

Repensar a Economia como uma Economia Circular

Alexandra Leitão

Católica Porto Business School, Porto, Portugal, E-mail: apleitao@porto.ucp.pt

Resumo: O modelo atual de crescimento assente em combustíveis fósseis, altamente intensivo em recursos e linear, que tem consistido em extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar, parece ter atingido o seu limite. É urgente uma transformação profunda para fazer face à necessidade de descarbonizar e desmaterializar a economia, diminuir a pressão sobre os recursos naturais e reduzir a poluição, aumentando, simultaneamente, a competitividade da economia e igualdade e bem-estar social. A economia circular atraiu a atenção de líderes em todo mundo e está a tomar forma como uma alternativa viável e prática ao modelo económico linear vigente. O objetivo deste artigo é apresentar a economia circular como o paradigma do futuro, que permitirá obter uma melhor harmonia e equilíbrio entre economia, ambiente e sociedade.

Palavras-chave: economia circular, princípios, benefícios.

Title: Rethink the Economy as a Circular Economy

Abstract: The current model of growth based on fossil fuels, highly resource intensive and linear, which has consisted of extracting, transforming, producing, using and disposing, seems to have reached its limit. A deep transformation is urgent to decarbonize and dematerialize the economy, reduce pressure on natural resources and reduce pollution, while increasing the competitiveness of the economy and equality and social well-being. The circular economy has attracted the attention of leaders worldwide and is taking shape as a viable and practical alternative to the current linear economic model. The purpose of this article is to present the circular economy as the paradigm of the future and that will allow to achieve a better harmony and balance between economy, environment and society.

Keywords: until five words, separated by commas.

Título: Repensar la Economía como una Economía Circular

Resumen: El modelo actual de crecimiento basado en combustibles fósiles, altamente intensivo en recursos y lineal, que ha consistido en extraer, transformar, producir, usar y desechar, parece haber alcanzado su límite. Se necesita urgentemente una transformación profunda para enfrentar la necesidad de descarbonizar y desmaterializar la economía, reducir la presión sobre los recursos naturales y la contaminación, al mismo tiempo que aumenta la competitividad de la economía y la igualdad y el bienestar social. La economía circular ha atraído la atención de los líderes de todo el mundo y está tomando forma como una alternativa viable y práctica al modelo económico lineal actual. El propósito de este artículo es presentar la economía circular como el paradigma del futuro y que permitirá lograr una mejor armonía y equilibrio entre la economía, el medio ambiente y la sociedad.

Palabras clave: economía circular, principios, beneficios.

1. Introdução

Existe uma desilusão generalizada com o paradigma económico dominante, onde as atividades económicas se desenvolveram de costas voltadas para o Ambiente e se tornaram incompatíveis com a manutenção de um planeta saudável.

O mundo enfrenta atualmente as consequências da sobre exploração de recursos naturais pelo Homem e das emissões poluentes para além da capacidade regenerativa do Planeta, situação a que não é igualmente alheio o forte crescimento da população mundial, que mais do que duplicou desde 1970, passando de 3,7 mil milhões para 7,6 mil milhões e o crescimento da população urbana que mais do que duplicou desde 1992 (UN, IPBES, 2019). Em 2018, 55,3% da população mundial vivia em áreas urbanas (UN, 2018). Estas tendências permanecerão no futuro. Em 2050, estima-se uma população mundial de 9,8 mil milhões, da qual 68% a viver em áreas urbanas.

A economia global atingiu tal dimensão que a sociedade deve ter em mente que não opera num ecossistema ilimitado. O aumento do fluxo de materiais, energia e poluição colide com as limitações físicas do planeta e com os elementos de suporte à vida fornecidos pelos ecossistemas naturais.

A saúde dos ecossistemas de que o Homem e todas as espécies dependem está a deteriorar-se mais rapidamente do que nunca (UN, IPBES, 2019). Os números são avassaladores. Três quartos do ambiente terrestre e cerca de 66% do ambiente marinho foram significativamente alterados pela ação humana. Cerca de 1 milhão de espécies de animais e plantas estão ameaçadas com o risco de extinção, muitas dentro de poucas décadas, o número mais elevado de sempre na história da Humanidade. Aproximadamente 60 biliões de toneladas de recursos renováveis e não renováveis são extraídos globalmente todos os anos, valor que quase duplicou desde 1980. O consumo global de materiais *per capita* aumentou 15% desde 1980. Desde a mesma data, as emissões de gases com efeito de estufa (GEEs) duplicaram, subindo a temperatura média global em, pelo menos, 0,7°C. Esta é já 1°C superior à verificada no período pré-industrial (UN, IPBES, 2019). Atualmente, cerca de 75% da energia primária é obtida através da combustão de combustíveis fósseis, e espera-se que a sua utilização aumente para sustentar o crescimento económico global e o crescimento da população (Macaskie et al., 2020). A poluição por plásticos aumentou dez vezes desde 1980. Mais de 80% dos resíduos líquidos são lançados no meio ambiente sem qualquer tratamento. 300-400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, resíduos tóxicos e outros resíduos de instalações industriais são despejados anualmente nas águas do Planeta (UN, IPBES, 2019). Entre muitos outros exemplos.

