

ECONOMIA CIRCULAR – EVOLUÇÃO E PERSPECTIVA INOVADORA.

ALVAIR SILVEIRA TORRES JUNIOR

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FEA
alvair@usp.br

FRANCO PAOLO PARINI

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)
fparini@ig.com.br

ECONOMIA CIRCULAR – EVOLUÇÃO E PERSPECTIVA INOVADORA.

1- Introdução:

A aceleração das mudanças é um dos aspectos que marcam a contemporaneidade. No consumo, na tecnologia, na inovação em toda parte, nas mudanças comportamentais, em várias dimensões sócio-econômicas, a velocidade com a qual os fatos se sucedem leva à reflexão de qual o sentido em que estamos sendo impulsionados.

A Revolução Industrial no sec XVIII mudou profundamente a relação e os valores entre indivíduos e o mundo material. A evolução tecnológica associada às necessidades econômicas de criação e manutenção de mercados fizeram a produção de bens desembocar na obsolescência planejada. Nela, as iniciativas empreendedoras se concentraram na concepção de bens com o propósito de serem descartados após o uso, segundo ciclos determinados de vida útil. Impulsiona-se a era da moda de consumo e estilo, estimulando-se a mentalidade de jogar-fora depois do uso, *throw away-mindset*, comportamento conhecido como consumo linear.

Outrossim, com início da revolução industrial, a produção em massa de bens foi possibilitada por novos métodos de fabricação resultando em produtos com alta disponibilidade e baixos custos. O acelerado crescimento da atividade industrial e econômica associado ao crescimento da população mundial e do consumo liderado pelo crescimento da renda e da classe média, impeliu à geração e emissão de volumes elevados de resíduos sólidos e gasoso para o ambiente, deflagrando consigo problemas críticos ao planeta como a criação de aterros sanitários, acelerada poluição e degradação do meio ambiente além do sério esgotamento dos recursos naturais e aquecimento global.

Sucessivamente e como consequência de tais problemas, os governos líderes de todo o mundo iniciaram programas de redução de resíduos e reciclagem. (Elia, 2017; Esposito, 2015; Lieder, 2016; Meadows, 1972; Steinhilper, 1998)

Considerando o cenário atual, o desafio da poluição ambiental não é o único que está se tornando urgente, mas também o desafio provocado pela escassez de recursos globais. Uma vez que os recursos do planeta Terra são limitados, os requisitos econômicos e populacionais não poderão ser atendidos caso não haja intervenção adequada.

As empresas industriais encontram-se numa situação incerta quando se trata de recursos. O aumento da concorrência pelo acesso a recursos escassos ou críticos tornou-se uma grande preocupação para a indústria transformadora, além das obrigações com relação à legislação ambiental. (Esposito, 2015; Michaux, 2016; Morone, 2016)

2- Problema de Pesquisa e Objetivos.

No bojo dessa discussão, esse artigo procura caracterizar o estado da arte da Economia Circular, EC, que permeia a comunidade científica mundial nos últimos 5 anos, apresentando resposta à questão que motivou o trabalho: Quais as tendências de pesquisa em economia circular e como elas estão estratificadas?

Devido o fato da aceleração se dar em uma trajetória nada sustentável da produção e consumo em massa, vislumbra-se nesta mudança de abordagem novas oportunidades propiciadas por um conjunto de conceitos e novas práticas no âmbito do que se convencionou chamar de Economia Circular, em substituição à pedatória economia linear ainda vigente.

3- Fundamentação Teórica.

Os limites do paradigma da Economia Linear:

O empreendedorismo clássico do século XX tem no modelo linear de produção e consumo as bases ainda praticadas majoritariamente pelas organizações. Conhecido como modelo linear “do berço à cova”, *cradle-to grave*, e conforme a figura abaixo, matérias-primas são definidas como entradas, *inputs*, para a produção do produto e a geração do descarte como saídas, *output*, do uso do produto.

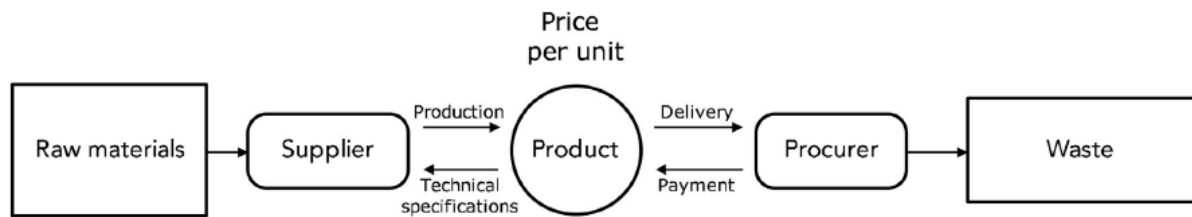


Figura 1. Witjes 2016. Pag 39

Neste modelo linear, a especificação do produto, matéria-prima e o descarte são definidos gerando no fornecedor a consciência inadequada de que a eficiência de seus recursos e processos devem torná-lo apto meramente a atender tais especificações, tornando-se quesitos que definem e restringem a responsabilidade das empresas às questões internas, de eficiência na sua transformação ou prestação de serviço, sem contudo haver a mesma preocupação com a disposição após o consumo e exploração dos recursos naturais. Tal modelo ainda vigente em grande parte do mercado, denuncia a necessidade de repensar novos conceitos e práticas pautadas na necessidade eminente de maior sustentabilidade face ao momento que nos encontramos. (Witjes, 2016)

A população mundial atual, totaliza mais de 7 bilhões de pessoas, e deverá aumentar em quase um bilhão até 2025, atingindo 9,6 bilhões até 2050, conforme relatado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) em 2015. Ao mesmo tempo, economias grandes e em rápido crescimento como a China e a Índia, apesar do declínio da recessão nos últimos anos, ainda estão crescendo a taxas altas de 6,8% e 7,4%, respectivamente, o que levará ao aumento da riqueza. Um efeito importante destas duas tendências será uma maior procura e consumo de alimentos, bens manufaturados e fontes de energia, adicionando pressão ao sistema econômico mundial, ao meio ambiente e aspectos sociais. Tal pressão ao meio ambiente impacta nas questões sociais no sentido em que o ecossistema em geral tornar-se inadequado para a sobrevivência humana ou reduzindo a qualidade de vida das pessoas em seu meio. Portanto, denominamos tais impactos ambientais como sociais, porque a degradação do meio reflete nas alterações da vida social. (Esposito, 2015; Morone, 2016)

