

SOCIUS WORKING PAPERS

CIRCULAR ECONOMY IN THE CONSTRUCTION SECTOR: A CASE STUDY

Beatriz Martins, João Carlos Lopes & Isabel Mendes

Nº 01 / 2023

SOCIUS Centro de Investigação em Sociologia Económica e das Organizações
CSG Investigação em Ciências Sociais e Gestão
ISEG Lisbon School of Economics & Management | Universidade de Lisboa
URL: <https://socius.rc.iseg.ulisboa.pt/home.html>

Apoio:

 **FCT** Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia

Circular Economy in the Construction Sector: A Case Study

Beatriz Martins¹, João Carlos Lopes*² e Isabel Mendes³

¹ ISEG/Universidade de Lisboa; ² jcflopes@iseg.ulisboa.pt, UECE e ISEG/Universidade de Lisboa

*Contacto: jcflopes@iseg.ulisboa.pt; ³, SOCIUS e ISEG/Universidade de Lisboa, midm@iseg.ulisboa.pt

Abstract: O problema das alterações climáticas tem ganho relevância ao longo dos últimos anos devido aos seus efeitos nocivos na atmosfera e ecossistemas. Cada vez mais, organismos governamentais e não governamentais têm tomado importantes medidas no combate a este fenómeno, designadamente a União Europeia, que com o Pacto Ecológico Europeu pretende tornar a Europa no primeiro continente com impacto neutro no clima. Para atingir este objetivo, a maior fatia dos meios financeiros disponíveis, quer no PRR, quer no QFP 2021-2027, é dedicada à chamada “transição verde”. Este compromisso mostra o empenho europeu na questão climática e justifica o surgimento de diversos programas nesta área, nos últimos anos. É neste contexto que se situa o projeto *Rebuild17*: um projeto que aposta na implementação de um modelo de economia circular no setor da construção civil da Região Autónoma dos Açores. Tendo em conta que este é um dos setores que produz mais resíduos, a aposta na circularidade dos materiais, prolongando o ciclo de vida dos resíduos, não só resultará numa menor depleção e deterioração do meio ambiente, como também terá efeitos económicos positivos. Este trabalho pretende explorar o conceito de Economia Circular - objetivos, princípios e modelos - e a sua aplicação prática no setor da construção civil da Região Autónoma dos Açores, apresentando o projeto *Rebuild17* e fazendo uma análise prospetiva dos seus impactos ambientais.

Palavras-Chave: Economia Circular, Construção Civil, Resíduos sólidos, R. A. Açores.

Códigos JEL: L74; Q01; Q53.

1. Introdução

Nos últimos anos a questão das alterações climáticas tem-se tornado cada vez mais relevante, dado que as suas consequências também têm sido cada vez mais alarmantes. Assim sendo, vários estados e organizações têm desenvolvido estratégias de adaptação e mitigação do fenómeno, implementadas através de políticas, planos de ação e acordos. Nos esforços mais recentes destacam-se o Acordo de Paris e, na União Europeia, o Pacto Ecológico Europeu. A UE tem apostado no financiamento de projetos e medidas de apoio à descarbonização da indústria e circularidade da economia, pelo que procura ser o “líder mundial nos domínios da ação climática e ambiental” (CE, 2019a).

Uma boa parte do problema está relacionada com a forma como produzimos e consumimos: a chamada “economia linear”. Este tipo de sistema não prevê a reintrodução dos produtos no ciclo económico, o que resulta, por um lado, num problema ambiental, visto que a contínua produção contribui para o aumento das emissões de gases de efeito de estufa e também para um aumento da produção de resíduos; por outro lado, num problema económico, considerando que os recursos são escassos e quanto menos recursos virgens disponíveis, mais elevados serão os seus

preços (EMF, 2013; Michelini *et al.*, 2017). O contínuo aumento da população mundial - em especial da classe média global de consumidores - torna ainda mais urgente este problema (Sariatli, 2017).

A alternativa a um sistema linear é a transição para uma economia circular (EC), assente no objetivo de manter os recursos no sistema económico durante mais tempo. Com base numa análise da literatura é possível identificar os princípios da EC: Eliminação de resíduos; Caracterização dos produtos; Uso de energia renovável. A EC visa várias formas de criação de valor na economia, como a minimização de materiais utilizados, o uso em cascata desses materiais, a sua permanência por mais tempo nos ciclos de produção e a caracterização dos produtos e das suas componentes (EMF, 2013). Para atingir estes objetivos, existem vários modelos de negócios circulares como substitutos dos modelos tradicionais de produção, que visam reestruturar o modo de funcionamento e de negócio das empresas, ou seja: o modelo de fornecimento circular, o modelo de recuperação de recursos, o modelo da extensão do ciclo de vida dos produtos, o modelo de partilha e o modelo de sistema de serviço do produto (OCDE, 2019).

Considerando que o setor da construção é um dos mais poluentes e um dos maiores produtores de resíduos, é também o setor que mais consome recursos virgens a nível mundial. Por isso, faz todo o sentido a implementação de modelos de EC, reduzir a sua produção de resíduos e promover a sua reutilização e reciclagem (Ghisellini *et al.*, 2018). É neste âmbito que surge o projeto ReBuild17, financiado pelo mecanismo EEA Grants, com o objetivo de facilitar a reintrodução de resíduos em produtos de construção através da criação de uma plataforma para a valorização destes e que facilite a interação e articulação dos vários *stakeholders* do setor. Este projeto será desenvolvido na Região Autónoma dos Açores (RAA) numa primeira fase, havendo a possibilidade (no caso de ser bem-sucedido) de o modelo ser replicado a nível nacional.

O objetivo principal deste trabalho é entender o conceito de EC e a sua possível implementação no setor da construção civil e analisar a implementação do projeto *ReBuild17* ao nível dos impactos ambientais que terá na RAA. A sua organização é a seguinte: depois deste capítulo introdutório, no segundo capítulo faz-se o Enquadramento Teórico, com a revisão da literatura relevante e a análise do conceito de Economia Circular (definição, objetivos, princípios) e dos seus benefícios e desafios. No Capítulo 3 faz-se o Estudo de Caso, com a apresentação do projeto *ReBuild17* e o seu enquadramento no contexto da região em que se insere, os Açores, e os impactos ambientais dele decorrentes, em termos de economia circular e sustentabilidade. No quarto e último capítulo, faz-se uma breve conclusão dos principais resultados obtidos neste trabalho e uma referência a potenciais desenvolvimentos futuros.

2. Enquadramento teórico

2.1 Alterações climáticas e descarbonização

Em 1988, um ano de temperaturas recorde, foi fundado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) pelo Programa do Ambiente das Nações Unidas, cujo

objetivo é examinar a ligação entre a emissão de gases de efeito de estufa e alterações climáticas (Urry, 2015). O efeito de estufa já nesta altura era uma das teorias mais bem estabelecidas na ciência atmosférica; este efeito dá-se porque alguns gases e partículas na atmosfera funcionam de forma a reter alguma da energia infravermelha radiante recebida do sol, no entanto, com o aumento da concentração desses gases, uma maior quantidade dessa energia fica “presa” na parte inferior da atmosfera, o que resulta num aumento da temperatura terrestre (Schneider, 1989). Com isto, em 1990 surgiu o primeiro relatório oficial do IPCC sobre a mudança do clima onde foram apresentados vários efeitos do aumento do CO₂ na atmosfera nos ecossistemas e os efeitos dessas mudanças no sistema climático. As principais conclusões foram as de que o aumento do CO₂ atmosférico poderia potencialmente alterar o metabolismo dos ecossistemas de várias formas, como através de alterações na própria fauna e flora (IPCC, 1990).

Apesar de se ter reconhecido a importância do combate a este novo fenómeno já na década de 90, as emissões de CO₂ continuaram a aumentar de tal modo que, no período de 1995 a 2005, a taxa de crescimento da concentração anual de dióxido de carbono foi a maior desde que se começou a medir em 1960 (IPCC, 2007). A luta contra as alterações climáticas tinha acabado de começar, e sem verdadeiro compromisso por parte dos governos, poucas ou nenhuma medidas podem ser eficazmente aplicadas. No entanto, em 2006, com a publicação do documentário “Uma Verdade Inconveniente”, o antigo vice-presidente norte-americano, Albert Gore Jr., capturou a atenção internacional para o problema das alterações climáticas, alertando as populações para problemas como a subida do nível médio da água do mar, o degelo, a subida de temperaturas, entre outros.