Com a sua ação e atividade, o Homem tem vindo a destruir os fundamentos da nossa economia, segurança alimentar, saúde e qualidade de vida em todo o mundo. O atual modelo é insustentável, economicamente, ambientalmente e socialmente. Trata-se de um modelo altamente intensivo em recursos naturais que pode levar à elevação dos seus custos e à perturbação da atividade económica. A degradação da base de recursos pode resultar na diminuição da produção – por exemplo, a diminuição da fertilidade dos solos produz rendimentos mais baixos e a deterioração da qualidade da água afeta a atividade piscatória. Tais problemas são de grande preocupação para os mais pobres, com impactos diretos nos meios de subsistência, segurança alimentar e saúde.

Também, embora os fatores ambientais não sejam, de modo algum, a única causa de conflitos violentos, a degradação ambiental, a exploração de recursos naturais e a

necessidade de água são cada vez mais geradores de conflitos. E trata-se de uma relação recíproca, em que o conflito, por sua vez, degrada ainda mais o meio ambiente.

As tendências passadas e correntes de rápido declínio na biodiversidade, funções dos ecossistemas e em muitas das contribuições da Natureza para o ser humano significam que a maioria das metas internacionais sociais (relacionadas com pobreza, fome, saúde) e ambientais (água, cidades, clima, oceanos e terra), tais como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030, estão comprometidas atendendo às trajetórias atuais. Os problemas ambientais são indissociáveis dos problemas sociais.

Apenas através de uma mudança verdadeiramente transformadora, a Natureza pode ser conservada, restaurada e utilizada de modo sustentável. Por mudança transformadora, entende-se uma reorganização fundamental e de todo o sistema entre fatores económicos, tecnológicos e sociais, incluindo paradigmas, objetivos e valores. O sistema económico deve evoluir para construir uma economia global sustentável afastando-se do paradigma corrente focado apenas em crescimento económico. A riqueza material não deve ser forçosamente obtida do desenvolvimento dos riscos ambientais e sociais.

É fundamental e urgente a passagem de um modelo linear de consumo de recursos, baseado em extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar, em que temos vivido desde a Revolução Industrial, e muito especialmente desde o final da Segunda Guerra Mundial, para um modelo circular (Ellen MacArthur Foundation, 2012; Comissão Europeia, 2014, 2015, 2020).

Focando, em particular, a economia europeia, verifica-se que é surpreendentemente ineficiente no seu modelo de criação de valor e que continua a operar num sistema linear. Em média, a Europa utiliza os materiais apenas uma única vez. Em 2012, o Europeu médio utilizou 16 toneladas de materiais. 60% dos materiais descartados foram depositados em aterros ou incinerados. Apenas 40% foram reciclados ou reutilizados como materiais. Em termos de valor, a Europa perdeu 95% do valor de materiais e energia, enquanto a reciclagem de materiais e a recuperação de energia baseada em resíduos capturaram apenas 5% do valor original da matéria-prima. (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

O objetivo deste artigo é apresentar a Economia Circular (EC) como o paradigma do futuro, que permitirá obter uma melhor harmonia e equilíbrio entre economia, ambiente e sociedade. Apresenta-se como solução para os atuais desafios face ao crescimento exponencial da população, à crescente procura de recursos naturais no mundo e crescente poluição, podendo vir a ser a maior revolução na economia global nas próximas décadas. Permite aliviar a tensão entre economia e ambiente, trata de forma sistemática a depleção de recursos, energia e gestão de resíduos, aumentando a eficiência do uso de materiais e a capacidade energética da economia global, e permite a empresas e indústrias aumentar a competitividade e emprego. Em última instância, os seus objetivos são dissociar o crescimento económico de pressões ambientais e permitir que a sociedade opere dentro dos limites ecológicos do nosso planeta, ao contrário do previsto no *business as usual*.

A próxima secção desenvolve o conceito de economia circular e apresenta as suas origens, os seus princípios e os principais benefícios. Segue-se a conclusão.

2. A Economia Circular

A Economia Circular é um modelo que permite repensar as práticas económicas da sociedade atual e que se inspira no funcionamento da própria Natureza, que funciona de modo sustentável, ao contrário do modo humano. Constitui uma alternativa baseada no fluxo cíclico de materiais e fluxos de energia em cascata. Baseia-se no princípio de “fechar o ciclo de vida” dos produtos e materiais, permitindo a redução no consumo de matérias-primas, energia, água e produção de resíduos. Tal como no ambiente natural, na economia circular “nada que contenha energia disponível ou material útil está perdido” (Frosch, 1992).