Como limite técnico há a dificuldade de continuidade na exploração de vários recursos naturais pela forma linear, em função de seu esgotamento e também dificuldades de extração em condições mais severas e adversas. A tecnologia baseada em materiais ou *hard technoly*, baseada no desenvolvimento de novos materiais e processos com mais ecoeficiência, de um lado reduz a utilização marginal de recursos mas por outro, acaba incentivando o aumento do consumo total em função inclusive da redução de custo que acaba alcançando pelo aumento da escala, necessária para pagar os investimentos da nova tecnologia. Recursos fundamentais como água, alimentos e energia são considerados. A energia consumida para

colocar em funcionamento carros, aviões, luzes e outras modernas tecnologias levaram bilhões de anos para o planeta coletar e armazenar em plantas e combustíveis fósseis. Agora gastamos essa energia a um ritmo muito mais rápido do que o planeta pode produzir, de tal forma que a escassez de recursos é um problema real

O Forum para o Futuro (<https://www.forumforthefuture.org>) formado por grupo sem fins lucrativos estima que estamos consumindo recursos 50% mais rápido do que eles podem ser substituídos. Em 2030 nossa demanda exigirá mais de dois planetas de recursos naturais, sendo que até 2050 demandará o valor de três planetas. Esta estimativa está relacionada ao crescimento da classe média global, a qual terá sido duplicada até o ano 2030, impulsionando a demanda por recursos intensivos, bens como veículos e outras conveniências contemporâneas industrializadas e desfrutadas atualmente. (Esposito, 2015)

O meio ambiente fornece uma base de recursos que funciona como um banco de insumos para a economia, tanto em termos de recursos renováveis e recursos esgotáveis. Muitos recursos biológicos são renováveis e podem ser colhidos para fins econômicos sem impacto limitado, desde que a colheita não exceda o rendimento efetivo. Problemas surgem quando os recursos exauríveis (por exemplo, combustíveis fósseis e metais), são gradualmente extraídos, consumidos e esvaziados do estoque disponível e introduzidos no sistema econômico.

Tais limitações oferecem novos desafios aos empreendedores deste século. Se os novos negócios continuarem a ser gerados com a mentalidade linear não se estabelecerá alternativa que se estabeleça como concorrência às práticas atuais de linearidade e nas melhores situações tem se renovado parcialmente com medidas de mitigação ou de pouca efetividade. A passagem de um sistema linear de escoamento de “produção-consumo-descarte” de material para um modelo circular e regenerativo desempenha um papel central no caminho para a transição para um sistema econômico mais sustentável que utiliza recursos de forma mais eficiente, reduzindo a geração de resíduos e facilitando a sua recuperação quando inevitáveis como fonte de recursos para a produção de novos produtos. É preciso que se estabeleça um novo paradigma nas bases de concepção do negócio. Essa discussão é que resulta numa série de inovações mais radicais que configuram o modelo da economia circular em gestação. (Elia, 2017; Esposito, 2015; Geng, 2014; Genovese, 2017; Morone, 2016)

Dinâmica do modelo emergente da economia Circular:

O paradigma do modelo linear atual dá lugar à lógica de um contraponto que interrompe o ciclo vicioso de consumo e produção predatórios. Como consequência um conjunto de conceitos de reciclagem, regeneração, reaproveitamento, reuso, acabam por ser reunidos em um modelo que os discute e busca relacionar sob o manto da circularidade em substituição ao tradicional da linearidade. Originada da própria prática de mitigação dos impactos ambientais no interior do modelo linear, tais conceitos ganham em escala e questionam os próprios modelos de negócio.

Uma economia circular aumenta o valor de um recurso material maximizando sua conversão em produtos (alto valor), e ao fazê-lo, elimina-se o desperdício (baixo valor). Um exemplo que elucida a maximização de um recurso material pode ser visto quando o bem é alugado e não vendido, onde o valor de propriedade dá lugar ao valor de uso. Desta forma se elimina o desperdício de um bem com baixa utilização ou vida útil de utilização rarefeita. A vida útil dos produtos pode ser aumentada através de um design responsável do produto, o que na prática significa fazer com que suas partes constituintes sejam novamente utilizadas para novos produtos. Quando um produto chega ao fim de sua função, a reutilização e a reciclagem proporcionam uma oportunidade de prolongar ainda mais a utilidade de suas

partes constituintes. Entretanto, o valor inerente do material incorporado no produto é prolongado em vez de desperdiçado. A demanda por recursos finitos é reduzida.

A formação do conceito de EC é atribuída a uma sucessão de conceitos desde a década de 60, em uma construção social de um novo paradigma, ainda distante de sua total assimilação. Daí a importância de estreitá-lo com o empreendedorismo .

Os principais movimentos e conceitos que surgem nesse processo de pensar a circularidade são apresentados.