Em 2014, o IPCC lançou o quinto relatório de avaliação, contemplando a mitigação e adaptação à mudança climática, onde enumeram várias formas de acabar com este problema, referindo que uma “mitigação efetiva não será alcançada se os agentes individuais avançarem com os seus próprios interesses independentemente”, este é um problema coletivo à escala global, uma vez que “a maioria dos GEE acumulam com o tempo e misturam-se globalmente e as emissões de qualquer agente (por ex.: individual, comunidade, empresa, país) afetam outros agentes” (IPCC, 2014).

2.2 O Contexto Europeu

Por conseguinte, podemos afirmar que as alterações climáticas e a consequente degradação ambiental constituem uma ameaça existencial para a Europa e o resto do mundo (CE, 2019c); é por se reconhecer a emergência do combate a este problema que a Comissão Europeia inclui como uma das suas 6 prioridades para o período de 2019-2024, um Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*). O objetivo principal deste pacto é “procurar ser o primeiro continente com impacto neutro no clima” até 2050 (CE, 2019c) através da redução e posterior eliminação das emissões de gases com efeito estufa (GEE) e um conjunto de medidas interconectadas, tais como “a dissociação entre crescimento económico e consumo de recursos através da mudança para uma economia circular que aumente a reciclagem e reduza a produção de resíduos” (The Economist, 2021).

A solução para este problema requer um compromisso não só a nível nacional ou regional, mas também cooperação internacional, tal como é declarado na comunicação da CE de 11 de dezembro de 2019 sobre o Pacto Ecológico Europeu: “A ambição ambiental do Pacto Ecológico não será concretizada por uma Europa agindo isoladamente”. (CE, 2019b). Ainda nessa comunicação, a Europa é referida como sendo “líder mundial nos domínios da ação climática e ambiental”, pelo que desempenhará esse papel coordenando e liderando os esforços internacionais, prestando auxílio a vizinhos e parceiros que desejem seguir uma trajetória igualmente sustentável (CE, 2019a). Desse modo, ratificou o Acordo de Paris (bem como todos os seus estados-membros). Com isto, a União compromete-se a reduzir as suas emissões em 55% até 2030- através do Pacto. Simultaneamente, a UE vai colaborar com os maiores emissores de GEE (países do G20), criar alianças com países na América Latina, Caraíbas, Ásia e Pacífico, trabalhar com países de África e estabelecer uma agenda verde para os Balcãs Ocidentais (CE, 2019a).

Esse esforço europeu é ainda reforçado pela criação de uma Lei Europeia do Clima que confere obrigação legal ao Pacto, em vez de ser uma mera recomendação política. Assim, as empresas e organizações pertencentes à UE comprometem-se com esta lei climática, que “deverá agir como um mecanismo para manter todos no caminho certo, através de relatórios regulares e ferramentas para acompanhar se alguém ficar para trás” (CE, 2020a). O financiamento necessário para alavancar esta transição verde é proveniente tanto do orçamento da UE a longo termo de 2021-2027, como do *Next Generation EU* e contará com pelo menos 1 trilião de euros ao longo de 10 anos (CE, 2020b).

O NGEU é o plano de recuperação para a Europa: é um instrumento criado para estimular a recuperação europeia pós-COVID-19, pretendendo torná-la numa “(...) Europa mais verde, mais digital e mais resiliente” através do Mecanismo de Recuperação e Resiliência que conta com 672.5 mil milhões de euros (CE, 2018). Cada estado-membro apresenta o seu Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), que deve conter reformas e projetos de investimento público e em que “pelo menos 37% dos recursos deverão contribuir para a ação climática e a sustentabilidade ambiental” (Conselho da UE, 2020).

O Plano de Recuperação Económica de Portugal 2020-2030, cujo objetivo era enquadrar os objetivos e prioridades na recuperação económica pós-COVID-19, foi o documento base a partir do qual foi “desenhado o Plano de Recuperação, a apresentar à Comissão Europeia, com vista à utilização dos fundos europeus disponíveis” (XXII Governo Português, 2020). O PRR português conta com 3 dimensões estruturantes: a Resiliência, a Transição Climática e a Transição Digital. Esta segunda dimensão receberá 21% do montante global do PRR, no entanto encontramos componentes relacionadas com matérias do clima e sustentabilidade nas 2 restantes dimensões; servem como exemplo investimentos e reformas da Floresta e da Gestão Hídrica, motivados pela necessidade de adaptação às alterações climáticas na dimensão da Resiliência, e a aposta da digitalização como “indutora de uma utilização mais eficiente dos recursos e

potencialmente promotora de comportamentos mais sustentáveis”(XXII Governo Português, 2021).

No Plano de Recuperação Económica de Portugal 2020-2030 é feita várias vezes menção à economia circular e sua implementação como um dos meios para atingir a transição verde. Posto isto, o PRR conta também com várias medidas de apoio à implementação e desenvolvimento da economia circular. Um total de 715 milhões de euros será alocado para a Componente 11- Descarbonização da Indústria; tal como o próprio nome indica, o que se pretende é fundar a descarbonização da indústria bem como a “promoção de uma mudança de paradigma na utilização dos recursos (...) através da promoção da economia circular e de baixo carbono, simbioses industriais e de novos produtos e serviços circulares” (XXII Governo Português, 2021).

Como se pode ver, as mudanças climáticas ameaçam os ecossistemas e a biodiversidade da terra, e a depleção do meio ambiente põe em causa a disponibilidade dos recursos e matérias-primas. O crescimento e conseqüente desenvolvimento da economia faz com que haja uma cada vez maior produção de resíduos. Os recursos utilizados na produção e consumo, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, não podem ser destruídos e transformam-se em lixo- resíduos-que depois acaba no sistema ambiental; desse modo, a rápida deterioração do meio ambiente que temos vindo a testemunhar levou a que vários países e regiões introduzissem políticas e leis de forma a reduzir os impactos negativos da produção e consumo no ambiente (Heshmati, 2017). É aqui que entra a Economia Circular (EC) como uma abordagem que promove a utilização responsável e cíclica dos recursos, de forma a estimular a economia e minimizar o peso da mesma no ambiente (Moraga *et al*, 2019). Como mencionado, a EC na UE tem ganhado muito destaque, especialmente agora com a introdução do *Green Deal*. O que é, então, a Economia Circular e em que é que ela difere do atual sistema económico? Esta questão será respondida no próximo subcapítulo.

2.3. A Economia Circular

O sistema económico atual é chamado de “linear”, ou seja, as empresas fazem produtos, os consumidores usam-nos e depois desfazem-se deles (Michelini *et al*, 2017). Este fazer, usar e descartar- o nosso padrão tradicional de consumo- depara-se com dificuldades no que diz respeito à quantidade de recursos disponíveis: este tipo de sistema conduz à escassez dos recursos (EMF, 2013). Não só este tipo de consumo representa uma ameaça ao meio ambiente, como também acaba por se traduzir num problema económico: os recursos são escassos, e quanto mais escassos forem mais elevados serão os seus preços. Numa primeira fase este tipo de consumo era intensivo nos países considerados desenvolvidos (devido à grande concentração de consumidores e à sua capacidade de obter matérias-primas a baixo custo), no entanto, com a ascensão dos mercados emergentes (especialmente os BRICS), a massa global da classe média de consumidores aumentou e, conseqüentemente, aumentou o consumo (Sariatli, 2017). Apesar de a EC ser um conceito novo, tanto instituições públicas como privadas reconhecem que existe uma necessidade em mudar o sistema atual de produção linear, uma vez que neste tipo de produção assume-se que os recursos são infinitos e o meio

ambiente tem a capacidade total de absorção dos resíduos e da poluição; no entanto sabemos que não é assim e que a produção/consumo linear aliada ao contínuo aumento populacional levarão ao uso excessivo dos recursos e à sua conseqüente depleção (Garcés-Ayerbe *et al.*, 2019). Apesar de este tipo de consumo ter sido bem-sucedido no século passado, na atualidade está a chegar ao seu ponto de rutura, o que resulta no aumento dos preços das mercadorias e numa maior volatilidade nos mercados (Sariatli, 2017). Assim, é importante para a sustentabilidade ambiental e económica que se encontre um sistema económico alternativo ao linear que prime pela preservação dos recursos naturais.