São muitas as definições de economia circular na literatura. No seu Plano de Ação para a Economia Circular, lançado em 2015, a Comissão Europeia define economia circular como o espaço económico “onde o valor dos produtos, materiais e recursos se mantém na economia pelo máximo tempo possível e a geração de resíduos é minimizada” (Comissão Europeia, 2015). O documento estabelece um foco especial na utilização eficiente de recursos (numa perspetiva quer económica quer ecológica) e não apenas nos resíduos, que também são tratados como um recurso. Também, uma economia circular procura aumentar a proporção de recursos renováveis na economia, incluindo fontes de energia renovável.

A Ellen MacArthur Foundation tem sido um *player* chave na promoção da ideia de uma economia circular e apresenta uma definição de economia circular em linha com a definição da Comissão Europeia. Trata-se de um modelo restaurador e regenerativo por *design* onde nada se perde e tudo alimenta um novo ciclo, e que pretende manter produtos, componentes e materiais com a maior utilidade e o maior valor, pelo maior período de tempo possível, na economia. A ideia é garantir que, antes do descarte, o valor de produtos e materiais é plenamente utilizado, através da sua utilização e reutilização.

Numa recente revisão de literatura de cerca de 114 definições, Kirchherr et al. (2017) apresenta uma síntese das definições escrutinadas:

“Uma economia circular descreve um sistema económico baseado em modelos de negócio que substituem o conceito de “fim de vida” por redução, alternativamente reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção/distribuição e de consumo, portanto operando ao nível micro (produtos, empresas, consumidores), ao nível meso (eco-parques industriais) e ao nível macro (cidade, região, nacional e internacional), com o objetivo de atingir desenvolvimento sustentável, o que implica criar qualidade ambiental, prosperidade económica e equidade social, para o benefício de gerações atuais e futuras”.

Depois de a matéria-prima ser extraída e transformada, suportando os inevitáveis custos, faz sentido económico utilizar o valor produzido o maior tempo possível, e não apenas uma vez, ou seja, manter a função/serviço do produto e o seu valor de uso em circulação económica o máximo de tempo possível. Assim, a extensão do ciclo de vida dos produtos e materiais é determinante numa economia circular. Manter o produto em boas condições, através da sua manutenção, reparação e reforma, retém o valor máximo e a funcionalidade do produto por mais tempo. A reciclagem deve surgir apenas depois de estarem esgotadas estas possibilidades. Além disso, a extensão do ciclo de vida evita a geração de resíduos e adia nova produção para a sua substituição. Assim, poupam-se recursos, incluindo também a energia envolvida na produção (Korhonen et al., 2018). Contudo, a implementação da economia circular no mundo tende a estar ainda numa fase

inicial, muito focada ainda na reciclagem de resíduos e subprodutos e menos nas restantes dimensões.

O *design* do produto é crítico em todo o processo. As estratégias de economia circular consideram o fim do ciclo de vida do produto desde o momento inicial do seu desenvolvimento. O *design* do produto, incluindo escolhas de materiais, sua combinação e configuração geral têm um enorme impacto na sua durabilidade, assim como no seu potencial de reparação, reutilização, desmontagem e reciclagem. A durabilidade é uma propriedade desejada dos produtos pois isso mantém a sua função e o valor económico em circulação por mais tempo (Korhonen et al., 2018).

Assim, abordagens sistêmicas, como *ecodesign*, partilha, reutilização, reparação, reforma e reciclagem de produtos e materiais nos processos de produção/distribuição e consumo são fundamentais na manutenção da utilidade dos produtos, componentes e materiais e na retenção do seu valor (European Environment Agency, 2016). Deste modo, é possível fechar o ciclo de materiais e energia, reduzir a dependência de matéria-prima virgem e a pressão ambiental que lhe está associada, e libertar o ambiente de materiais nocivos, com a obtenção de benefícios quer económicos quer ambientais.

2.1. As origens

O conceito de economia circular remonta a Boulding (1966) que utilizou uma viagem ao espaço como metáfora para representar as limitações de recursos que a população mundial enfrenta atualmente. Boulding (1966) postulou que, para que a tripulação da nave espacial (ou seja, a população mundial) pudesse fazer uma longa viagem pelo espaço, era fundamental a compreensão da Primeira Lei da Termodinâmica para conceptualização de um modelo em que “tudo pode ser utilizado como *input* noutra processo”. De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, energia e matéria não podem ser criadas nem destruídas. Portanto, as matérias-primas utilizadas nos processos produtivos não são destruídas, mas antes convertidas ou dissipadas numa forma alternativa (ex. líquida, gasosa) dentro do sistema económico (Pearce e Turner, 1989).

O conceito de foi definitivamente introduzido por dois economistas do ambiente David Pearce e Robert Kerry Turner. Na sua obra *Economics of Natural Resources and the Environment* (Pearce e Turner, 1989) chamaram a atenção para a economia e o ambiente deverem estar interligados, não por uma relação linear, mas sim por uma relação circular, constituindo um circuito fechado. Os autores propuseram um circuito fechado de materiais na economia que designaram por economia circular.