Começamos com Boulding (1966), pioneiro na pesquisas, ilustra o planeta Terra como uma espaçonave em posse de recursos limitados, introduzindo o foco na interação da economia e meio ambiente. Fuller (1971), defensor do conceito chamado de “*Ephemeralization*”, consistindo na ideia de “faça mais com menos” declarou que a poluição é nada mais além de recursos que não estamos colhendo. Stahel and Reday-Mulvey (1981), difunde o sistema de ciclos de produtos baseada nos 4Rs ou seja, reuso, reparo, recondicionamento e reciclagem. Stahel (1982), propõe o aumento do ciclo de vida do produto minimizando o fluxo de materiais, energia e danos ambientais. Stahel (2010), defende uma economia orientada ao serviço ao invés de mercadorias. Amir (1994), utiliza conceitos termodinâmicos para relacionar aspectos econômicos e ambientais. Pauli (2010), difunde a Economia Azul e o empreendedorismo social através da inovação e criatividade. Lyle (1996), afirma que as estratégias para o *design* regenerativo como atividades diárias são baseadas no valor de viver dentro dos limites dos recursos renováveis disponíveis sem degradação ambiental. Braungart e McDonough (2002), desenvolvem os conceitos e a certificação do “berço ao berço”, *cradle to cradle*, que trata dos fluxos industriais como metabolismos e os resíduos como nutrientes. Allwood et al (2011), propuseram a estratégia de *design* de produto como opção para aumentar a eficiência de materiais. Rashid et al (2013), introduzem uma radical mudança no contexto no sistema ciclo-fechado do produto através do conceito de conservação de recursos na manufatura (ResCoM). Assim como os conceitos apresentados, existem ainda várias outras possibilidades para definir EC. Em decorrência das contribuições ao longo dessas décadas, atingimos no início desse século as tentativas de definição de uma nova mentalidade empreendedora em alinhamento com a proteção ambiental e uso renovável dos recursos. No setor industrial do lado de seus representantes do desenvolvimento eco-industrial, EC é entendido como a realização de fluxo de material em ciclo fechado em todo o sistema econômico; Em associação com os princípios chamados 3R (redução, reutilização e reciclagem), o núcleo da EC é o fluxo circular, fechado, de materiais e o uso de matérias-primas e energia através de múltiplas fases (Yuan et al., 2006). Tomando em consideração os aspectos econômicos EC também pode ser definido como uma economia baseada em um "sistema em espiral" que minimiza o uso da matéria, o fluxo de energia e a deterioração ambiental, sem restringir o crescimento econômico ou o progresso social e técnico (Stahel, 1982). A economia circular é focada em maximizar o que já está em uso ao longo de todos os pontos do ciclo de vida de um produto, desde o abastecimento ao consumo, aonde as partes remanescentes inutilizáveis de uma função são convertidos de volta em uma nova fonte para outra finalidade.(Esposito, 2015)

Em suma, o objetivo da economia circular é preservar nosso atual estilo de vida, tornando-o tecnicamente viável a longo prazo, produzindo dentro de um ciclo fechado ou loop, onde as empresas reutilizam por um processo de reparação, recondicionamento, reciclagem e finalmente reutilização dos materiais já em uso. Nas últimas décadas, paralelamente à propagação de conceitos de EC, vem sendo desenvolvidas práticas verdes e sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos, procurando integrar as preocupações ambientais nas organizações com práticas de mitigação das consequências negativas involuntárias dos processos de produção e consumo. A prática empreendedora, por sua vez, tem com a

economia circular a oportunidade de ampliar suas fronteiras de negócio vinculando-se com a sustentabilidade, enfatizando a ideia de transformar os produtos de tal forma que existam relações viáveis entre os sistemas ecológicos e o crescimento econômico. (Clark, 2016; Ellen Macarthur Foundation; Esposito, 2015; Genovese, 2017; Lieder, 2016) A crescente influência da sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos e nas práticas operacionais também pode ser atribuída ao fato de que, além de demandas crescentes de forte desempenho econômico, as organizações são agora responsabilizadas pelo desempenho ambiental e social por parte das principais atores, *stakeholders*. Com isso os empreendedores em uma cadeia de suprimento verde, *green supply chain*, são chamados a integrá-la na medida em que apresentam essa vantagem competitiva de atender aos requisitos dos clientes acrescidos da exigência de menor impacto sócio-ambiental.

O conceito de Cadeia de Suprimento Verde, agora está em uma fase de evolução sobre as bases da circularidade do ciclo de vida do produto e processos operacionais, vistos sob uma perspectiva de uma visão holística de toda a cadeia de suprimento do produto, a qual torna-se fundamental para o estabelecimento de sistemas de produção mais ecológicos e mais sustentáveis. Estes sistemas poderão igualmente levar à criação de novos modelos comerciais competitivos baseados no paradigma do “berço ao berço”, incentivando o uso de matérias-primas como nutrientes técnicos e biológicos. Alinhar as estratégias da cadeia de suprimentos com os princípios da economia circular tem se tornado importante para favorecer a sustentabilidade ambiental. (McDonough e Braungart, 2002; Pauli, 2010)

Dessa forma, princípios da economia circular revelam intenção de ultrapassar as fronteiras das práticas sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos. Até agora as práticas da cadeia de suprimentos verde focam na redução de impactos negativos não intencionais sobre o meio ambiente devido ao fluxo de material como em uma economia linear. O paradigma da economia circular impulsionou as empresas que operam na mesma rede de abastecimento a participar nas atividades de sustentabilidade, permitindo a adoção do conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimento Verde, *Reverse Supply Chain Management*, como uma adaptação dos princípios da economia circular. Cadeia de suprimento inverso inclui atividades relacionadas com a concepção do produto, operações e gestão da vida útil, a fim de maximizar a criação de valor ao longo de todo o ciclo de vida através da valorização dos produtos pós-uso, quer pelo fabricante original, quer por terceiros. As cadeias de suprimento reverso são de ciclo aberto ou fechado. As primeiras envolvem materiais recuperados por terceiros que não são os produtores originais, os quais são capazes de reutilizar estes materiais ou produtos. Por outro lado, as de ciclo fechado, os produtos são recolhidos retornando ao fabricante original para a recuperação, reutilizando todo o produto ou parte dele. (Clark, 2016; Elia, 2017; Ellen Macarthur Foundation; Esposito, 2015; Genovese, 2017; Lieder, 2016)

As práticas empreendedoras na EC estão focadas em 3 perspectivas: Escassez de recursos, impacto ambiental e benefícios econômicos. Embora se registre um grande crescimento nos estudos e interesse voltado para a ótica da EC, o atual conhecimento ainda não pode ser descrito como completamente acabado, porém já há identificação de práticas que na medida de sua difusão auxiliarão na finalização do modelo conceitual. (Lieder, 2016)