Essa alternativa é, então, a adesão à EC, cujo principal objetivo é manter os recursos no sistema económico durante mais tempo; a ideia geral é a de que ao invés de serem descartados após uma utilização, os resíduos/materiais são reintroduzidos no sistema económico de forma a serem reutilizados ou reciclados. Os conceitos “Economia” e “Circular” foram utilizados em conjunto pela primeira vez em 1989 por Pearce & Turner, apesar de o conceito ter raízes que remontam à década de 60, para o qual contribuíram um grande número de investigadores e teóricos sendo um dos mais céleres o economista ecológico Boulding (Pearce & Turner, 1990; Boulding, 1966; Ghisellini *et al.*, 2016).

2.3.1. Definição

Existem várias definições para este conceito, que foram surgindo ao longo dos anos, tantas que em 2017 foi publicado um artigo por Julian Kirchherr, Denise Reike e Marko Hekkert, cujo objetivo era conceptualizar a economia circular através de uma análise de 114 definições existentes até à data. No entanto, este é um campo relativamente recente pelo que cerca de 73% das definições do conceito surgiram na última década. Nesse mesmo artigo é referido que a definição mais empregue é a da fundação Ellen MacArthur, no entanto os autores dão a sua própria definição de economia circular tentando preencher algumas lacunas de todas as outras analisadas no artigo (Kirchherr *et al.*, 2017).

“É um sistema industrial que é restaurador e regenerativo por intenção e design. Substitui o conceito do “fim-de-vida” por restauração, mudanças de encontro ao uso de energias renováveis, elimina o uso de materiais tóxicos que prejudiquem a reutilização e visa uma eliminação dos resíduos através de um design superior dos materiais, produtos, sistemas e modelos de negócios.”

In: EMF (2013), p. 7.

“Uma economia circular descreve um sistema económico que é baseado em modelos de negócios que substituem o conceito do “fim-de-vida” com reduzir, alternativamente reutilizar, reciclar e recuperar materiais nos processos de produção/distribuição e consumo, desse modo operando ao nível micro, meso e macro, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que implica criar qualidade ambiental, prosperidade económica e equidade social, para o benefício das gerações atuais e futuras.”

In: Kiercherr *et al.* (2017), p.225.

Como se pode deduzir das definições, existem vários conceitos associados à EC- como a reciclagem e ecologia industrial- o que faz sentido tendo em conta o facto de que este foi um conceito desenvolvido através de uma análise multidisciplinar de modo que o seu desenvolvimento conta, então, com abordagens de diferentes áreas, tais como engenharia, economia, ecologia, design e administração empresarial (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018).

2.3.2. Análise conceptual

Uma economia circular busca encontrar um ponto de equilíbrio entre desenvolvimento económico e a proteção do meio ambiente e dos seus recursos, pelo que andar sempre de mão em mão com o conceito de desenvolvimento sustentável- que, introduzido pelo relatório Brundtland, é a noção de desenvolvimento que procura responder às necessidades da geração presente sem comprometer as das gerações vindouras (Murray *et al.*, 2017; WCED, 1987). A EC aparece então como uma iniciativa de desenvolvimento sustentável que busca reduzir os fluxos de materiais e energia do sistema linear através da sua substituição por um sistema económico baseado num modelo de fluxo (de materiais) cíclico e regenerativo- através da aplicação de fluxos (de energia) renováveis e em “cascata” – cujo objetivo será limitar o fluxo de produção a um nível tolerável pela natureza (Korhonen *et al.*, 2018). Note-se, contudo, que a maioria dos autores se foca mais na dimensão ambiental do que numa abordagem holística das 3 dimensões da sustentabilidade- económica, social e ambiental (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

Para tornar operacional este modelo cíclico, a EC recorre a várias teorias e conceitos, tais como: a organização dos fluxos de materiais “Cradle-to-cradle” e em “cascata”; a diferenciação dos fluxos de materiais em dois tipos de circuitos, internos (produtos que, depois de usados, são reutilizados, reparados ou remanufaturados) e externos (produtos que no fim-de-vida retornam ao setor produtivo para serem reciclados); a caracterização e devida separação dos materiais entre biológicos (alimentam a natureza após o uso) e técnicos (circulam em circuitos fechados de produção, recuperação e remanufatura nos sistemas industriais); os conceitos e “Ecoeficiência” e “Eco Eficácia”; e novos modelos de negócio circulares (Nunes, 2020; McDonough & Braungart, 2003).

Quando falamos em “Cradle-to-cradle”, falamos num conceito que aparece em oposição ao de “Cradle-to-grave”; como o próprio termo indica- “do berço à cova” – este último conceito refere-se ao modelo de produção e consumo linear, sendo a cova o fim de vida do produto. A então substituição por “do berço ao berço” introduz a noção de circularidade, dando uma nova vida ao produto que depois de usado está preparado para percorrer novamente o circuito.

Assim, este tipo de design procura maximizar a utilidade dos materiais através do desenvolvimento de materiais, produtos e cadeias de abastecimento seguros ao longo da indústria e arquitetura. Esta nova filosofia tem sido adotada por grandes empresas e

organizações (McDonough & Braungart, 2003). O uso dos recursos em cascata refere-se ao uso sequencial e consecutivo dos mesmos como potencial método de criação de valor, contribuindo para uma maior eficiência dos recursos naturais ao longo do ciclo de vida do material- “desde a extração do recurso, consumo do produto até à sua eliminação”; em suma, promove uma consecutiva circulação dos recursos (Campbell-Johnston *et al.*, 2020).

A base do conceito de ecoeficiência sugere que se consiga obter mais por menos- mais produto por menos desperdício- e engloba conceitos como: desmaterialização, maior produtividade dos recursos, menor toxicidade, maior reciclabilidade e um maior ciclo de vida do produto. A ecoeficiência acaba por ser, então, uma “abordagem reacionária que não aborda a necessidade de um redesign fundamental dos fluxos de materiais industriais” sendo, principalmente, uma “estratégia para o controlo de danos” (Braungart *et al.*, 2007).

A eco eficácia em vez de procurar melhorar o sistema (linear) que já existe, foca-se na eficácia de processos construídos com o intuito de serem saudáveis e renováveis; a ideia-chave é a de que a eco-eficácia conduz a uma indústria que seja regenerativa e cujo ciclo de vida dos produtos seja “cradle-to-cradle” (em vez de depletiva e “cradle-to-grave”), sendo estes desenhados para serem absorvidos pelo ambiente. Estes dois conceitos não são iguais ou equivalentes: são complementares e são ambos importantes e necessários (Abukhader, S., 2008).

Quando falamos em fluxos de recursos, importa realçar 2 tipos de fluxos circulares (ciclos) e 2 estratégias fundamentais: ciclos internos e externos; e abrandar ou fechar fluxos (ou *loops*). Quando falamos em tipos, os ciclos internos “incluem os produtos manufaturados que, depois de usados pelos consumidores, são reutilizados, reparados ou readaptados, ou remanufaturados” e, por sua vez, os ciclos externos “incluem os produtos manufaturados que, no fim-de-vida, retornam ao setor produtivo para serem reciclados” (Bocken *et al.*, 2016; Nunes, 2020).

Quando falamos em estratégias, falamos em abrandar os fluxos de materiais através da extensão do período de utilização dos recursos (o que é conseguido com um design de produtos de longa durabilidade) ou em fechar os ciclos, o fluxo entre o pós-uso e a produção do produto/material é fechado através da reciclagem, criando deste modo um ciclo (Bocken *et al.*, 2016). Existe ainda uma terceira estratégia, a já mencionada ecoeficiência, que visa o uso de menos recursos na produção (Braungart *et al.*, 2007; Bocken *et al.*, 2016).

Para além de dar uma definição do conceito, a EMF também menciona um conjunto de princípios nos quais se baseia a EC, que assentam em algumas das estratégias referidas anteriormente, são estes:

- Eliminação de resíduos;
- Caracterização dos produtos;
- Uso de energia renovável.

