos; plataformas de planeamento urbano e orçamento participativos e *crowdfunding*; estratégias e planos de ação com aplicações concretas na área das cidades inteligentes, projetos piloto à escala municipal ou regional em áreas verticais (ex., mobilidade e eficiência energética);

- *Gestão de recursos hídricos*

têm sido implementados projetos com o objetivo de adaptar tecnologias já consolidadas em determinados contextos para melhorar as condições de vida de populações e a eficácia da gestão de recursos hídricos em contextos mais desfavorecidos (como comunidades remotas em países em desenvolvimento ou com limitações técnicas, humanas ou institucionais), para desenvolver sistemas de gestão e apoio à decisão tendencialmente em tempo real e tendo em conta os diferentes utilizadores de recursos hídricos à escala da bacia hidrográfica e para desenvolver tecnologias de extração e reutilização de nutrientes e bioprodutos (bioplásticos, ácidos orgânicos, biogás) de águas residuais e de reutilização de águas residuais tratadas para irrigação a partir de efluentes urbanos e industriais;

- *Gestão de fluxos materiais e de energia*

evidencia-se o desenvolvimento e teste de soluções inovadoras para melhorar a eficiência de processos e serviços, reduzindo o consumo de recursos naturais e promovendo a prevenção e geração de resíduos – por exemplo, sistemas PAYT e outras soluções que promovem um maior envolvimento e participação dos cidadãos; incentivos à microgeração de energia; reforço da intermodalidade e mobilidade sustentável - bicicletas de utilização partilhada e gratuita, lugares de estacionamento para recarregamento de viaturas elétricas; plataformas de gestão inteligente de energia e de água (na iluminação pública, nas frotas automóveis, nos edifícios, nos sistemas de abastecimento e drenagem, nos sistemas de gestão de resíduos, entre outros);

- *Gestão e vocação territorial*

identificam-se algumas iniciativas bem sucedidas associadas à recuperação de espaços e territórios abandonados ou pouco aproveitados (ex., aldeias abandonadas, edifícios industriais devolutos, edifícios de serviços entretanto extintos, antigos moinhos e azenhas) e à sua reconversão para outros usos (como turismo em espaço rural, incubadoras e centros de acolhimento empresarial, núcleos museológicos, pequenas centrais hidroelétricas, entre outras); destaque ainda para as intervenções nas vertentes urbanística e ambiental no âmbito do programa POLIS, que promoveram a qualidade de vida nas Cidades, melhorando a atratividade e competitividade dos polos urbanos;

- *Serviços de ecossistemas e capital natural*

tem sido crescente o interesse pela avaliação e valoração dos serviços de ecossistemas na implementação de medidas e projetos com incidência territorial, bem como por soluções de valorização do capital natural endógeno (incluindo as designadas soluções baseadas na natureza), sejam aplicadas a grandes infraestruturas (ex., projetos rodoviários e hidroelétricos), ao planeamento territorial (ex., para regulação do ciclo urbano da água e prevenção de cheias, para regulação climática, para a melhoria da qualidade do ar, para segurança no abastecimento de água, para minimização de problemas de saúde associados ao sedentarismo e à poluição urbana, para acesso custo-eficaz a alimentos, para redução da pegada ecológica e da pegada hídrica do território e para geração de emprego associado à implementação e manutenção destas novas soluções), à sustentabilidade energética (ex., biocombustíveis, uso de biomassa recuperada da manutenção das florestas para produção de energia), ao aumento da produtividade e sustentabilidade do setor primário (ex., recurso à biodiversidade funcional na gestão de paisagens e produções agrícolas, redução do consumo de fitofarmacêuticos e de água, modos de produção integrada, agricultura biotecnológica, bioindicadores e biossensores, controlo biológico de pragas) ou mesmo ao ramo dos seguros (para tornar mais rigorosa a avaliação de prémios de seguros de atividades com potenciais impactos e riscos ambientais);

- *Governança*

têm sido desenvolvidas diversas iniciativas que refletem inovações na forma de relacionamento e comunicação entre as instituições, os agentes económicos e os cidadãos, como por exemplo plataformas que divulgam e partilham experiências e aplicações práticas de implementação de economia circular, sistemas que promovem o contacto entre agentes socioeconómicos que produzem resíduos com outros que os podem utilizar como matérias-primas, sistemas que incentivam aplicações e

medidas de eficiência energética em edifícios públicos (e não só) e mecanismos que permitem monitorizar, quantificar e divulgar os resultados obtidos com iniciativas de circularidade da economia.