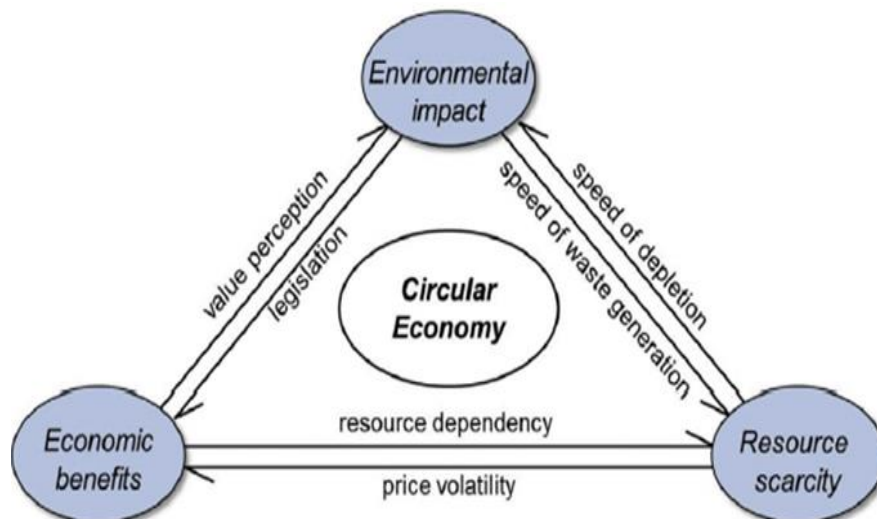


Figura 2. Lieder 2016 p. 45

As perspectivas abrangentes da EC envolve um ambiente onde todos os atores, *stakeholders*, são motivadas de forma iguais, onde as empresas individuais, as limitações dos recursos naturais, assim como os resíduos e os aspectos ambientais são considerados integrantes e com relações dinâmicas entre si.

No modelo ainda Ilustra-se as três perspectivas apontadas e suas relações:

- a) **Benefícios Econômicos na EC:** Cada empresa individual se esforça para obter benefícios econômicos, com o objetivo de garantir a rentabilidade e vantagem competitiva. Requer para tanto, uma avaliação de modelo de negócios, design de produto, design da cadeia de fornecimento e escolha de materiais.
- b) **Escassez de Recursos na EC:** A prosperidade social depende dos recursos do planeta, os quais sendo finitos, torna o seu uso obrigatoriamente regenerativo para atender a EC. Neste contexto, a abordagem diz respeito à circularidade dos recursos, à criticidade material e à volatilidade dos recursos à luz do número globalmente crescente de atividades industriais.
- c) **Impacto Ambiental na EC:** EC visa a redução de resíduos sólidos, aterros e emissões através de atividades como reutilização, remanufatura ou reciclagem. O menor impacto ambiental é a condição para a sociedade e desejada pelas nações, órgãos governamentais e indivíduos ao redor do globo.

A construção social desse modelo tem encontrado respostas na intensificação de artigos e publicações sobre EC no mundo, principalmente na China e Europa, impulsionado pela primeira lei circular mundial aprovada na China em 2007. (Lieder, 2016)

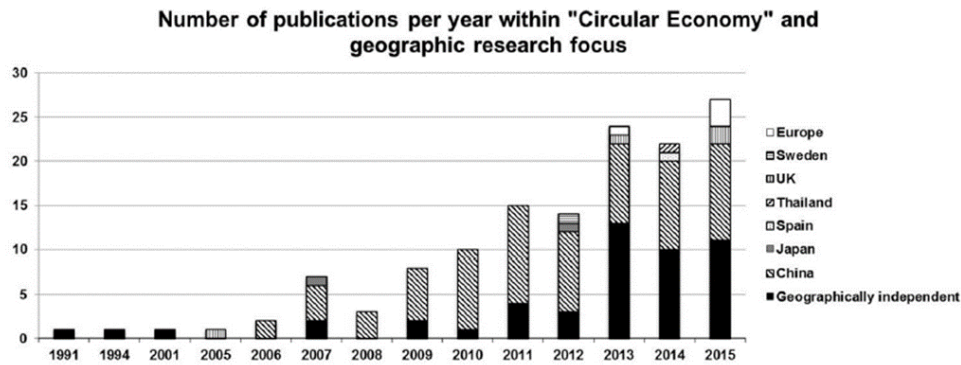


Figura 3. Lieder 2016 p. 39

4- Metodologia:

Este artigo foi desenvolvido a partir de pesquisas exploratórias qualitativas sobre Economia Circular (Palavra-chave: Economia Circular e Circular Economy), com base em estudos bibliométricos realizados em três etapas. Na primeira etapa, dividida em 4 fases, realizou-se uma revisão sistemática de artigos científicos para identificar o “estado atual da arte” acadêmica em relação ao conceito de economia circular. Tais artigos englobam a produção científica dos últimos 5 anos, e foram coletados da base de dados SCOPUS, através do Portal de Periódicos Capes, sempre vinculados a aplicações empresariais. Do levantamento totalizou-se 1764 citações gerais, que foram reduzidas para 208 depois de serem filtradas considerando título e resumo e, finalmente, 177 citações, considerando os artigos publicados nas mais prestigiadas revistas científicas, com alto valor de impacto e enquadradas na classificação Qualis A1 e A2.

O levantamento se limitou às publicações na literatura formal e não inclui livros e relatórios de pesquisa.

A base de dados Scopus foi selecionada por representar atualmente uma das melhores ferramentas disponíveis para pesquisa de literatura eletrônica, particularmente para artigos publicados após 1995. O Scopus contém cerca de 40 milhões de artigos e foi adotada como a base adequada em função da abrangência do tema. (Tukker, 2015)

A figura abaixo descreve o esquema adotado para seleção dos artigos.

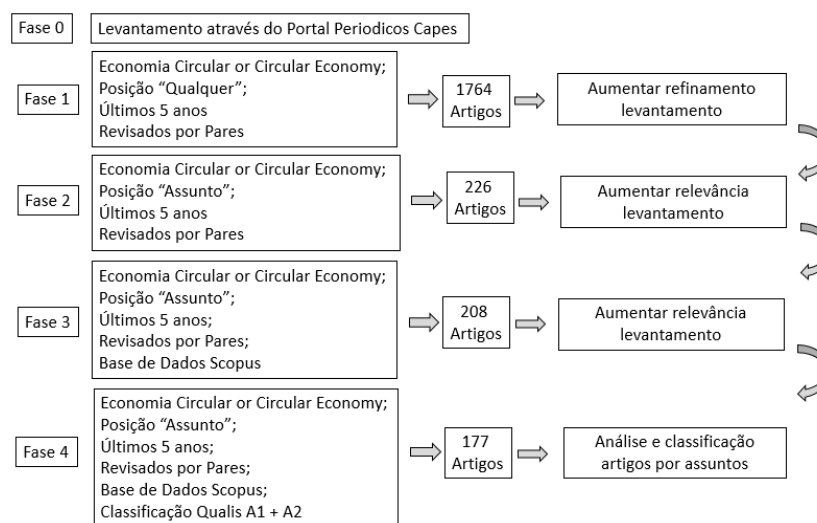


Figura 4. Esquema processo seleção artigos. Elaborado pelo autor.