O primeiro princípio implica- como o próprio nome indica- que se vá reduzindo a produção de resíduos progressivamente até que se dê a sua eliminação. Este princípio será alcançado através da operacionalização da filosofia dos 4R's- reduzir, reutilizar, reciclar e reparar- facilitada por novas estratégias de design dos produtos (Garcés-Ayerbe *et al.*, 2019; EMF 2013). O segundo princípio, caracterização dos produtos, tem por base a diferenciação das várias componentes de um produto em 2 tipos: consumíveis e duráveis.

O primeiro tipo é composto por elementos biológicos e nutrientes que “possam ser devolvidos à biosfera de forma segura- diretamente ou numa cascata de diferentes usos”; o segundo é composto por nutrientes técnicos- materiais como metais e plásticos- inadequados para a biosfera e que, por isso, deve-se considerar a sua reutilização desde o início (EMF, 2013). Por fim, lembrando a definição da EMF de EC, o terceiro princípio assenta na utilização de energias renováveis para alimentar os ciclos económicos de modo que se reduza a dependência dos recursos não renováveis e diminua a produção de GEE (EMF, 2013).

Segundo a fundação, a reestruturação do sistema económico com base nestes 3 princípios será capaz de produzir 4 fontes de criação de valor; como é possível ver no esquema acima, a criação de valor neste sistema económico assenta na minimização de materiais utilizados (em comparação com o sistema linear), no uso em cascata desses materiais, o que significa que podem ser reutilizados ao longo de várias etapas da cadeia de valor e da sua permanência por mais tempo nos ciclos de produção de forma a maximizar a utilização do produto. É também importante assinalar a importância da pureza dos materiais, através da caracterização dos produtos e das suas componentes, como forma de acrescentar valor visto que materiais não contaminados mantêm a qualidade e aumentam a longevidade dos produtos (EMF, 2013).

Para atingir os objetivos visados e conseguir alcançar essa criação de valor, existem- como já foi dito- várias estratégias de produção e de consumo e estas podem ser exercidas de diferentes formas e em diferentes escalas, podendo, portanto, ser prosseguidas a “nível micro (empresa ou consumidor), meso (parques eco industriais) e macro (nações, regiões, províncias e cidades)” (Campbell-Johnston *et al.*, 2020).

Algumas estratégias aparecem sob a forma de modelos de negócios circulares cujo objetivo é substituir os modelos tradicionais de produção do sistema linear. Um modelo de negócios define a estratégia a ser tomada pela empresa, definindo o modo como esta atua nos seus negócios, e a mudança para um modelo circular é “um exemplo de mudança radical” visto que reestrutura a forma de pensar e de negociar da empresa (Bocken *et al.*, 2016). Em 2019 a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) publicou um relatório abordando vários modelos de negócios para a economia circular, que são:

- Modelo de fornecimento circular: assenta na “substituição de inputs de materiais tradicionais por materiais renováveis, materiais de base biológica e recuperados”, é

suportado pelo design *cradle-to-cradle*, pelo que um dos objetivos impulsionadores deste modelo será fechar o circuito de materiais (OCDE, 2019).

- Modelo de recuperação de recursos ou reciclagem: tem como objetivo a “produção de matérias-primas secundárias a partir de resíduos” havendo, assim, uma “valorização dos materiais contidos nos fluxos de resíduos”, o que pode ser alcançado através de 3 variantes (de reciclagem): simbiose industrial, *upcycling* ou *downcycling*. O que impulsiona este modelo é, novamente, fechar o circuito de materiais (OCDE, 2019).

- *Upcycling*: Este processo transforma resíduos em matérias-primas de maior qualidade à original, ou cujo uso será em produtos de maior qualidade (OCDE, 2019). A produção de vestuário com plástico reciclado pode ser considerada um exemplo de *upcycling*.

- *Downcycling*: Transforma os resíduos em matérias-primas de qualidade inferior à original e cujo uso é limitado. Por exemplo: quando reciclamos papel ou cartão, cada novo ciclo de reciclagem diminui as fibras de celulose, pelo que este papel nem sempre é uma opção para todas as mesmas aplicações do papel virgem (OCDE, 2019).

- Simbiose Industrial: Utilização de outputs de resíduos de um processo de uma empresa como inputs de produção para outro processo ou outra empresa (Bocken *et al.*, 2016; OCDE, 2019).

- Modelo da extensão do ciclo de vida dos produtos: Manter os produtos na economia durante mais tempo, estendendo, assim, o seu ciclo de vida. Ao contrário dos dois modelos anteriores em que se visa fechar o circuito de materiais, aqui o objetivo é abrandar os fluxos de materiais. Existem 4 processos de extensão da vida dos produtos:

- Design de produtos com ciclos de vida mais longos: criar produtos com melhor qualidade e durabilidade (OCDE, 2019);

- Reutilização direta: facilitação da redistribuição de produtos usados- que, no entanto, ainda não tenham atingido o seu fim de vida funcional- a novos donos (OCDE, 2019). Um exemplo claro é a compra de automóveis em segunda mão.

- Reparação e manutenção: Ao arranjar as componentes defeituosas ou gastas de um produto, podemos garantir que este atinja o seu ciclo de vida completo (OCDE, 2019).

- Reforma e remanufaturação: Enquanto a reforma é basicamente a restauração de produtos degradados que assenta maioritariamente em maiorias estéticas, a remanufaturação é quase como um *reset* na vida do produto até ao seu nível original de funcionalidade (OCED, 2019).

- Modelo de partilha: Os modelos ou economia de partilha (como são às vezes chamados) potenciam que os consumidores ou utilizadores tirem total partido de produtos que, de outro modo seriam geralmente subutilizados. Esta partilha pode ser obtida através de copropriedade (e.g. partilha de eletrodomésticos) ou co acesso (e.g.

carpooling). Este modelo faz com que se dê uma diminuição nos fluxos de recursos (OCDE, 2019).

- Modelo de sistema de serviço do produto: combinam um produto físico com uma componente de serviço, isto é, o produto continua a ser propriedade do fornecedor; aqui também acontece uma diminuição nos fluxos de recursos (OCDE, 2019). Um exemplo disto é uma biblioteca, os livros podem ser consumidos sem serem propriedade dos leitores.

Podemos concluir que os modelos de negócios para a EC são um conjunto de estratégias para modelos de negócios sustentáveis que envolvem o fecho, abrandamento ou diminuição dos fluxos de recursos. Assim, os inputs (de recursos) e os outputs (de resíduos e emissões) são diminuídos melhorando o desempenho de sustentabilidade das empresas (Geissdoerfer *et al.*, 2018).

2.3.3. Benefícios e Desafios

Tendo em conta que, como referido anteriormente, grande parte do conceito de EC tem por base o de desenvolvimento sustentável, então deverá trazer benefícios a longo termo nas 3 áreas de atuação deste último: social, ambiental e económico. O principal benefício é a redução e eventual eliminação da produção de resíduos ao longo da cadeia de produção. Este não só é um benefício ambiental, como económico, visto que essa redução implica (em parte) a reutilização de materiais tanto quanto possível, o que se traduz numa maximização da eficiência dos recursos, na redução dos preços de produção e ainda numa menor dependência face aos recursos virgens. Essa diminuição na dependência de recursos virgens acaba por se refletir também numa menor exposição ou vulnerabilidade face a choques nos preços dos recursos, tornando a economia mais resiliente (EMF, 2013). Existe ainda uma criação de novos mercados, e.g. compra e venda de materiais usados, economia de partilha, etc. (Kumar *et al.*, 2019)

A nível ambiental, a menor dependência de matérias-primas virgens resulta numa menor depleção do meio ambiente; a redução dos resíduos produzidos e aposta no design *cradle-to-cradle* reflete-se na diminuição da quantidade de resíduos que terminam em aterros, resultando numa redução da poluição. A redução da extração e produção e de novos materiais- suportada por várias estratégias e modelos circulares, como a criação de produtos com maior durabilidade- acaba por resultar numa diminuição das emissões de GEE associadas a esses processos (EMF, 2013). No domínio social, a criação de centros de recuperação e reciclagem pode estimular investimento e também a oportunidade da criação de muitos empregos nas comunidades locais. A melhoria das condições ambientais resulta, por sua vez, num aumento da qualidade de vida e da saúde pública (Kumar *et al.*, 2019).