As origens da economia circular também podem ser encontradas na Ecologia Industrial (Frosch and Gallapoulos, 1989; Frosch, 1992; Erkman, 1997). A ecologia industrial estuda os fluxos de materiais e energia nos sistemas industriais. Nasceu em oposição ao conceito corrente que os impactos ambientais dos sistemas industriais devem ser estudados mantendo separadamente a sua fonte – o sistema industrial – e o recetor dos impactos – o ambiente. A ecologia industrial introduziu uma perspetiva diferente, analisando o sistema industrial e o ambiente como um ecossistema conjunto caracterizado pelo fluxo de materiais, energia e informação e pela provisão de recursos e serviços pela biosfera (Erkman, 1997).

A designação vem da ideia que a analogia com os sistemas naturais deve ser usada como inspiração no desenho de sistemas industriais sustentáveis. Os sistemas industriais são sistemas em que os atores industriais devem usar um modelo

semelhante ao modelo natural. A ecologia industrial foca as relações entre operadores dentro do “ecossistema industrial”, com o objetivo de criar ciclos fechados em que os resíduos de uns servem como *input* de outros, eliminando a noção de subproduto indesejado. Os atores industriais devem cooperar entre si, utilizando o material residual e os fluxos de energia residual para minimizar os recursos virgem do sistema e a entrada de energia, assim como minimizar a produção de resíduos e emissões (Frosch, 1992). Em suma, a ecologia industrial promove a transição de ciclos abertos de materiais e energia para ciclos fechados, logo, para processos industriais com menos resíduos (Frosch, 1992; Erkman, 1997; Ehrenfeld and Gertler, 1997).

Mais recentemente, a Ellen MacArthur Foundation atribui a teorias mais recentes um contributo para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do conceito de economia circular, tais como *Cradle-to-Cradle* (do berço-ao-berço), economia da *performance*, biomimética e capitalismo natural (Ellen MacArthur Foundation, 2020). Michael Braungart e Bill McDonough desenvolveram o conceito *Cradle-to-Cradle* (Braungart e McDonough, 2002, 2013). Esta filosofia de *design* considera que todos os materiais envolvidos em processos industriais e comerciais são nutrientes, divididos em duas categorias: nutrientes técnicos e nutrientes biológicos. O metabolismo biológico deve inspirar o metabolismo técnico do fluxo de materiais industriais. Portanto, as componentes dos produtos podem ser desenhadas para recuperação e reutilização de forma continuada de nutrientes técnicos e biológicos.

No metabolismo da biosfera ou biológico, a matéria descartada pelo Homem, saudável para a Natureza, é reaproveitada, reciclada e absorvida permanentemente por ela, dando continuidade aos seus ciclos de nutrientes no processo natural de nascer, viver e morrer. No metabolismo da tecnosfera, isto é, o que é produzido pela intervenção humana, os materiais, depois de serem utilizados e descartados, voltam a ser matéria-prima para novos produtos. O resíduo torna-se novamente recurso e é eliminado o conceito de desperdício.

Os ciclos de vida de produtos e materiais devem ser seguros para a saúde humana e o ambiente. O desenho de produtos e materiais deve ser feito deve ser tal que estes possam ser reutilizados perpetuamente através dos metabolismos biológicos e técnicos. Devem ser criados sistemas para recolher e recuperar o valor destes materiais depois da sua utilização. Também, a utilização de energia renovável deve ser maximizada.

A economia da *performance* evidencia a importância de vender os serviços associados aos produtos em vez da propriedade dos próprios produtos (Stahel, 1984, 2010, 2016). Os clientes utilizam o serviço proporcionado pelo produto mediante pagamento, em alternativa à tradicional abordagem de propriedade do bem. Deste modo, o número de bens produzidos diminui, mas a receita por unidade produzida aumenta. Este modelo é já comumente utilizado em práticas *business-to-business* (B2B). É necessário que o mesmo padrão seja adotado em modelos *business-to-consumer* (B2C) e em bens de consumo final como eletrodomésticos, telemóveis, etc.

A ideia central da biomimética é que a Natureza, inovadora por necessidade, já resolveu muitos dos problemas que a Humanidade se esforça em resolver atualmente. Esta nova disciplina tem vindo a encorajar inventores, cientistas e engenheiros a observar com mais atenção a Natureza, pois o modo como ela faz as coisas é mais sustentável do que o modo humano. A biomimética considera que a inovação deve ser inspirada pela Natureza (Benyus, 1997).