A lista dos artigos selecionados estão em documento complementar. Os resultados obtidos pelos levantamentos constam na seção relativa aos “resultados”. A lista de referências base (artigos) assim como as devidas classificações e seleções de conteúdos foram realizadas como resultado de escolhas que, em certa medida, refletem a compreensão e ponderação do pesquisador em aderência ao escopo da pesquisa.

A segunda etapa consistiu em analisar características básicas dos artigos selecionados, como o ano de publicação, região geográfica do pesquisador líder de cada artigo, a cooperação de outros pesquisadores de outras regiões, número de citações do artigo, revista publicada e por fim, os artigos foram categorizados em duas subcategorias de acordo com o campo de pesquisa e setor econômico com aplicação predominante.

Quanto ao campo de pesquisa, adotou-se 5 grupos principais para classificação:

- 1) Ecologia industrial: A qual trata de padrões de fluxos de materiais e energia dentro e fora dos sistemas industriais, incluindo a dinâmica tecnológica;
- 2) Ciência ambiental, contendo estudos de impactos ambientais através de sistemas industriais, incluindo suas conseqüências sobre o meio ambiente natural através de desperdício e emissão;
- 3) Gestão em geral, gerenciamento, organização e planejamento, ferramentas, modelos de negócios e métodos contendo estudos sobre economia, administração, conceitos e análises de decisões gerenciais e operacionais;
- 4) Leis e métricas;
- 5) Ciências sociais, abordando estudos sobre a sociedade, as relações entre os indivíduos, impactos na mesma e sua influencia e importância no processo EC.

Quanto ao setor econômico, detectou-se a relevância na classificação arbitrária dos segmentos da economia como segue:

- 1) Agro/Alimentos
- 2) Águas (ETE/ETA)
- 3) Biotecnologia
- 4) Construção Civil
- 5) Eletro-Eletrônicos
- 6) Energia
- 7) Metalurgia-Metal
- 8) Papel e celulose
- 9) Químico e Plásticos
- 10) Outros, não determinados.

Na terceira etapa, os artigos foram selecionados por seu conteúdo e organizados de acordo com os tópicos ou seja: conceitos, limites do paradigma da economia linear, elementos da dinâmica do modelo emergente da economia circular, tendências em CE, limites e dificuldades na implementação. Desta etapa construiu-se o referencial teórico que fundamenta maior parte do artigo.

5- Análise de Resultados:

Os artigos selecionados para o escopo da pesquisa foram organizados e tabelados para permitir levantamento de dados e sua quantificação.

A quantificação do número de artigos foi tabelada por região e ano da publicação, conforme figuras abaixo.

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL ARTIGOS CE

ANO	EU	ASIA	OUTROS	TOTAL
2012	2	6	1	9
	22%	67%	11%	100%
2013	1	4	0	5
	20%	80%	0%	100%
2014	9	9	1	19
	47%	47%	5%	100%
2015	17	12	0	29
	59%	41%	0%	100%
2016	54	9	6	69
	78%	13%	9%	100%
2017	33	4	9	46
	72%	9%	20%	100%
TOTAL	116	44	17	177
	66%	25%	10%	100%

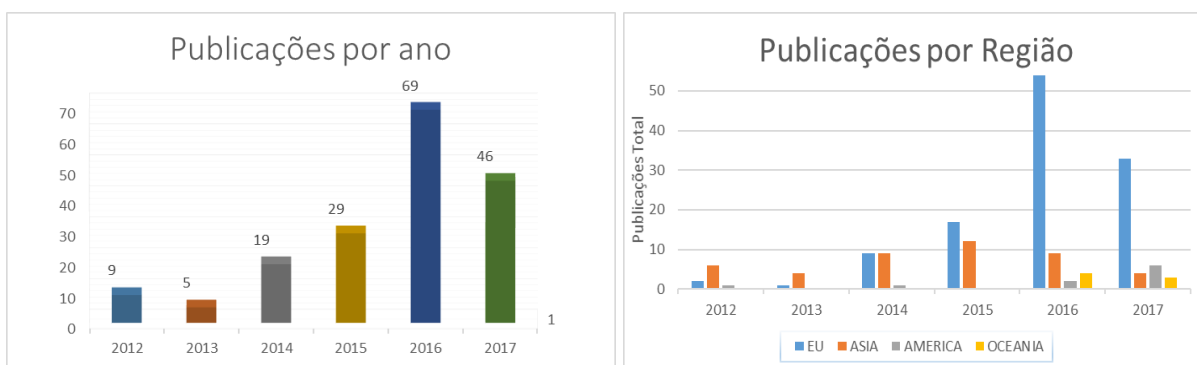


Figura 5: Quantificação artigos por região e ano da publicação. Elaborado pelo autor.

A quantidade de publicações pertinente à EC apresentam globalmente um crescimento muito acentuado ao longo dos últimos anos, principalmente a partir de 2016. A média de publicações entre 2014 e 2015 esteve em torno de 25/ano, muito inferior às quase 70 publicações observadas em 2016. Para o ano de 2017, o volume de produção ainda no primeiro trimestre mostra-se muito expressivo e deverá como tendência superar significativamente a produção do ano anterior.

Este crescimento intenso de 250% na quantidade de artigos de 2015 para 2016, demonstra nitidamente que a temática relacionada à circularidade não é um fenômeno transitório mas sim, definitivo e tomado pelo interesse mundial crescente, o qual caminha para se consolidar cada vez mais como área de suma importância para academia.