Existem, portanto, vários benefícios associados à adoção de uma EC e estes são alguns dos principais. Porém a transição para este novo sistema económico não é sempre um processo harmonioso, existem vários obstáculos que a dificultam. Alguns dos seus objetivos são, por exemplo, demasiado simplistas e podem não ter em conta todos os resultados negativos possíveis (Murray *et al.*, 2015). Existem outras barreiras como:

barreiras culturais (relacionadas à cultura dos consumidores e das empresas), barreiras de mercado (como os preços baixos dos materiais virgens que, por isso, muitas vezes acabam por ser mais atrativos que os reciclados), barreiras regulatórias (falta de regulamentação e estruturas políticas no apoio à transição para uma EC) e barreiras tecnológicas (é imprescindível ter tecnologia relevante para apoiar e facilitar a transição) (Kirchherr *et al.*, 2018). Existem ainda alguns desafios a nível técnico como, por exemplo, o facto de os materiais serem pensados a terem uma maior durabilidade poder refletir-se em materiais/produtos mais difíceis de serem desmantelados no fim de vida (Murray *et al.*, 2015). Alguns destes obstáculos podem desaparecer com o tempo, outros, no entanto, podem necessitar de colaboração ao longo da indústria, tecnologia, regulamentação ou governança (EMF, 2013). Uma forma de ultrapassar estes desafios passa então pelo alinhamento de políticas a nível regional, nacional e internacional, que estabeleçam normas e medidas para a regulamentar e apoiar a Economia Circular (EMF, 2021).

3. Um Estudo de caso

3.1 Economia Circular no setor da Construção

Nos últimos anos tem surgido um esforço na avaliação da sustentabilidade no setor da construção e demolição, dado que este é um dos mais poluentes, pelo que tem um grande impacto ambiental (Ghisellini *et al.*, 2018). Este setor é o maior consumidor a nível global de recursos e matérias-primas e estima-se que até ao ano de 2025 produza cerca de 2.2 biliões de toneladas de resíduos (EMF, 2020).

A introdução do conceito de EC fez com que se desse uma mudança no pensamento face aos resíduos: agora são também vistos como potenciais recursos e não apenas como lixo a ser gerido e disposto em aterros. No entanto, ainda que em vários países da Europa e do mundo exista a reciclagem e recuperação dos resíduos de construção e demolição (RCD), devido a vários fatores muitos deles continuam a ser descartados- de formas legais e ilegais (Ghisellini *et al.*, 2018). É, atendendo a este conjunto de premissas, essencial que se aposte na aplicação da EC ao setor da construção, o que se poderá revelar em ganhos ambientais e económicos.

Tal como na literatura anteriormente referida, falar na implementação da EC no setor da construção é falar no princípio dos 4Rs (ou 3Rs, dependendo dos artigos), que surge ao longo de toda a literatura em que “reciclar” domina perante os outros. Isto provavelmente deve-se ao facto de a maioria dos resíduos do setor serem gerados na demolição- que pode gerar cerca de “10 vezes mais resíduos do que os projetos de construção”. Logo, é importante notar que o tipo de técnicas de demolição utilizadas afeta a qualidade dos RCD, sendo que: RCD heterogéneos resultam em materiais de menor qualidade do que aqueles que são obtidos de RCD homogéneos. Este último tipo de separação deve ser o mais adotado considerando que os materiais reciclados podem ter várias utilizações consoante o seu nível de qualidade, o que condiciona a sua valorização, e.g. ver figura 5 (Ghisellini *et al.*, 2018). Não obstante, a utilização de

agregados reciclados pode reduzir de forma significativa as emissões de GEE até cerca de 40% ou mais (EMF, 2020).

Tal como no sistema económico, a adoção da EC no setor da construção aparece aliada a algumas ferramentas e técnicas, como por exemplo, o *Life Cycle Assessment* (LCA) e os passaportes de materiais. O LCA é uma técnica para avaliar os impactos ambientais associados com o ciclo de vida de um produto (Muralikrishna & Manickam, 2017); esta técnica pode ser usada de forma complementar com a estratégia *cradle-to-cradle*, e.g.: “o C2C pode identificar todas as tecnologias solares como neutras/positivas em CO₂, no entanto isto pode não ser totalmente verdade e podemos usar o LCA para verificar se uma tecnologia solar específica produz uma redução líquida de carbono ao longo do tempo” (Pomponi & Moncaster, 2016). A criação de passaportes de materiais, como o próprio nome indica, visa a atribuição de um passaporte aos materiais que pode ser usado para guardar informação importante sobre os seus componentes. Deste modo facilita a incorporação dos mesmos no fluxo circular- no seu fim de vida- em vez do descarte (Benachio *et al.*, 2020).

A EC na construção prevê aumentar os ciclos dos materiais, deste modo gerando dois ganhos: redução das taxas de eliminação (para aterro) e desenvolvimento de um mercado para esse tipo de materiais. Dado que os recursos não são infinitos e que cada vez haverá uma maior escassez de materiais de construção virgens, esse mercado secundário acaba por resultar numa maior resiliência do setor face a choques na cadeia de abastecimento, visto que cria diversificação no fornecimento de materiais (EMF, 2020).

3.2 O Projeto ReBuild17

O Acordo do Espaço Económico Europeu, assinado a 1992, insere no mercado interno europeu a Islândia, o Liechtenstein e a Noruega, tornando-os, assim, parceiros dos estados-membros da UE (Acordo sobre o Espaço Económico Europeu, 2021). O mecanismo financeiro conhecido por “EEA Grants” surgiu como forma de promover as relações económicas e comerciais entre esses 3 países e a UE, apoiando financeiramente os estados-membros com os maiores desvios da média europeia do PIB, contribuindo para a redução das disparidades económicas e sociais. Uma vez que Portugal enquadra esse grupo de países, é beneficiário dos apoios do mecanismo (EEA Grants, 2016).

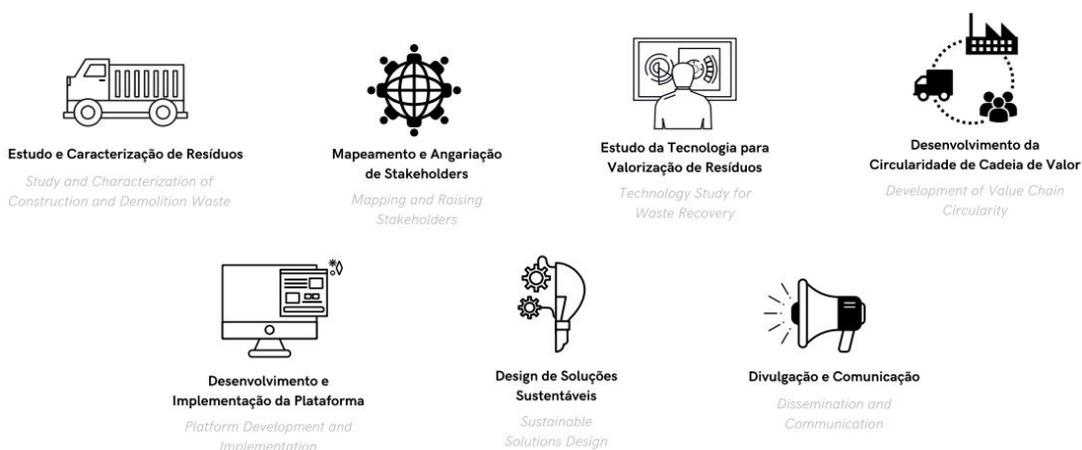
No âmbito dos EEA Grants para o período de 2014-2021, a Secretaria-Geral do Ambiente e Ação Climática é a executante do Programa "Ambiente, Alterações Climáticas e Economia de Baixo Carbono", que intervém em 3 áreas: promoção da economia circular, descarbonização da sociedade e valorização do território. É na 1ª área de atuação que encontramos o projeto *ReBuild17* (EEA Grants Portugal, 2018).