São três os princípios que descrevem esta nova área de estudo:

- (i) A Natureza como modelo: a biomimética estuda os modelos da Natureza e imita as suas formas, processos, sistemas e estratégias, com o intuito de resolver os problemas humanos;¹
- (ii) A Natureza como medida: a biomimética usa o padrão ecológico para julgar a sustentabilidade das inovações humanas. Após muitos milhares de anos de evolução, a Natureza aprendeu o que funciona, o que é apropriado, o que dura;
- (iii) A Natureza como mentora: a biomimética considera uma nova forma de observar e avaliar a Natureza baseada, não no que podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com ele.

O capital natural refere-se aos *stocks* mundiais de ativos naturais, incluindo solo, ar, água e todos os seres vivos. Na sua obra *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution*, Paul Hawken, Amory Lovins and L. Hunter Lovins descrevem uma economia global em que os interesses económicos e ambientais se sobrepõem, reconhecendo as interdependências que existem entre a produção e o uso de capital produzido pelo Homem e os fluxos de capital natural. O capitalismo natural assenta em quatro princípios (Hawken, Lovins & Lovins, 1999):

- (i) Aumento radical na produtividade dos recursos naturais: através de alterações radicais no *design*, produção e tecnologia, os recursos naturais podem passar a durar muito mais do que duram atualmente. As poupanças em custos, investimento em capital e tempo, ajudam a implementar os restantes princípios.
- (ii) Mudança para materiais e modelos de produção inspirados na Natureza: o capitalismo natural procura eliminar o conceito de resíduo modelizando sistemas de produção em circuito fechado, semelhante ao funcionamento da Natureza, em que cada *output* é devolvido ao ecossistema como nutriente, sem qualquer impacto negativo, ou se transforma noutra *input*, para outro processo produtivo.
- (iii) Mudança para um modelo de negócios inspirado em fluxos de serviços: o fornecimento de valor como um fluxo contínuo de serviços, em alternativa ao tradicional modelo de venda de produtos, alinha os interesses de fornecedores e clientes e potencia a produtividade dos recursos.
- (iv) Reinvestir no capital natural: à medida que as necessidades humanas se expandem e as pressões aumentam, aumenta igualmente a necessidade de restaurar e regenerar os recursos naturais.

2.2. Os princípios

A implementação da economia circular passa pelos princípios dos 3Rs: Redução, Reutilização e Reciclagem (Feng e Yan, 2007; Ren, 2007; Sakai et al., 2011; Preston, 2012; Reh, 2013; Su et al., 2013; Lett, 2014; Ghisellini et al., 2016). O princípio da redução visa minimizar os *inputs* de energia primária e matérias-primas, assim como os resíduos, através do aumento da eficiência nos processos produtivos (a chamada ecoeficiência) e no consumo, por exemplo, introduzindo melhores tecnologias, produtos mais compactos e leves, embalagens simplificadas, eletrodomésticos mais eficientes, etc. Relativamente aos consumidores, encoraja-se uma forma mais frugal de consumo (Feng e Yan, 2007, Su et al., 2013). Ecoeficiência é essencialmente um conceito económico, focado nas dimensões económica e ambiental da sustentabilidade, e não se preocupando

¹ O modelo natural foi sempre uma inspiração ao longo de toda a história evolutiva da Humanidade. Exemplos recentes de *design* biomimético estão bem documentados. Por exemplo, os pássaros e morcegos desempenharam um papel central na construção do avião, um dos mais triunfantes feitos da engenharia humana (Dickinson, 1999).

com a dimensão social. Do lado da produção, há essencialmente duas formas de as empresas aumentarem a ecoeficiência no processo produtivo, i.e., aumentar o valor dos produtos e, simultaneamente, reduzir os impactos ambientais (Figge et al., 2014). Tal pode ser obtido utilizando menos recursos por unidade de valor produzido e substituindo substâncias mais nocivas em favor de outras, menos nocivas, por unidade de valor produzido.

O princípio da reutilização refere-se a qualquer operação em que produtos e componentes que não são resíduos, são utilizados novamente com o mesmo fim para o qual foram concebidos (União Europeia, 2008). Refere-se à utilização máxima dos produtos, com manutenção frequente, de modo a maximizar a sua duração. A reutilização de produtos é muito apelativa do ponto de vista ambiental pois requer menos recursos, menos energia, menos trabalho comparado com a produção de novos produtos a partir matéria prima virgem ou mesmo a partir de reciclagem (Castellani et al., 2015; WRAP, 2011; Ghisellini et al., 2016). A difusão da reutilização envolve um aumento na procura do consumidor por produtos reutilizados e remanufaturados, o *design* de produtos duráveis para utilização em vários ciclos, bem como incentivos para as empresas promoverem a recuperação de produtos já utilizados e a promoção de produtos remanufaturados (Prendeville et al., 2014).

O princípio da reciclagem refere-se a qualquer operação de recuperação em que resíduos são reprocessados em produtos, materiais ou substâncias, quer para o fim original quer para outros fins (União Europeia, 2008). A reciclagem de resíduos oferece a possibilidade de beneficiar de recursos que ainda são utilizáveis e reduzir a quantidade de resíduos que precisam de ser tratados e/ou descartados, portanto, diminuindo o respetivo impacto ambiental (Cagno et al., 2005; Zhu, 2008; Lazarevic et al., 2012; Birat, 2015). Também, diminui a extração e consumo de recursos virgem.