Ao analisar a distribuição das publicações nas várias regiões geográficas do planeta, verifica-se que a Ásia embora apresente maior produção acadêmica no assunto no início da década, em 2014 se igualou à produção europeia, crescendo ainda mais em 2015, quando a partir de então houve redução de publicações. De outro lado, a produção europeia vem demonstrando desde 2014 um crescimento exacerbado de produção acadêmica, estimulada pela consciência do agravamento das condições climáticas e percepção da potencialidade da circularidade frente ao modelo linear obsoleto.

Considerando-se levantamento de dados de períodos anteriores (Murray, 2017), a China apresentou no período próximo a 2009 um número elevado de publicações comparativamente ao restante do mundo em função da aprovação e implantação da "Lei de Promoção da Economia Circular da República Popular da China".

Neste período analisado, a quantidade de publicações originadas na China totalizaram 29 enquanto na Europa 116. Neste período percebe-se o surgimento do interesse pela temática através de maior produção acadêmica na Oceania (Austrália) e América (USA), cada um com 7 e 6 publicações respectivamente, o que os coloca dentro do grupo dos 10 países com maior relevância em quantidade de artigos publicados.

A Figura abaixo relaciona os 10 principais países, os quais juntos são responsáveis por 75% dos artigos selecionados globalmente.

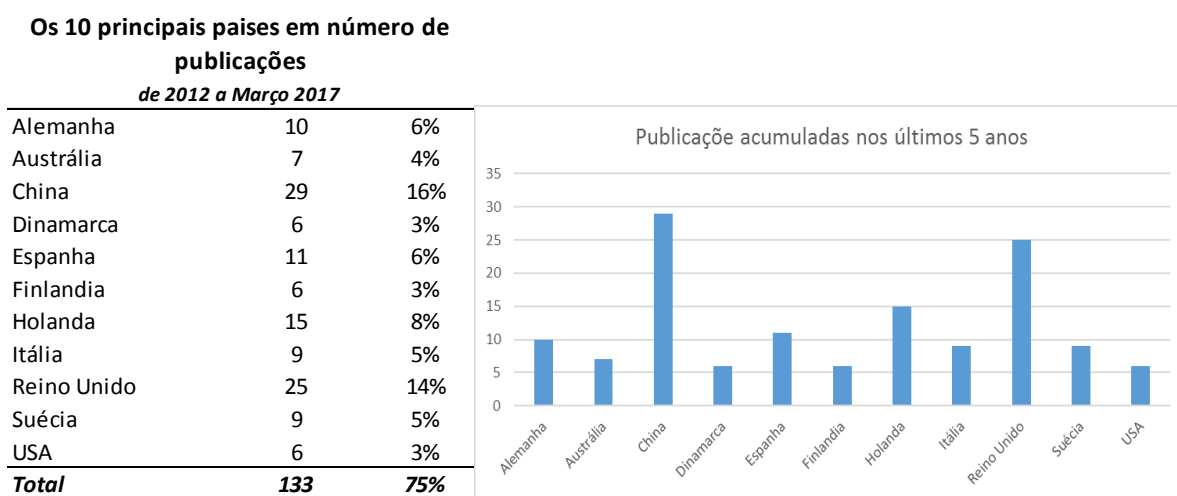


Figura 6: Principais países em número de publicações. Elaborado pelo autor.

O Reino Unido e Holanda despontam como referências na produção acadêmica mundial e lideram no continente Europeu.

Considerando as citações dos artigos, foi possível selecionar os 10 mais citados na comunidade científica, conforme relação na Figura abaixo.

As 10 Referencias mais Citadas	Nº Citações
A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation	61
Circular economy: Lessons from China	153
Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki's experience and practice in Liuzhou and Jinan	40
Methodological Aspects of Applying Life Cycle Assessment to Industrial Symbioses	32
Organizing Self-Organizing Systems	71
Product services for a resource-efficient and circular economy – a review	70
Products that go round: exploring product life extension through design	31
The circular economy	52
Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review	29
Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis	72

Figura 7: As 10 referencias mais citadas. Elaborado pelo autor.

O número de citações embora indique a relevância do artigo para a academia, pode subestimar a relevância de artigos publicados mais recentemente, os quais ainda estão sendo citados e analisados.

Quando se analisam os periódicos mais relevantes, verifica-se que de um universo de 51 periódicos utilizados na publicação dos artigos, 7 dos mesmos correspondem a mais de 60% de todas as publicações listada. Tal indicador embora não reduza a importância de outros periódicos, retrata no período apurado quais são os mais utilizados para difundir a circularidade.

Periódicos mais Relevantes		
	# Publicações	Participação Total (%)
Bioresource Technology	5	3%
Journal of Environmental Management	5	3%
Nature	5	3%
Waste Management	10	6%
Waste Management & Research	13	7%
Resources, Conservation & Recycling	17	10%
Journal of Cleaner Production	54	31%
Total	109	62%

Figura 8: Periódicos mais relevantes. Elaborado pelo autor.

O Journal of Cleaner Production é responsável pela publicação de mais 30% do todos os artigos listados, tornando-se a mais importante referencia editorial para o tema.

Os artigos pesquisados foram alocados sob perspectiva do campo de pesquisa, agrupados de forma a se elucidar o “estado da arte” da circularidade em função do enfoque teórico. Os resultados são ilustrados como segue:

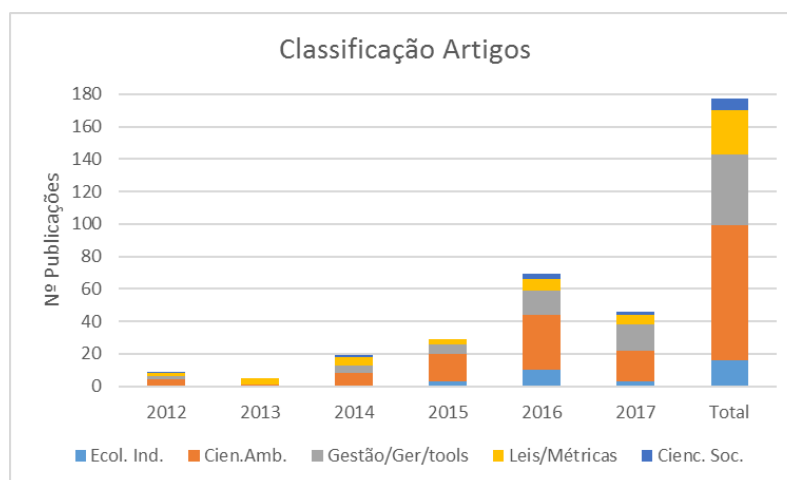


Figura 9: Classificação artigos pelo enfoque teórico. Elaborado pelo autor.