O projeto *ReBuild17* (anteriormente denominado de “Ambiente_Regional”), financiado por este mecanismo, resulta da cooperação entre 3 entidades distintas: o Governo dos Açores, através do Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC), a *Fibrenamics Azores*, via Centro Inovação de Materiais Produtos Avançados (CIMPA), e a empresa islandesa *ReSource International* (*ReBuild17*, 2019). Nasce, então, da “ambição de três

entidades em trabalhar conjuntamente para o desenvolvimento e validação de um modelo sustentável de impulso à economia circular no sector da construção” e conta com um financiamento total: de 474 576,90 € (EEA Grants, 2020). Segundo o diretor do LREC, o Eng.º Francisco Fernandes, em entrevista com a Rádio Renascença, a ideia para este projeto “partiu do conhecimento prévio e da experiência que os seus promotores possuem na área da sustentabilidade, tendo também por base os trabalhos já desenvolvidos e acima de tudo uma estratégia, bem definida, para a economia circular” (Mairos, 2020). O ReBuild17 procura colmatar as falhas na cooperação entre os vários *stakeholders* do setor da construção da RAA, especialmente em aspetos respeitantes à EC e reintrodução de resíduos em produtos de construção. Para isso, o ReBuild17 conta com a criação de uma plataforma para a valorização de resíduos que facilite a interação e articulação das várias entidades associadas ao setor, sendo esse o objetivo-chave do projeto. A data de início remonta a setembro de 2020 e a data de conclusão expectável é em agosto de 2022, contando com uma duração de 2 anos durante os quais o projeto terá 2 fases: uma primeira para o "estudo e caracterização dos resíduos existentes, mapeamento e angariação de parceiros, associados ao processo de valorização dos resíduos” e a segunda fase onde “serão desenvolvidos modelos demonstradores para validação da tecnologia de reconversão de resíduos em produtos” (ReBuild17, 2019).

Os restantes objetivos passam por: estudar e caracterizar os resíduos produzidos na região (e, eventualmente, a nível nacional); pela avaliação do potencial de reutilização dos mesmos em novos produtos de construção; pela determinação de características de alternativas de materiais que incorporem resíduos e desenvolvimento de soluções comercializáveis (através de concurso de ideias); e, por último, gestão, governança e divulgação da plataforma como meio de captar *stakeholders* dentro e fora da RAA (ReBuild17, 2019). Para atingir estes objetivos, o projeto vai desenvolver diversas atividades-chave, retratadas na figura 1.

Figura 1 Atividades-Chave do Projeto ReBuild17.



Fonte: Projeto *ReBuild17*

A nível de resultados espera-se que o projeto fomente uma melhor cooperação entre as várias partes integrantes do setor da construção de modo a facilitar a criação de novas soluções que contribuam para a circularidade da economia. A própria criação da plataforma é, para além de um objetivo, um resultado esperado, em conjunto com os benefícios a ela associados (*ReBuild17*, 2019).

3.3 Digitalização

Apesar de existir muita pesquisa na área da EC de modo geral, o mesmo não se pode dizer quando falamos de digitalização neste novo sistema, que conta com uma quantidade mais limitada de literatura (Antikainen *et al.*, 2018). Não obstante, nos últimos 5 anos têm surgido muitos estudos sobre este tema (a maioria da literatura disponível surgiu neste período), o que indica uma mudança de paradigma (Ranta *et al.*, 2021).

Em parte, isto deve-se ao surgimento do conceito “Indústria 4.0” (I4.0), referente a uma quarta revolução industrial com base em tecnologias digitais avançadas, que surgiu na Alemanha no contexto do seu plano estratégico cujo objetivo era o reforço da sua posição internacional na indústria. Verifica-se a influência das tecnologias I4.0 na EC uma vez que estas dotam os modelos de negócios circulares de capacidades como: a identificação e rastreio de materiais numa cadeia de abastecimento, a implementação de melhorias de eficiência e a redução da necessidade de propriedade de certos produtos (Culot *et al.*, 2020; Rosa *et al.*, 2020; Ranta *et al.*, 2021).

Na EC é essencial conseguir coordenar os fluxos de materiais e as suas informações (por exemplo, informações sobre quantidade e qualidade dos produtos e dos seus componentes), e as tecnologias digitais podem servir como facilitadores dessa tarefa. Estas, para além do armazenamento e tratamento de informação sobre produtos e/ou materiais, trazem consigo a oportunidade da “virtualização de canais de distribuição”, criando mercados baseados na virtualização de produtos e processos de recuperação. Desse modo, conseguem fornecer dados sobre a localização, condição e disponibilidade dos produtos, facilitando o *networking*, a colaboração e co-criação entre os *stakeholders* (Antikainen *et al.*, 2018). Em suma, a digitalização funciona como catalisador na transição para a circularidade do setor da construção (EMF, 2020).

O *ReBuild17* faz, então, esta aposta na digitalização visando a criação de uma plataforma digital como método de implementação da EC no setor e como um dos resultados do projeto. Esta plataforma tem como principais objetivos possibilitar o estudo e caracterização dos resíduos produzidos na região e de fazer o *matching* entre todos os parceiros envolvidos: os que querem obter um resíduo e aqueles que são detentores do mesmo. Portanto, para além de conter informações alusivas aos produtos e materiais, terá também uma funcionalidade *marketplace* para a alocação dos resíduos.

Esta plataforma estará organizada num site com 3 áreas principais: “Plataforma”, “Casos de Estudo” e “Área Reservada”. A primeira área irá conter todas as informações sobre a plataforma (e.g. para que serve, como funciona, a quem se destina), *marketplace* (pequena descrição com encaminhamento para a área reservada) e parceiros (parceiros

atuais, como se tornar num). A segunda área, como o próprio nome indica, mostrará casos de estudo- por produto ou por resíduo- com uma breve descrição do aproveitamento/transformação e encaminhamento para a área reservada. Por fim, é na área reservada que se dá a operacionalização da plataforma: tem a opção “tenho resíduo”, para os usuários que queiram submeter um resíduo para venda (produtores), e a opção “quero resíduo” para os usuários que desejam comprar (valorizadores). Caso exista a viabilidade de valorização de um resíduo, a plataforma faz, então, o *matching* entre o produtor e o valorizador, que pode ser um “match único” (direto) ou um “match em cadeia” (que conta com mais do que um processo associado). Este processo só é possível após o preenchimento de um formulário RCD, onde o detentor do resíduo insere as informações sobre o mesmo, e.g. tipologia, localização, quantidade, grau de contaminação, etc.

Existem, no entanto, alguns desafios e barreiras à digitalização, que podem ser divididos em barreiras financeiras (rentabilidade e benefícios), estruturais (troca de informações em falta, distribuição de responsabilidade pouco clara) operacionais (infraestrutura, gestão da cadeia de abastecimento) e até de atitude (percepção de sustentabilidade e aversão ao risco) (Antikainen *et al.*, 2018). Na plataforma ReBuild17, os desafios, até ao momento, passam pela sustentabilidade da mesma no que diz respeito a financiamento que garanta a sua funcionalidade mesmo após o término do projeto. Nesta fase a equipa encontra-se a trabalhar na melhor solução, tendo em consideração as opiniões e posições dos vários *stakeholders* da região- discutidas na sessão de apresentação da plataforma.

3.4 Impactos ambientais

A implementação da EC no setor da construção é, claramente, benéfica a nível ambiental para a RAA visto que os materiais reciclados- quando comparados com os convencionais, feitos de recursos virgens- geram menores impactos ambientais (Ghisellini *et al.*, 2018). No entanto, deve estar associado ao processo de valorização dos materiais o uso de meios de transportes sustentáveis e de energias renováveis.

Com isto, pode-se presumir que a plataforma ReBuild17, ao potenciar a valorização de resíduos na região, contribuirá para a diminuição dos impactos ambientais do setor. O aproveitamento de resíduos contribuirá para a diminuição da procura por materiais e produtos novos, por um lado diminuindo as emissões de GEE associadas ao processo de produção e por outro reduzindo as emissões associadas ao transporte de materiais importados de fora da região (o que se pode traduzir, também, numa vantagem económica: uma menor dependência das importações). Para melhor analisar os impactos ambientais do projeto, será feita uma análise da quantidade (em toneladas) de resíduos de construção e demolição produzidos na RAA nos últimos anos e da taxa de recuperação prevista para incorporação em 6 novos produtos introduzidos pelo ReBuild17. Estes resultados serão alcançados com base na percentagem visada de resíduos aproveitados para a criação desses novos produtos, em relação ao total de resíduos produzidos.

