

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**PRODUTOS SUSTENTÁVEIS, ECONOMIA CIRCULAR E SUAS INTERAÇÕES**

**SUSTAINABLE PRODUCTS, CIRCULAR ECONOMY AND ITS INTERACTIONS**

Raisa Ayres Moesch

**RESUMO**

O objetivo do trabalho é compreender se as características dos produtos sustentáveis já atendem a lógica da Economia Circular (EC). Através de uma revisão sistemática resumida da literatura, é possível concluir que todas as características dos produtos sustentáveis se encaixam na EC, porém o contrário não é verdadeiro. A EC vai muito além, fortemente abraçada com a inovação tecnológica ela possibilita a criação de novos modelos de negócios, através da aplicação de seus ciclos biológico e técnicos. A análise do ciclo de vida continua sendo a principal ferramenta de trabalho, incorporando a metodologia dos 6R. A diferença é que para a EC, são analisados múltiplos ciclos de vida. Dentro do contexto que a sociedade vive atualmente, a EC tem se mostrado muito atraente tanto para questões de pesquisa nas universidades como para possibilidades de novos negócios para as empresas. É interessante perceber que o desenvolvimento de produtos sustentáveis traz uma base para aplicação da EC, e com isso, a sociedade já está se direcionando para esse caminho.

**Palavras-chave:** Produtos Sustentáveis; Economia Circular; Ciclo Fechado; Análise de Ciclo de Vida

**ABSTRACT**

The objective of this work is to understand if the characteristics of sustainable products already meet the logic of the Circular Economy (EC). Through a summarized systematic review of the literature, it is possible to conclude that all the characteristics of sustainable products fit into the EC, but the reverse is not true. EC goes much further, strongly embraced with technological innovation, it enables the creation of new business models through the application of its biological and technical cycles. Life cycle analysis continues to be the main working tool, incorporating the 6R methodology. The difference is that for EC, multiple life cycles are analyzed. Within the context that society currently lives, EC has been very attractive both for research at universities and for new business possibilities for companies. It is interesting to note that the development of sustainable products provides a basis for the application of CE, and so, the society is already moving towards this path.

**Keywords:** Sustainable Products; Circular Economy; Closed-loop; Life Cycle Analysis

## INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e a percepção das empresas de que os recursos naturais são escassos e finitos, um novo modelo econômico está ganhando força, impulsionando o mundo para a próxima etapa de seu desenvolvimento. Esse modelo é conhecido como Economia Circular (EC) e está sendo visto com grandes expectativas para solucionar muitos dos problemas pelo qual o mundo vem enfrentando (ELLEN MACARTHUR, 2015).

Certamente a industrialização traz benefícios para a sociedade como um todo, possibilitando o consumo de bens diversos e elevando seus padrões de vida. É estimado que até 2030 a classe média global se aproximará de 5 bilhões de pessoas e, com isso, a demanda por produtos diversos será ainda maior. Sendo assim, é preciso manter o desenvolvimento industrial e torna-lo uma prática sustentável (ELLEN MACARTHUR, 2015; JAYAL et. al., 2010; KAEBERNICK et. al., 2003). Durante as décadas de 50 e 60 as empresas e negócios trabalhavam em uma lógica de disposição, no qual as emissões e sobras de materiais eram descartadas no meio ambiente sem grandes preocupações. A partir da década de 70, estendendo-se pela década de 80 o foco voltou-se para o tratamento dessas emissões e descartes. Com a chegada da década de 90, juntamente com o Relatório de Brundtland, o cenário é de prevenção, prevalecendo até meados dos anos 2000 (HAUSCHILD, 2005; SENAI, 2003). Esse cenário é percebido através das atitudes das empresas, principalmente de novos negócios, que trazem produtos com viés sustentável e que vem ganhando mercado quando conduzidos da maneira correta (LJUNGBERG, 2007). Para isso, Medeiros et. al. (2014) e Behman e Cagliano (2016) apontam que uma empresa com estratégia voltada para a sustentabilidade tem muito mais competitividade no mercado e que, sem dúvidas, está, atrelada a inovação. Porém, a mudança deve ser contínua em busca de um novo modelo econômico, já que apenas focar na eficiência dos processos produtivos não solucionará o problema, pois não alterará a natureza finita dos recursos, dessa forma apenas adiará o inevitável (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2015).