5.3.3 - Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Ao nível da **governança e território** salientam-se as seguintes áreas como oportunidades de inovação:

- ♣ promoção de **territórios inteligentes** com convergência entre as dimensões ambiental, humana e tecnológica, com dinâmicas de coesão territorial;
- ♣ implementação de **novas abordagens de governança, planeamento estratégico e políticas** de desenvolvimento inteligente do território e da economia;
- ♣ fomento de iniciativas de **inovação social e dinâmicas de bioeconomia** para a valorização dos recursos biológicos e naturais, centradas na economia circular;
- ♣ integração e articulação de **funções e infraestruturas do território**;
- ♣ gestão e utilização comum de **tecnologias de informação e comunicação e de redes digitais e TIG**;
- ♣ evolução ao nível das cadeias logísticas e capacidade do tecido industrial para, de forma integrada, aplicar princípios da ecologia industrial onde os subprodutos e resíduos de uns sirvam como matéria-prima de outros;
- ♣ processos de **cooperação entre atores políticos, económicos e sociais** - inovação ao nível da formação e da participação pública, incluindo “on job training” e novos métodos de interação, recolha e uso inteligente de informação (ex., gamificação);
- ♣ **inovação e empreendedorismo social e inclusão digital** ao nível dos serviços públicos e privados (saúde, segurança, educação, cultura, turismo, entre outros).

5.3.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

De seguida referem-se os fatores considerados mais condicionantes para o futuro da inovação em **governança e território**:

- reforço das condições de descentralização do território;
- reforço da ligação entre as entidades de investigação e as que têm vocação para transformar conhecimento em inovação;
- desenvolvimento de mecanismos de cooperação entre entidades com valências sinérgicas (tanto a nível de conhecimento como de materiais);
- agilização dos processos de tomada de decisão;
- eliminação de subsídios a combustíveis fósseis que reduzem a competitividade de custo dos produtos de base biológica;
- reforço da formação, comunicação e envolvimento dos agentes socioeconómicos;
- aumento da articulação entre as componentes social e tecnológica da economia circular;
- agilização da implementação e gestão de mecanismos de financiamento.

- operacionalização da agenda de inovação (articulando-a com a agenda de investigação).

5.4 Novos modelos de negócio, comportamento e consumo

5.4.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A incorporação da economia circular nos **modelos de negócio, comportamento e consumo** origina um conjunto de desafios, nomeadamente:

- a integração ativa das partes interessadas não só ao longo da cadeia de valor do produto mas também entre cadeias de valor de produtos diferentes;
- a criação de novos produtos e serviços, e novos mercados;
- alterações nos modelos de consumo, comportamento e de organização social;
- alteração dos modelos de valorização do desempenho das empresas e da sua análise de risco.

Relativamente aos novos modelos de consumo e organização social colocam-se desafios ao nível da aceitação de novos produtos/serviços, de novas formas de dispensar (por exemplo, reduzindo material de embalagem) e distribuir (ex., aquisição de serviço em vez de compra de produto), de novas formas de consumir (por exemplo, reduzindo o consumo definido de forma lata - aquisição, apropriação, apreciação e descarte -, partilha, extensão da vida útil dos produtos).

A adoção de modelos de consumo de partilha, requer o desenvolvimento de plataformas (quer virtuais, quer na forma de associações) de partilha, mas também o desenvolvimento de uma rede de logística exigente ligando disponibilidade do produto à procura do mesmo. Neste sentido o desenvolvimento de sistemas de recolha de informação (*big data*) é essencial por forma a desenvolver algoritmos de apoio à decisão eficazes (por exemplo, desenvolvimento de algoritmos eficazes para gestão de plataformas logísticas de matérias primas secundárias ou de consumo colaborativo, de serviços, etc.). A literacia funcional das partes interessadas (produtores, consumidores, agentes públicos) relativa às plataformas a desenvolver é, assim, um desafio também relevante.

Por outro lado, o aparecimento de modelos de consumo colaborativo e de partilha implicará novos modelos de negócio (ou organização da atividade) para a economia.

Um desafio muito significativo para as empresas, incluindo as organizações do terceiro setor, é a interligação das suas atividades em cascatas sucessivas de cadeias de valor que se pretendem ascendentes. Igual desafio se coloca aos consumidores de produtos/serviços, a partilha de bens, requerida pela substituição do produto pelo serviço em muitas circunstâncias, irá exigir novas conceções de organização social e de relacionamento.

A necessidade de transformação da sociedade numa sociedade tendencialmente sustentável do ponto de vista das alterações climáticas e de base biológica traz desafios significativos na reorganização das atividades de produção, transporte e consumo. O desenvolvimento de mecanismos de consumo local e da época, a partilha de materiais, espaços ou tempo, são apenas alguns exemplos dos desafios a vencer.

Neste contexto, existirá a necessidade de se criarem novos modelos de contabilização e valorização das empresas que incorporem a economia circular ao nível do produto, processo e/ou serviço que

disponibilizam ao mercado, bem como novos instrumentos de financiamento que sejam capazes de catalisar os investimentos circulares.

5.4.2 – Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Em Portugal, na Europa e Estados Unidos, desenvolveram-se várias iniciativas de economia circular que têm sido sistematizadas em bases de dados de acesso público como sejam BCSD Portugal, *Circular Economy* Portugal, eco.nomia.pt. No entanto, sendo um tema ainda recente ao nível do desenvolvimento de modelos de negócio e sua respetiva avaliação económica, as fontes de informação específicas e concretas sobre este tema são ainda limitadas.