Sendo que os resíduos urbanos são todos aqueles que nós produzimos nas nossas casas, existe outro tipo de resíduos- os resíduos setoriais- que como o próprio nome indica são resíduos provenientes de diferentes setores, nomeadamente resíduos hospitalares, industriais, agrícolas e florestais e resíduos de construção e demolição, ou de forma mais curta, os RCD. No decreto-lei 178/2006, que estabelece o regime geral da gestão de resíduos, são considerados RCD resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações.

No Gráfico 1 está representada a produção de resíduos setoriais na RAA entre 2017 e 2020. Verifica-se um valor relativamente constante na casa das 80000 toneladas, no entanto havendo uma clara redução em 2020 em cerca de 10000 toneladas. Atendendo à conjuntura atual, podemos relacionar essa redução ao surgimento da pandemia Covid-19 que trouxe repercussões em todos os setores de produção e na economia em geral.

Gráfico 1 Resíduos setoriais produzidos na RAA entre 2017 - 2020

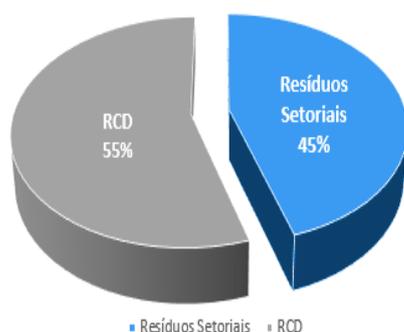


Fonte: SRIR, 2020.

Podemos verificar, no Gráfico 2, que a produção de resíduos por parte do setor da construção tem um peso de mais da metade do total de resíduos setoriais: 55% destes são RCD. O que confirma que o setor da construção e demolição é, de facto, um dos mais poluentes e com maior impacto ambiental.

Gráfico 2 Produção de RCD em relação à produção total de resíduos setoriais.

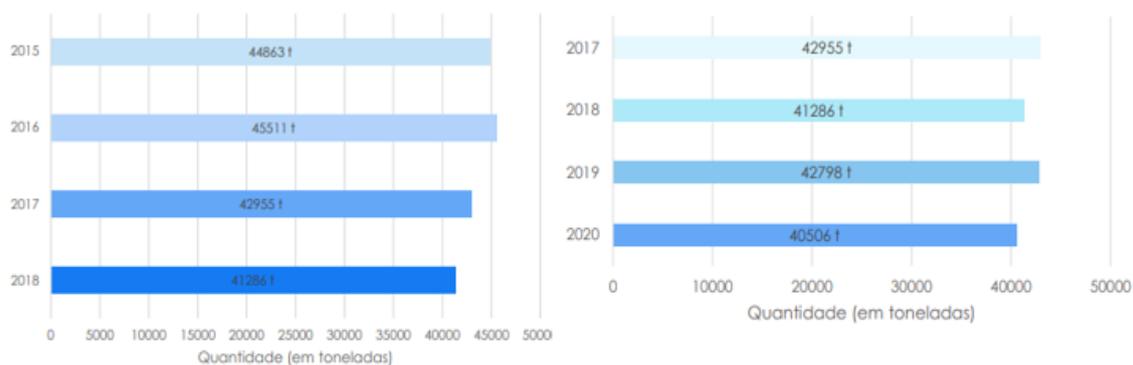
Percentagem de RCD produzidos na Região Autónoma dos Açores no ano de 2020



Fonte: cálculos dos autores

No Gráfico 3, podemos ver em concreto a produção de RCD desde 2015 até 2020, e o que se verifica é que se manteve relativamente constante nas 40000 t/ano. Novamente destaca-se 2020 como o ano com o valor mais baixo, provavelmente pelo mesmo motivo acima referido.

Gráfico 3 Produção de RCD na RAA entre 2015 - 2020.



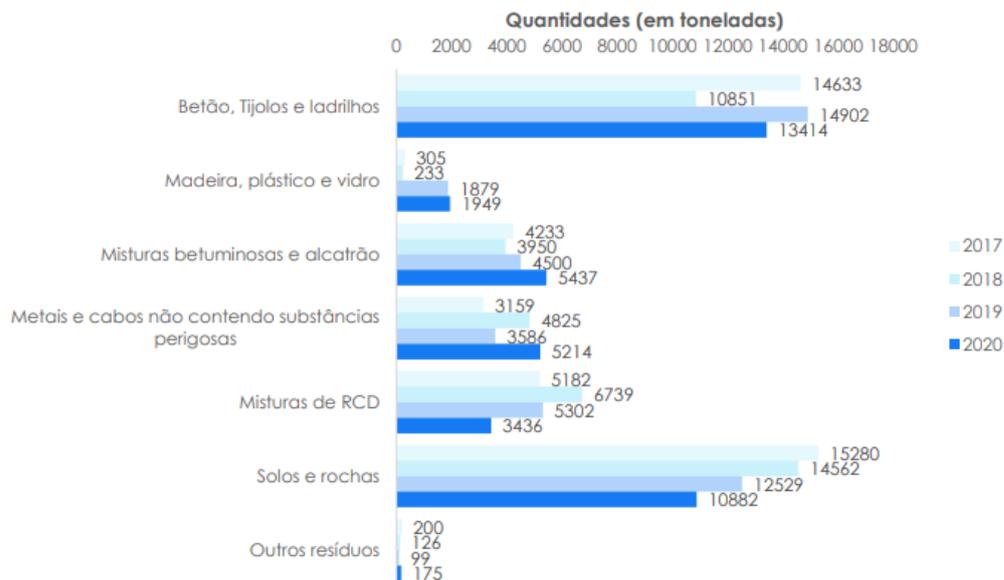
Fonte: SRIR, 2020

Como é possível constatar no Gráfico 4, dentro dos RCD existem vários tipos diferentes de materiais, e.g. betão, vidro, madeira, metais. Dentro de todas estas possibilidades, o projeto *ReBuild* visa a incorporação de 6 destes resíduos em 6 produtos inovadores, sendo eles:

- Microcimento: Este produto terá na sua constituição 5 a 10% de vidro proveniente de RCD.
- Placa de Resina: Incorporação de 15 a 30% de madeira recuperada de RCD, complementada com 70 a 85% de resina.
- Betão EPS: Betão que contém um triturado de poliestireno expandido (EPS), correspondente a cerca de 5% da sua composição.
- Betão Plástico: Betão que conta com a incorporação de cerca de 5% de plástico proveniente de resíduos.
- Argamassa + Gesso: Utilização de 5% de gesso cartonado (placa de gesso).
- Agregado Reciclado: Utilização a 100% de subprodutos da construção e demolição (geralmente de betão), que formam um material granular utilizado como agregado.

Considerando os modelos de negócios para a EC mencionados no capítulo anterior, a produção destes produtos através da incorporação de resíduos revela uma estratégia circular assente no modelo de recuperação de recursos. Tendo em conta que o objetivo é transformar os resíduos em produtos de qualidade superior à original, a sua valorização é considerada um *upcycling*.

Gráfico 4 Produção de RCD na RAA por tipo de material entre 2017 - 2020.



Fonte: SRIR.

Tendo em conta que, na fase atual do projeto, apenas temos estes dados descritivos da criação de novos produtos, e que ainda não temos dados acerca das quantidades a produzir, ainda não é possível calcular o impacto (em percentagem) deste *upcycling* no total dos resíduos de construção e demolição da RAA. Não obstante, com estes dados podemos confirmar que o projeto *ReBuild17* adota uma estratégia circular, promovendo a reciclagem e conseqüente reintrodução de resíduos na economia, o que resultará numa maior circularidade do setor. A previsão é a de que os vários *stakeholders* da região reconheçam a criação de valor que estes novos produtos trazem, optando pela utilização dos mesmos em vez dos materiais tradicionais, o que a médio e longo prazo se pode revelar numa menor dependência face aos recursos virgens e menor depleção ambiental.

Conclusões

Considerando a análise da literatura, com a introdução de medidas e modelos de EC, é possível observar uma redução na quantidade de resíduos produzidos, uma vez que estes são reintroduzidos na indústria. É com base neste conhecimento que tem havido mais investimento (a nível europeu e também mundial) e assim têm surgido vários projetos nesta área.