A necessidade de tornar os produtos e seus processos sustentáveis começou a ganhar força e a atenção do mundo mais recentemente, principalmente após o Relatório de Brundtland (1987) que é visto como um marco na abordagem do desenvolvimento sustentável (HAUSCHILD, 2005). O Relatório coloca que a humanidade tem a capacidade de se desenvolver sustentavelmente de forma a “assegurar as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Para isso, o esforço no desenvolvimento de tecnologias deve estar direcionado para essa nova era de crescimento econômico, assim como o governo deve apoiar e incentivar atitudes de desenvolvimento sustentável para facilitar essa transição (BRUNDTLAND COMMISSION, 1987).

Os produtos sustentáveis podem trazer diversos benefícios para os negócios se conduzidos da maneira correta. Entre eles, são destacados a visibilidade positiva da empresa pelos seus clientes, a redução do custo de produção e demais custos envolvidos, cumprimento da legislação, e o desenvolvimento de novos mercados através da pesquisa e desenvolvimento de produtos sustentáveis (HOWARTH; HADFIELD, 2006; JAYAL et. al., 2010; KAEBERNICK et. al., 2003).

Na pesquisa de Behman e Cagliano (2016) os autores observaram que a inovação e a sustentabilidade andam juntas e promovem uma a outra somente quando a estratégia da empresa for a sustentabilidade. Sendo assim, no contexto atual, as empresas que possuem a sustentabilidade como parte do seu negócio necessariamente irão desenvolver produtos, processos ou serviços inovadores para que consigam atender os princípios da sustentabilidade em seus três principais campos de atuação (social, ambiental e econômico), o conhecido *triple-bottom-line* (HAUSCHILD, 2005; LJUNGBERG, 2007). Com isso, novos modelos de

negócios estão sendo criados com a estratégia do desenvolvimento da inovação orientada para a sustentabilidade (*sustainability-oriented innovation – SOI*), em que, através da inovação, a organização deve promover mudanças com o objetivo de criar valor social e ambiental além de obter retorno econômico (ADAMS et. al., 2016).

Essa abordagem é compatível com a Economia Circular (EC). A Fundação Ellen MacArthur é a referência na disseminação desse modelo e produz diversos relatórios com o objetivo de acelerar a transição do modelo atual para o modelo da EC. O modelo linear de produção adotado desde a revolução industrial tem um fluxo onde a matéria-prima entra na produção, é transformada, vendida, consumida e descartada. O produto, após ter cumprido sua função primária, não retorna para a cadeia produtiva de nenhuma forma. Isso acarreta, principalmente, em uma extração contínua de recursos naturais e acúmulo de produtos em lixões. Esse sistema linear é insustentável para o desenvolvimento da humanidade (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2014; JAWAHIR; BRADLEY, 2016). Diante desse contexto, a EC se apresenta como solução para muitos problemas, pois ela é restaurativa e regenerativa por design, ou seja, o produto/serviço é pensando desde a sua concepção para ser ambientalmente e socialmente qualificado ao longo de todo o seu ciclo de vida, agregando valor econômico para o mesmo (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2014).

Sendo assim, o problema de pesquisa estudado neste artigo é compreender se as características de produtos sustentáveis estão contempladas no modelo da Economia Circular, ou seja, responder à pergunta: Um produto considerado sustentável é um produto que atende à Economia Circular? A partir desta resposta é esperado um levantamento da integração, ou falta de, entre as características de produtos sustentáveis e as características da economia circular.