Uma consulta dessas bases revela que os setores com maior número de experiências em Portugal são o da indústria têxtil, dos serviços e o da madeira e mobiliário. Usando a classificação das estratégias de economia circular propostas no site eco.nomia.pt, um número reduzido (relativamente ao total) das iniciativas são classificadas como novos modelos de negócio, sendo que estes se localizam principalmente no setor dos serviços. Fora de Portugal, novos modelos de negócio têm sido desenvolvidos também noutros setores como equipamentos elétricos e eletrónicos, transportes, têxtil e calçado, agricultura, indústria alimentar, floresta, matos e incultos, entre outros.

Ainda com base na informação coligida nas referidas bases é possível distinguir as estratégias desenvolvidas no interior da organização, das estratégias inter-organizacionais. De certa forma, as últimas são mais complexas pois requerem a coordenação entre instituições. Verifica-se que não existe muita diferença no número de iniciativas, pelo que se pode concluir que os bloqueios, a existirem, não são distintos entre as duas tipologias.

Relativamente aos modelos de consumo, existem já diversas iniciativas registadas. São maioritariamente redes/plataformas eletrónicas de partilha e de consumo colaborativo.

De destacar também a existência de algumas iniciativas ao nível das cidades.

A leitura das experiências existentes permite diagnosticar um problema: na maioria dos casos reportados, as estratégias de economia circular não são o “*core business*” das empresas, mas de certa forma são linhas paralelas/experimentais. Um tema que é necessário avaliar é a escala destas iniciativas quer para as próprias empresas, quer em termos setoriais. Em suma, é necessário estudar os processos de difusão de tecnologias, ou práticas sociais, diagnosticando os bloqueios existentes nestes processos.

5.4.3 - Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

A criação de novos produtos, serviços ou processos abre caminho a novas atividades, permitindo desenvolvimento da criatividade dos agentes económicos, sociais e institucionais com potenciais vantagens ao nível da sustentabilidade, da coesão social e territorial, da integração de populações e cidadãos vulneráveis, da valorização de tradições e expressões culturais locais, da propulsão do desenvolvimento turístico ou da recuperação do atraso de regiões desfavorecidas, não descurando a sustentabilidade económica.

Assim, identificam-se algumas das **oportunidades de inovação**:

- **criação/adaptação de ferramentas** que permitam a efetivação dos novos modelos de negócio focados na venda do serviço e não na venda do produto;
- implementação de **sistemas de inovação nos processos e organizacionais** de forma a permitir comunicar com o consumidor o impacto ambiental e social do produto e serviço vendido;
- implementação de **parcerias entre empresas** tipicamente **concorrentes**, de forma a promover as simbioses industriais e a ecoinovação (quer a nível nacional quer transfronteiriço);
- identificação de **métodos e enquadramentos** que permitam minimizar a perceção do risco de projetos e modelos de negócio circulares por parte do setor financeiro;
- implementação de **processos de financiamento público-privados** com transparência;
- implementar **campanhas de marketing** efetivas aos consumidores de forma capacitar o cidadão com informação que lhe permita caminhar para um consumo circular;
- incorporar nos processos organizacionais a realização de sessão de **pensamento prospetivo** com os colaboradores das empresas de forma regular.

5.4.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

De seguida enunciam-se os fatores considerados mais limitativos para o futuro da inovação em **novos modelos de negócio, comportamento e consumo**:

- *Limitações no enquadramento legal e institucional que promova a criação de instrumentos de financiamento*
 - como sejam capital de risco, crowd-funding, incubadoras sociais, etc.; muitas das atividades que surgem da implementação da economia circular têm características inovadoras, com maior grau de risco, ou menos familiares para o setor financeiro, o que por norma estará associado a maiores custos financeiros;
- *Falta de sistemas de recolha de informação sistemática com georreferenciação*
 - na identificação das estratégias inter-organizacionais, na identificação dos fornecedores/clientes, na definição de sistemas logísticos eficientes que potenciem sistemas de simbioses industriais de produto-serviço e a partilha;
- *Inexistência de diálogo entre Stakeholders*

- que limita o desenvolvimento de abordagens participativas (usando as novas tecnologias de informação e comunicação), e exploração de novas formas de organização e gestão de empresas, organizações estatais e do território.
- *Inexistência de um enquadramento que permita o surgimento de novos mercados para os novos produtos e serviços.*
- *Falta de crescimento das políticas de compras públicas ecológicas*
- *Inexistência da metodologia da Ecologia Industrial nos novos modelos de negócio, comportamento e consumo;*
- *Inexistência de sistemas que promovam a segurança da informação*
 - a recolha de dados de forma sistemática e alargada (*big data*) trará novos desafios ao nível da segurança; implicando o desenvolvimento de sistemas que por um lado assegurem a proteção da segurança pública, controlo de terrorismo, proteção da intimidade da vida privada, sem comprometerem o uso dessa mesma informação.



FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

AV. D CARLOS I, 126, 1249-074 LISBOA, PORTUGAL
T. [+351] 213 924 300

WWW.FCT.PT