A frequência da abordagem segundo a Ciência Ambiental tem aumentado significativamente em detrimento da Ecologia Industrial.

A preocupação com Gestão e Conceitos relativos à EC vem aumentando ano a ano, sendo que apenas nos primeiros 3 meses de 2017 já se superou a quantidade de artigos produzidos em 2016. Este fenômeno justifica-se pelo amadurecimento da importância da EC a qual demanda esforço maior na criação de modelos de negócios, gestão e estratégias cada vez mais alinhadas.

Estudo relativos às métricas assim como abordagem às leis visando a implementação, medição e controle voltadas à EC ocupam regularmente importância consistente ao longo dos anos.

Em contra-partida, aspectos relacionados à Ciência Social, embora presentes a partir de 2016, possui ainda uma participação muito tímida se comparada a outras áreas do conhecimento. A questão social tanto no que se refere à sua importância para viabilizar ações voltadas à EC como para estudar os efeitos sociais ocasionados pela mesma, são demasiadamente relevantes e timidamente abordados na academia de forma prioritária. Muitas abordagens sociais são realizadas mas de forma complementar e secundário nos artigos listados e portanto não foram classificados com enfoque nesta área.

Finalmente, avaliou-se quais os setores da economia são mais beneficiados por estudos voltados à EC, e desta forma permitir detectar seus elementos motivadores.

Dos 9 subsegmentos da economia listados, os 5 listados abaixo, representam mais de 70% dos trabalhos listados cujas aplicações foram referenciados aos mesmos. Dos 177 artigos listados, aproximadamente 54 apresentam definição clara do subsegmento específico envolvido no estudo. Os demais 123 artigos desenvolvem a temática de forma ampla e sem abordar subsegmento específico.

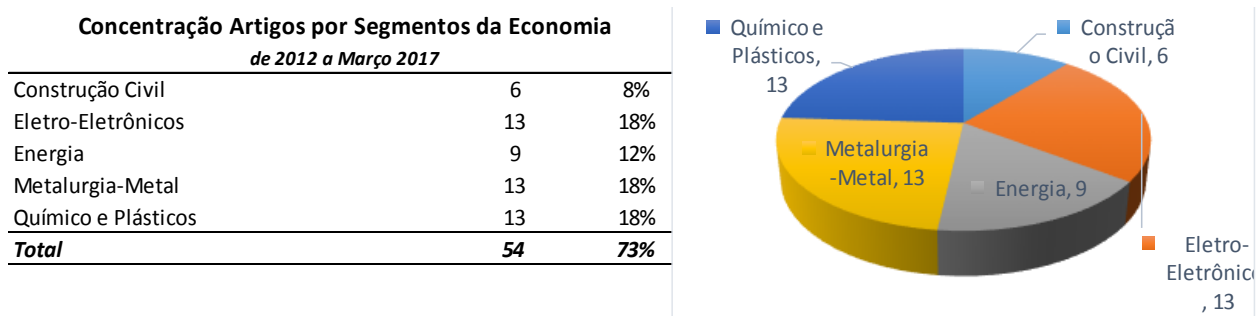


Figura 11: Classificação artigos por segmentos. Elaborado pelo autor.

Cada subsegmento listado possui justificativa de sua importância em função de aspectos econômicos envolvidos na prática de EC ou no impacto nocivo que representada pela externalidade negativa cuja abordagem EC, representa sua mitigação.

As áreas metal-metalúrgico, químico (plástico), eletro-eletrônicos e energia (baterias, energia térmica), são na sua maioria beneficiadas pela recompensa econômica direta obtida pelo tratamento do resíduo segundo a EC. Já o setor de Construção Civil é caracterizado por ser um setor com grande geração de resíduos a níveis alarmantes globalmente.

A baixa especificidade dos artigos quanto ao subsegmento focado, retrata o momento de maior preocupação no desenvolvimento de elementos teóricos-conceituais, a qual se caracteriza pela atual fase acelerada de estruturação.

6- Conclusão:

Com base no levantamento e análise dos artigos focados nas pesquisas no contexto da EC, este artigo apresenta diversas conclusões e verificações as quais impelem a reiterar a relevância crescente do assunto, a qual demonstra ter sido e é, área ativa, atual e estratégica, a qual caminha para se consolidar cada vez mais como de suma importância para a academia.

A preocupação com gestão e conceitos relativos à EC vem aumentando ano a ano, sendo que apenas nos primeiros 3 meses de 2017 já superou a quantidade de artigos produzidos em 2016. Este fenômeno justifica-se pelo amadurecimento da importância da EC a qual demanda esforço maior na criação de modelos de negócios, gestão e estratégias.

Este crescimento intenso, correspondendo a 250% na quantidade de artigos de 2015 a 2016, demonstra nitidamente que a temática relacionada à circularidade não é um fenômeno transitório mas sim, definitivo e tomado pelo interesse mundial crescente.

Embora a produção científica em EC europeia vem apresentando destacado crescimento, sendo responsável por cerca de 20% do volume mundial em 2012, passando a mais de 70% em 2016/2017, percebe-se outrossim o surgimento do interesse pela temática em regiões até então pouco participativas, como a Oceania (Austrália) e América (USA), os quais no período apurado dos últimos 5 anos, colaboraram cada um com 7 e 6 publicações respectivamente, o que os coloca dentro do grupo dos 10 países com maior relevância em quantidade de artigos publicados. Tal fato é estimulado pela consciencia do agravamento das condições climáticas e percepção da potencialidade da circularidade frente ao modelo linear obsoleto.

De outro lado, em países considerados em desenvolvimento, observa-se tímido aumento da produção acadêmica pertinente à EC (representando no total mundial cerca de 6%).