O artigo está estruturado em cinco seções, sendo a primeira a contextualização do problema de pesquisa, seus objetivos e resultados esperados. Na segunda seção, encontra-se o referencial teórico utilizado para embasar o trabalho de pesquisa. Na terceira seção, desdobram-se os procedimentos metodológicos necessários para resolver o problema apresentado e, na quarta seção, são apresentados os resultados obtidos e discussões acerca do assunto. Por fim, na quinta e última seção são apresentadas as conclusões, bem como sugestões de trabalhos futuros.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreender se as características dos produtos sustentáveis atendem a EC, primeiro buscou-se quais são as características desses produtos. Após, foi identificadas as características e princípios da EC, para, então, na seção 04 realizar as devidas análises.

### CARACTERÍSTICAS DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS

A autora Ljungberg (2007) define como produto sustentável aquele que, durante o seu ciclo de vida, impacta o ambiente o mínimo possível. Isso porque a autora acredita que não há como um produto não impactar no ambiente devido a lei de entropia, e que, o mundo por si só não é sustentável, devido à povoação de seus habitantes. Sendo assim, não há como transformar o mundo novamente para o que ele já foi um dia, porém, é necessário investir em alternativas para tornar o futuro mais promissor (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2014; LJUNGBERG, 2007).

Sendo assim, para um desenvolvimento de produtos sustentáveis é preciso que as características ambientais dos produtos sejam avaliadas em cada estágio do desenvolvimento do produto e os stakeholders devem estar envolvidos para analisar os impactos ambientais e sociais juntamente com os demais impactos financeiros e definições das características do produto, sendo todos considerados com o mesmo peso nas decisões (KAEBERNICK et. al., 2003; HOWARTH; HADFIELD, 2006).

Um dos pontos principais referidos a um produto sustentável é a escolha correta da matéria-prima. Sua escolha vai depender de cada produto, de suas características, da sua aplicação e até da cultura do país. Para compreender seu impacto deve ser avaliada as características e comportamento da matéria-prima em todas as etapas do desenvolvimento do produto, inclusive no seu próprio consumo e no seu descarte, pois a mesma pode ser ambientalmente benéfica em uma etapa e maléfica em outra. Então, é preciso ter visão sistêmica e não apenas analisar um ponto focal (HAUSCHILD et. al., 2005; HOWARTH; HADFIELD, 2006; LJUNGBERG, 2007).

Para isso, a melhor ferramenta que permite avaliar e compreender o impacto dos produtos é a Análise do Ciclo de Vida. Essa análise permite a identificação de custos, impactos ambientais, expectativa de vida, entre outros aspectos, visto que abrange a extração de matéria-prima, produção, transporte, utilização do produto e disposição final. Porém, um problema comum da Análise do Ciclo de Vida é que ela é trabalhosa e exige muitas informações que, muitas vezes, não se tem no início do design do produto (HAUSCHILD et. al., 2005; KAEBERNICK et. al., 2003; LJUNGBERG, 2007)

Outro ponto muito abordado pelos autores é a manufatura em si do produto, ou seja, a linha de produção. As principais questões que concentram a atenção dos pesquisadores e, também, das empresas é em relação a eficiência da linha produtiva, ou seja, diminuição da utilização de energia e de recursos naturais, e da diminuição da produção de gases do efeito estufa. O método mais recorrente foi o da Ecoeficiência. (HAUSCHILD et. al., 2005; JAYAL et. al., 2010; KAEBERNICK et. al., 2003).

Os autores Jayal et. al. (2010) abordam a questão da sustentabilidade na manufatura como sendo um conceito de integração de três aspectos. O primeiro é em relação ao produto, aonde o ciclo de vida do mesmo deve ser analisado (HAUSCHILD et. al., 2005; KAEBERNICK et. al., 2003; LJUNGBERG, 2007). O segundo aspecto é em relação ao processo, aonde as máquinas são os principais itens a serem aprimorados, buscando melhor eficiência, maior qualidade dos produtos fabricados e menor desperdício. Por último, é o aspecto de sistema, principalmente no que diz respeito a cadeia de suprimentos e a logística reversa. Sendo assim, a manufatura será sustentável apenas se forem englobados esses três aspectos.