O *ReBuild17* faz uma aposta na digitalização visando a criação de uma plataforma digital como método de implementação da EC no setor e como um dos resultados do projeto. Com isto, pode-se presumir que a plataforma *ReBuild17*, ao potenciar a valorização de resíduos na região, contribuirá para a diminuição dos impactos ambientais do setor. O aproveitamento de resíduos contribuirá para a diminuição da procura por materiais e produtos novos, por um lado diminuindo as emissões de GEE associadas ao processo de produção e por outro reduzindo as emissões associadas ao transporte de materiais

importados de fora da região (o que se pode traduzir, também, numa vantagem económica: uma menor dependência das importações).

Para melhor analisar os impactos ambientais do projeto, será feita uma análise da quantidade (em toneladas) de resíduos de construção e demolição produzidos na RAA nos últimos anos e da taxa de recuperação prevista para incorporação em 6 novos produtos introduzidos pelo ReBuild17. Estes resultados serão alcançados com base na percentagem visada de resíduos aproveitados para a criação desses novos produtos, em relação ao total de resíduos produzidos.

Após o cálculo dos efeitos do projeto *ReBuild17*, e da EC em geral será possível estimar os seus potenciais impactos no VBP, nas Importações e no Emprego do próprio setor, dos outros setores e da economia no seu conjunto. Com isto verificamos que, além dos efeitos energéticos, ambientais e ecológicos da EC, poderão também quantificar-se os seus impactos económicos, quer para a economia nacional, quer para a açoriana.

No entanto, tendo em conta que este é um projeto com duração de 2 anos e que agora se encontra a meio do seu curso, esta é apenas uma análise prospetiva (com base em simulações). Pelo que será interessante realizar a mesma análise- aquando do término do projeto - com os valores reais observados e comparar se correspondem com os expectáveis.

Acknowledgements. The authors acknowledge financial Support from FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia (Portugal), national funding through research grant UIDB/05069/2020 e UIDB/04521/2020.

Referências

Abukhader, S. (2008). Eco-efficiency in the era of electronic commerce- should “Eco-Effectiveness” approach be adopted? *Journal of Cleaner Production*, 16: 801-808.

Acordo sobre o Espaço Económico Europeu (2021). Versão consolidada do Acordo sobre o Espaço Económico Europeu. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 1.

Antikainen, M., Uusitalo, T. & Kivikytö-Reponen, P. (2018). Digitalization as an Enabler or Circular Economy. *Procedia CIRP*, 73: 45-49.

Benachio, G., Freitas, M. & Tavares, S. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260.

Bocken, N., 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.

Boulding, K. E. (1966). The economics of coming spaceship earth. In H. Jarret (Ed.), *Environmental quality in a growing economy*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Braungart, M., McDonough, W. & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions and a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, 15: 1337 – 1348.

Campbell-Johnston, K., Vermeulen, W., Reike, D. & Brullot, S. (2020). *The Circular Economy and Cascading: Towards a Framework, Resources, Conservation & Recycling: X*, Volume 7.

Comissão Europeia (2018). Plano de Recuperação para a Europa. Retrieved from: Comissão Europeia – Estratégia: https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_pt#introduo (acedido a 05 de outubro de 2022).

Comissão Europeia (2019a). Comunicação da Comissão: A UE como líder mundial. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/fs_19_6721 (acedido a 05 de outubro de 2022).

Comissão Europeia (2019b). Comunicação da Comissão: Pacto Ecológico Europeu. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN> (acedido a 05 de outubro de 2022).

Comissão Europeia (2019c). Priorities 2019 - 2024: Pacto Ecológico Europeu. Retrieved from: Comissão Europeia – Estratégia: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt (acedido a 05 de outubro de 2021).

Comissão Europeia (2020a). Comunicação da Comissão: A Lei Europeia do Clima. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/FS_20_360 (acedido a 05 de outubro de 2022).

Comissão Europeia (2020b). Comunicação da Comissão: Investir numa economia circular e com impacto neutro no clima. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/fs_20_40 (acedido a 05 de outubro de 2022).

Conselho da União Europeia (2020). Mecanismo de Recuperação e Resiliência. Retrieved from: Conselho da União Europeia – Infografia: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/20201006-recovery-resilience-rrf/> (acedido a 05 de outubro de 2022).

Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G. & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226.

Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

Ellen MacArthur Foundation (2020). *The Circular Economy: a transformative Covid-19 recovery strategy: How policy makers can pave the way to a low carbon, prosperous future*.

Ellen MacArthur Foundation (2021). *Universal Circular Economy Policy Goals*.

EEA Grants (2016). Regulation on the implementation of the European Economic Area Financial Mechanism 2014-2021.

EEA Grants Portugal (2018). Programa Ambiente. Disponível em: <https://www.eeagrants.gov.pt/pt/programas/ambiente/> (acedido a 05 de outubro de 2022).

EEA Grants (2020). Projeto Rebuild 17. Disponível em: <https://www.eeagrants.gov.pt/pt/programas/ambiente/noticias/projeto-rebuild-17/> (acedido a 06 de outubro de 2022).

Garcés-Ayerbe, C., Rivera-Torres, P., Suárez-Perales, I. & Leyva-de la Hiz, D. (2019). Is It Possible to Change from a Linear to a Circular Economy? An Overview of Opportunities and Barriers for European Small and Medium-Sized Enterprise Companies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. & Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143: 757-768.

Geissdoerfer, M., Morioka, S., De Carvalho, M. & Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 190: 712 – 721.

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

XXII Governo da República Portuguesa (2020). Visão Estratégica para o Plano de Recuperação Económica de Portugal 2020-2030. Retrieved from: XXII Governo – Documentos: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=visao-estrategica-para-o-plano-de-recuperacao-economica-de-portugal-2020-2030> (acedido a 05 de outubro de 2021).

XXII Governo da República Portuguesa (2021). Plano de Recuperação e Resiliência: Recuperar Portugal, Construindo o futuro. Ministério do Planeamento.

IPCC (1990). Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I. J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia.

IPCC (2007). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*: 127: 221 – 232.

- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens & Hekkert, M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150: 264 – 272.
- Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143: 37 – 46.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A. & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175: 544-552.
- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J., Ernesto, G. & AL-Shboul, M. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management Decision*, 57(4): 1067-1086.
- Mairos, O. (2020). Açores com projeto de economia circular para setor da construção civil. Rádio Renascença. Disponível em: <https://rr.sapo.pt/noticia/economia/2020/05/21/acoes-com-projeto-de-economia-circular-para-setor-da-construcao-civil/193672/> (acedido a 06 de outubro de 2022).
- McDonough, W. & Braungart, M. (2003). Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design. *UNEP Industry and Environment*: 13–16.
- Michelini, G., Moraes, R. N., Cunha, Costa, J. M. H. & Ometto, A. R. (2017). From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, 64: 2–6.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S. & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146: 452-461.
- Muralikrishna, I. V. & Manickam, V. (2017). Chapter Five - Life Cycle Assessment. *Environmental Management*, 57-75
- Murray, A., Skene, K. & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business ethics*, 140(3): 369-380.
- Nunes, M. (2020). Economia Circular e as Cadeias de Abastecimento: Estudo de Caso. Universidade de Lisboa (ISEG)- Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/21013/1/DM-MGN-2020.pdf> (acedido a 05 de outubro de 2021).
- OCDE, (2019). *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Policy*, OECD Publishing, Paris.
- Pearce, W. D. & Turner, K. R. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179: 605-615.

Pomponi, F. & Moncaster, A. (2016). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143: 710 – 718.

Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L. & Väisänen, J. (2021). Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 164.

ReBuild17 (2019). Ambiente – Sregional: Projeto para a promoção da Economia Circular no Setor da Construção. Disponível em: <https://www.eeagrants.gov.pt/media/3342/apresentacao-projeto.pdf> (acedido a 05 de outubro de 2021).

Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D. & Terzi, S. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58:6: 1662-1687.

Sariatli, F. (2017). Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*. 6(1): 31-34.

Schneider, S. H. (1989). The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science* 243: 771-81.

The Economist (2021). The Economist Explains: What is the european green deal. The Economist. Disponível em: <https://www.economist.com/the-economist-explains/2021/06/01/what-is-the-european-green-deal> (acedido a 05 de outubro de 2022).

Urry, J. (2015). *Why the Social Sciences Matter*, Academy of Social Sciences. Chapter 3: Climate Change and Society, 45-59.

World Comission on Environment and Development (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.