Nestes casos e especificamente no Brasil, onde o crescimento é uma necessidade crucial e junto a ela, há fortes pressões para a continuidade do modelo tradicional pelos motivos óbvios do atraso em relação aos países desenvolvidos, a adoção de ações inovadoras circulares apresentam grande potencialidade empreendedora em multissetores da economia.

Quando analisamos os setores da economia referenciados de forma específica nos artigos científicos envolvendo EC, conclui-se que a temática evoluiu principalmente em pesquisas sobre geração de resíduos, no sentido de encontrar soluções para dirimir seu acúmulo nocivo ao ambiente ou na sua gestão pelo ganho econômico originado. As áreas metal-metalúrgico, químico (incluindo plástico), eletro-eletrônicos e energia (baterias, energia térmica), são na sua maioria as mais beneficiadas pelas literaturas, assim como a Construção Civil, na qual é caracterizada pela elevada e alarmante geração de resíduos globalmente.

Demais setores da economia são de igual importância e merecedoras de avançar nos conceitos da EC através de maior atenção da comunidade acadêmica, importante para nortear os caminhos de desenvolvimento mais sustentáveis e aderentes aos preceitos da EC.

Ao analisar o campo de pesquisa relacionado à EC nos últimos 5 anos, constata-se maior preocupação no que se refere à Gestão e Conceitos em detrimento a Ecologia Industrial e Ecologia ambiental. Esta evidência está relacionada à necessidade de evoluir os modelos de

negócios, gestão e estratégicos para fazer frente à nova dinâmica EC. Conceitos tais como Logística Reversa, Reciclagem, 3R, do Berço ao Berço, são consistentes quanto à abordagem da EC embora por si só não norteiam adequadamente à nova ordem circular. Conceitos e práticas novas ou redesenhados como Sistemas de Serviços de Produtos (revolução de recursos), Compartilhamento, Eco-Parques Industriais, ResCoM, Pegada de Carbono, Eco-Design de produto, moedas sociais e outras, são incorporados e harmonizadas na evolução do modelo.

Ainda quanto ao campo de pesquisa, os artigos relacionados à Ciência Social embora presentes a partir de 2016, possuem ainda uma participação muito tímida se comparada a outras áreas do conhecimento. As questões sociais são abordadas de forma complementar nos artigos e muitas vezes ficam à sombra dos outros temas. Estudar as questões sociais possuem importância seja para viabilizar ações voltadas à EC como para fundamentar seus efeitos (sociais) ocasionados.

No Brasil, a superação das barreiras sociais não é facilmente superada e quando mitigada, pode contribuir de forma valiosa para o desenvolvimento de ações de EC, tais como os parques industriais.

A análise das tendências e estratificações das pesquisas em EC dos últimos 5 anos, concluída neste artigo, tem sua importância nas críticas atuais ao fato da aceleração da produção e consumo em massa se dar em uma trajetória ainda nada sustentável, e ainda mais, ao fato de refletir as oportunidades que se vislumbram diante da mudança de percurso propiciada por um conjunto de conceitos e novas práticas em EC em detrimento à obsoleta economia linear ainda vigente.

7- Referências Bibliográficas:

Allwood, J.M., et al., 2011. Material efficiency: a white paper. *Resour. Conserv. Recycl.* 55 (3), 362-381.

Amir, S., 1994. The role of thermodynamics in the study of economic and ecological Systems. *Ecol. Econ.* 10 (2), 125-142.

Boulding, K.E., 1966. The economics of the coming spaceship earth. In: *Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum*, pp. 3e14.

Braungart, M., William McDonough, W., 2014. "Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente." São Paulo: Editora Gustavo Gili.

Clark, J. H., et al., 2016. Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences. *Green Chemistry*, 18.14, 3914-3934.

Elia, V., Gnoni, M.G., Tornese, F., 2017. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis., *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741-2751.

Ellen Macarthur Foundation. Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

Esposito, M., Terence, T., Khaled, Soufani, 2015. Is the Circular Economy a New Fast-Expanding Market?. *Thunderbird International Business Review*.

Forum para o Futuro. Available at: <https://www.forumforthefuture.org/>

Fuller, R. (1971). *Buckminster (1938). Nine Chains to the Moon*. New York: Lippincott.

- Geng, Y., et al. 2014. Emergy-based assessment on industrial symbiosis: a case of Shenyang Economic and Technological Development Zone. *Environmental Science and Pollution Research*, 21.23, 13572-13587.
- Genovese, A., et al. 2017. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications, *Omega* 66, 344-357.
- Lieder, M., & Rashid, A., 2016. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner production*, 115, 36-51.
- Lyle, J.T., 1996. *Regenerative Design for Sustainable Development*.
- McDonough, W., Braungart, M., 2002. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press, New York.
- Meadows, D., et al., 1972. *The Limits to Growth*. Available at: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scanversion/>
- Michaux, S. 2016. The implications of peak energy. *Circulate*. Available at: <http://circulatenews.org/2016/03/implications-of-peak-energy/>
- Morone, P., Rodrigo N.; 2016. New consumption and production models for a circular economy, 489-490.
- Murray, A., et al. 2017. The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context, *Journal of Business Ethics*, 140.3, 369-380.
- ONU Paris Climate Agreement. 2016. Available at: <http://bit.ly/ParisAgreementUNFCCC/>
- Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) 2015. Available at: <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2015/pt/>
- Pauli, G. A. 2010. *The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. Paradigm publications.
- Rashid, A., et al., 2013. Resource conservative manufacturing: an essential change in business and technology paradigm for sustainable manufacturing. *J. Clean. Prod.*, 57, 166-177.
- Stahel, W., 1982. *Product-life Factor. An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies*, pp. 1-10.
- Stahel, W.R., 2010. *The Performance Economy*. Palgrave Macmillan.
- Stahel, W.R., Reday-Mulvey, G., 1981. *Jobs for Tomorrow: the Potential for Substituting Manpower for Energy*. Vantage Press.
- Steinhilper, R., 1998. *Remanufacturing: the Ultimate Form of Recycling*.
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy—a review. *Journal of cleaner production*, 97, 76-91.
- Witjes, S., Lozano, S., 2016. Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. *Resources, Conservation and Recycling*, 112, 37-44.
- Yuan, Z., Bi, J., & Moriguichi, Y, 2006. The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 4-8.