Por fim, o terceiro ponto mais abordado é o design que detém grande responsabilidade no desenvolvimento de produtos sustentáveis. O design precisa atender aos requisitos dos stakeholders e considerar, além da produção do produto, o impacto da sua utilização pelo consumidor e o impacto do seu descarte, analisando e/ou definindo como ele deve ser reciclado (HAUSCHILD et. al., 2005; HOWARTH; HADFIELD, 2006; JAYAL et. al., 2010; KAEBERNICK et. al., 2003; LJUNGBERG, 2007). Apesar da importância do design ter sido abordado por todos, a maioria dos artigos selecionados analisavam as questões relacionadas a produção.

Duas principais dificuldades foram encontradas relacionadas aos produtos sustentáveis. A primeira diz respeito a dificuldade de analisar o ciclo de vida completo do produto, assim como, do impacto da definição da matéria-prima utilizada, visto o fato de dela poder solucionar um problema, porém criar outro mais adiante na cadeia (HAUSCHILD et. al., 2005; JAYAL et. al., 2010; KAEBERNICK et. al., 2003; LJUNGBERG, 2007). A segunda dificuldade é a avaliação dos produtos de acordo com as métricas já estabelecidas relacionados ao custo, função e qualidade devido à complexidade de mensuração (KAEBERNICK et. al., 2003; LJUNGBERG, 2007).

## ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de Economia Circular tem suas raízes na ecologia industrial e começou a ganhar força desde as publicações, em 2015, pela Fundação Ellen MacArthur. A teoria desse

novo modelo econômico tem sido vista com bons olhos pelas organizações, governos e universidades, visto o conhecimento de que os recursos naturais estão se esgotando e é preciso encontrar novas alternativas. Porém, na prática, a EC ainda é pouco aplicada (BRADLEY, 2016; BRESSANELLI et. al., 2017; KOBZA; SCHUSTER, 2016; RITZÉN; SANDSTROM, 2017).

A Economia Circular integra níveis diferenciados de atuação tanto no que tange a concepção dos produtos, como em seus processos e sistemas. Ela é restaurativa e regenerativa por princípio, e isso deve ser aplicado para todos os níveis em que ela atua. Sendo assim, seu objetivo é manter os produtos, componentes e materiais em circulação pelo maior tempo possível, mantendo o seu valor e a sua utilidade. Para que isso seja possível, é essencial que no design do produto seja estudado os múltiplos ciclos de vida. Essa análise é o ponto chave da EC, e é com ela que trará competitividade econômica e avanço tecnológico para toda sociedade (BRADLEY et. al., 2016; JAWAHIR; BRADLEY, 2016; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2015).

Para melhor compreender a Economia Circular, é necessário compreender os seus três princípios estabelecidos pela Fundação Ellen MacArthur (2015).

**Princípio 1:** Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Esse princípio está principalmente relacionado com o início do processo, ou seja, com a matéria-prima e sua extração. O capital natural deve ser valorizado através da redução de sua utilização para o mínimo necessário, e aprimorá-lo estimulando fluxos de nutrientes para que ele se torne regenerativo ao final do seu ciclo. Sendo assim, todo material utilizado deve ser visto como nutriente para a próxima geração do ciclo de vida do material, componente ou produto. Além disso, a energia e recursos utilizados deve, prioritariamente, ser de fontes renováveis (BRADLEY, 2016; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2015).

**Princípio 2:** Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. Neste princípio é mais perceptível a definição de EC. Os produtos, materiais e componentes devem ser projetados para serem compartilhados, consertados, reutilizados, remanufaturados ou reciclados. Preze-se por circuitos internos mais curtos, como por exemplo, a manutenção ao invés da reciclagem, pois assim a energia e o valor são mais preservados. Para auxiliar na construção de um modelo a ser seguido, foram definidos dois tipos de ciclos que dependem do produto. Sendo assim, há a distinção entre os ciclos técnicos e biológicos.