Assim, é encorajado o desenvolvimento de empresas que recolham, transformem e reciclem os resíduos de consumidores e produtores, trazendo-os novamente para o sistema, e de empresas que utilizam resíduos de outras empresas, de modo a criar um ecossistema industrial. É necessário o desenvolvimento de um sistema que permita a recolha fácil e reciclagem dos resíduos, nomeadamente os resíduos das famílias, de modo a restaurar os ecossistemas nas cidades e aumentar a qualidade de vida.

Estes princípios têm diferentes hierarquias, com o princípio da redução de recursos a assumir o papel mais importante numa economia circular, seguido do princípio da reutilização.

Embora a economia circular seja muitas vezes identificada com o princípio da reciclagem, este deverá ser o princípio menos sustentável quando comparado com os restantes princípios em termos de eficiência de recursos e lucratividade (Stahel, 2013, 2014). A reciclagem é limitada pela Natureza, pela lei da entropia e pela complexidade dos materiais (Stahel, 2013). A lei da entropia inviabiliza um sistema económico integralmente circular, com materiais e energia a converterem-se infinitamente em novas matérias primas. Os materiais usados tendem a dissipar-se na economia (Georgescu-Roegen, 1971). Também, alguns materiais são recicláveis até uma determinada altura ou mesmo não recicláveis. Por exemplo, as fibras de celulose são recicláveis 4 a 6 vezes, em contraste com os metais que podem ser reciclados ilimitadamente (Reh, 2013). Os metais de terras raras apresentam baixos níveis de reciclagem pois é difícil desenvolver economias de escala (UNEP, 2013; Prendeville et al., 2014). Alguns tipos de plástico não

são recicláveis devido à presença de contaminantes como tinta e metais (Prendeville et al., 2014).

A Ellen MacArthur Foundation (2012) juntou três princípios aos anteriores. O primeiro, *design* apropriado, evidencia a importância da fase de *design* dos produtos no sentido de encontrar soluções para evitar a deposição em aterro. Os produtos devem ser desenhados para ciclos de desmontagem e reutilização. Não apenas os produtos, mas também os processos devem ser redesenhados para maximizar o valor dos recursos na economia. O segundo, introduz a reclassificação dos materiais em “técnicos” e “nutrientes”. Os materiais técnicos (como metais ou plásticos) são desenhados para serem reutilizados no final do ciclo de vida, enquanto os nutrientes biológicos, que geralmente não são tóxicos, podem voltar de forma segura para a biosfera ou serem utilizados em cascata, em usos sucessivos. Por fim, a energia renovável deve ser a principal fonte de energia numa economia circular de modo a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aumentar a resiliência da economia a choques negativos nos combustíveis fósseis, como redução na oferta, aumento de preços, etc.

2.3. Benefícios

Os benefícios decorrentes de uma economia circular são não apenas benefícios ambientais, mas também económicos e sociais. Os ganhos ambientais vêm sendo evidenciados nas secções anteriores. A economia circular permite minimizar os impactos ambientais da produção e consumo de bens e serviços. É reduzida a utilização de matérias primas virgem e de energia, e estes recursos devem ser, sempre que possível, recursos renováveis. Estes são neutros em termos de carbono e os seus resíduos são nutrientes que podem ser utilizados pela Natureza. Também, a produtividade dos recursos é maximizada. Por fim, a economia circular minimiza resíduos e emissões com a aplicação dos materiais em ciclos fechados e a utilização em cascata de fontes de energia renovável. Em suma, preserva-se o capital natural

Os benefícios ambientais repercutem-se em benefícios económicos. Antes de mais, verifica-se uma poupança direta de custos. A diminuição na utilização de matéria prima virgem e energia repercute-se em poupanças nos custos de produção. Minimiza-se a utilização de recursos escassos, e, por isso, dispendiosos, e é maximizada a utilização dos recursos, mantendo-se o seu valor em utilização o máximo tempo possível. O desperdício e as perdas são minimizados, os custos de gestão de resíduos e emissões também, assim como os custos, em geral, de cumprimento de legislação ambiental mais rigorosa.

Além disso, os novos parâmetros de negócio podem criar a oportunidade para a reinvenção das empresas existentes e para o crescimento de novos modelos de negócio. Muitas empresas por todo o mundo começaram já a aproveitar estas oportunidades, criando para elas a vantagem de serem pioneiras. Muitas empresas líderes estão a abraçar o desafio da economia circular e a obter benefícios económicos em termos de novas oportunidades de negócio, do desenho de produtos inovadores, de novos mercados para o valor dos recursos, assim como a usufruir do potencial de mercado decorrente de uma imagem verde e responsável.

Por fim, apontam-se os benefícios sociais, pois são inúmeras as oportunidades de emprego associadas às oportunidades de crescimento económico. Alguns destes benefícios foram quantificados pela Ellen MacArthur Foundation (2014, 2015) em relatórios que evidenciam a ineficiência material e energética do atual modelo produtivo.

No que toca apenas à Europa, atualmente, materiais e componentes constituem 40 a 60% do total dos custos base de empresas transformadoras na Europa, o que cria frequentemente uma desvantagem competitiva em termos de custos. A Europa importa cerca de 60% dos seus combustíveis fósseis e recursos metais, e a União Europeia tem identificados recursos críticos em termos de segurança de oferta. Num cenário circular, o consumo de material primário pode diminuir cerca de 32% em 2030 e 53% em 2050 (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Os estudos evidenciam que a economia circular permite aumentar a produtividade europeia dos recursos em 3% anualmente, gerando poupança de custos em recursos de cerca de 600 biliões por ano em 2030 face à situação atual. Adicionalmente, permite outros benefícios económicos correspondendo a benefícios anuais totais de cerca de 1800 biliões por ano em 2030 face à situação atual (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Isto traduzir-se-ia num aumento do produto de 7 pontos percentuais face ao atual cenário de desenvolvimento, com os inerentes impactos adicionais positivos no emprego. O estudo conclui também que estes benefícios continuam a crescer rapidamente até 2050. Noutro estudo, estão avaliados em cerca de US\$380 mil milhões os negócios que não são aproveitados devido ao facto de não ser dada prioridade a este tipo de abordagem (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

3. Conclusões

A economia circular surge como solução para a necessidade de reduzir os impactos ambientais dos sistemas económicos *business as usual*. A sua implementação em todo o mundo está ainda em estágios iniciais e muito focada na reciclagem, numa abordagem mais adequada à gestão dos resíduos, em vez da redução e da reutilização. Alguns resultados importantes foram já atingidos em alguns setores de atividade. Por exemplo, na gestão de resíduos, em países desenvolvidos, elevadas taxas de reciclagem foram já obtidas. Nos últimos anos, os países europeus fizeram bons progressos relativamente ao desvio de resíduos de aterros sanitários para quase todos os tipos de fluxos de resíduos (European Environment Agency, 2019).

Contudo, a prevenção é sempre o melhor tratamento. É fundamental uma visão alargada que visa promover a eficiência durante o circuito fechado do fluxo de materiais em todos os estágios de produção, distribuição e consumo. Além disso, para além da questão dos recursos e resíduos, são fundamentais a eficiência e conservação da energia, a gestão e proteção dos solos e a gestão do recurso água.

A adoção da economia circular, indissociável da inovação, do *ecodesign* e da ecoeficiência de produtos, processos e sistemas, promete grandes benefícios económicos, sociais e ambientais: aumento de produtividade de recursos e crescimento, incentivo ao investimento e à inovação, criação de emprego, ao mesmo tempo que maximiza o valor dos recursos, protege o capital natural e minimiza os impactos ambientais da produção e utilização de bens e serviços e deposição de resíduos. Em suma, a economia circular baseia-se numa filosofia *win-win-win* em que uma economia saudável e um ambiente saudável podem coexistir, assim como maior bem-estar social.

São vários os desafios para a sua implementação em todas as nações. A tecnologia é um fator determinante para o seu desenvolvimento. Cada um dos princípios da economia circular exige tecnologia avançada, contínuo desenvolvimento e instalações e equipamento atualizado. A fraca legislação a nível ambiental e o seu cumprimento quando é estabelecida é outro problema grave. É necessária uma participação pró-ativa e transparente de todos os atores a todos os níveis de governo.

A transição com sucesso para uma economia circular exige o envolvimento de todos os atores da sociedade e da sua capacidade. Passa pela adoção de padrões de produção e consumo mais limpos. As regulações ambientais e os esforços industriais são cruciais para o desenvolvimento de uma economia circular, mas é também condição necessária uma alteração na atitude de toda a sociedade. Produtores e consumidores devem ser atores ativos aumentando a sua responsabilidade e consciencialização.

A promessa económica, ambiental e social da mudança de paradigma é significativa. A transformação que se impõe deve ser encarada como o grande desafio e projeto desta geração.

Referências

- Benyus, J.M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Harper Collins e-books.
- Birat, J.-P. (2015). Life cycle assessment, resource efficiency and recycling. *Metallurgical Research & Technology*, 112 (206), 1-24.
- Boulding, K. E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In H. Jarrett (ed.). *Environmental Quality in a Growing Economy*, pp. 3-14.
- Braungart, M., & McDonough, B. (2002). *Cradle-to-cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- Braungart, M., & McDonough, B. (2013). *The upcycle: beyond sustainability designing for abundance*. New York: North Point Press.
- Cagno, E., Trucco, P., & Tardini, L. (2005). Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports. *Journal of Cleaner Production*, 13, 593-605.
- Castellani, V., Sala, S., & Mirabella, N. (2015). Beyond the throwaway society: a life cycle-based assessment of the environmental benefit of reuse. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11 (3), 373-382.
- Comissão Europeia (2014). *Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*. COM (2014) 398, Comunicação da Comissão.
- Comissão Europeia (2015). *Circular Economy Strategy. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. COM (2015) 614, Comunicação da Comissão.
- Comissão Europeia (2020). *Um novo Plano de Ação para a Economia Circular – Para uma Europa mais limpa e competitiva*. COM (2020) 98, Comunicação da Comissão.
- Dickinson, M. H. (1999). Bionics: biological insight into mechanical design. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96 (25), 14208–14209. doi: 10.1073/pnas.96.25.14208
- Ellen MacArthur Foundation (2012). *Towards the circular economy: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains*. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation (2015). *Growth Within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Cowes, Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation (2020). *Circular Economy – Schools of Thought*. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-Thought>
- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice. The evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67-79.
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), 1-10.

- European Environment Agency (2016). *Circular economy in Europe — Developing the knowledge base*, EEA Report 2/2016, European Environment Agency.
- European Environment Agency (2019). *Diversion of waste from landfill. Indicator Assessment*. Available in: <https://www.eea.europa.eu/data-andmaps/indicators/diversion-from-landfill/assessment>
- Feng, Z., & Yan, N. (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustainability Science*, 2, 95-101.
- Figge, F., Young, W. & Barkemeyer, R. (2014). Sufficiency or efficiency to achieve lower consumption and emissions? The role of rebound effect. *Journal of Cleaner Production*, 69, 216-224.
- Frosch, R.A. (1992). *Industrial ecology: a philosophical introduction*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 89, 800-803.
- Frosch, R., Gallopoulos, N. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 94-102.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- 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.
- Hawken, P., Lovins, A. B. & Lovins, L. H. (1999). *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. New York: Little, Brown & Company, 1999.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Korhonen, J, Honkasalo, A., & Seppälä (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, pp. 37-46.
- Lazarevic, D., Aoustin, E., Buclet, N., & Brandt, N. (2012). Plastic waste management in the context of a European recycling society: comparing results and uncertainties in a life cycle perspective. *Resources, Conservation & Recycling*, 55, 246-259.
- Lett, L.A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Riv. Argent. Microbiol.*, 46 (1), 1-2.
- Macaskie, L. E., Sapsford, D. J., & Mayes, W. M. (2019) *Resource Recovery from Wastes: Towards a Circular Economy*. The Royal Society of Chemistry.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1989). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf.
- Prendeville, S., Sanders, C., Sherry, J., & Costa, F. (2014). *Circular Economy: Is it Enough?* Available <http://www.edcw.org/sites/default/files/resources/Circular%20Economy-%20Is%20it%20enough.pdf>
- Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Briefing Paper. Available in <https://www.chathamhouse.org/publications/papers/view/182376>
- Reh, L. (2013). Process engineering in circular economy. *Particuology* 11, 119-133.
- Ren, Y. (2007). The circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9, 121-129.
- Sakai, S., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., Tomoda, K., Peeler, M.V., Wejchert, J., Schmidt-Unterseh, T., Ravazzi Douvan, A., Hathaway, R., Hylander, L.D., Fischer, C., Oh, J.G., Jinhui, L., & Chi, N.C. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 13, 86-102.
- Stahel, W. R. (1984). The product-life factor. In S. G. Or (Ed.), *An inquiry into the nature of sustainable societies, the role of the private sector*. HARC Houston, TX: The Mitchell Prizes 1982.

- Stahel, W. R. (2010). *The performance economy*. London: Palgrave MacMillan.
- Stahel, W.R. (2013). Policy for material efficiency e sustainable taxation as a departure from a throwaway society. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 371, 20110567.
- Stahel, W.R. (2014). *Reuse Is the Key to the Circular Economy*. Available in https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/expertsinterviews/reuse-is-the-key-to-the-circular-economy_en
- Stahel, W.R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531. Available in www.nature.com/news/the-circular-economy-1.19594.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rethoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-277.
- UN - United Nations (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nations, Population Division, Department of Economic and Social Affairs. Available in <https://population.un.org/wup/>
- UN - United Nations (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Available in <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-declineunprecedented-report/>
- UNEP, (2013). *Metals Recycling: Opportunities, Limits and Infrastructure*. United Nations Environment Programme, Available in <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8423>
- União Europeia (2008). *Diretiva 2008/98/EC sobre resíduos* (Waste Framework Directive).
- WRAP, (2011). *A Methodology for Quantifying the Environmental and Economic Impacts of Reuse*. Waste and Resources Action Programme. Available in <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Final%20Reuse%20Method.pdf>
- Zhu, D. (2008). Background, pattern and policy of China for developing circular economy. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 6(4), 3-8.