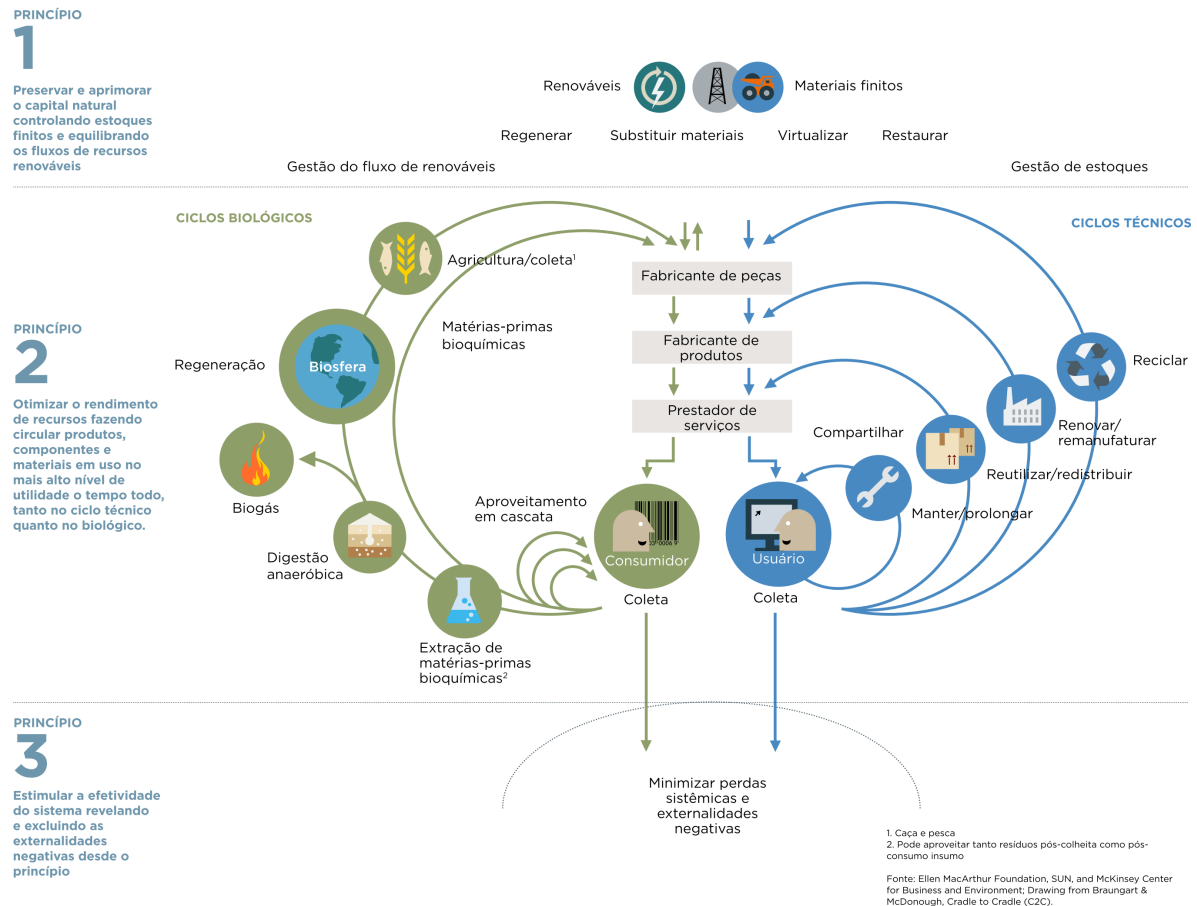
- **Ciclos Técnicos:** É estimulado a sua manutenção na economia. São produtos que não são biodegradáveis e, por isso, devem continuar dentro da cadeia através da remanufatura, reutilização ou compartilhamento.
- **Ciclos Biológicos:** É estimulado a reinserção segura de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição. Então, esses produtos são caracterizados por serem desenhados para, por exemplo, a compostagem após a sua utilização.

Para ambos, os Ciclos de Vida dos produtos devem ser analisados. Como o objetivo é manter o máximo possível dos produtos dentro do ciclo é necessário realizar múltiplas análises de ciclos de vida de um produto, componente ou material. Para auxiliar, a integração com a metodologia 6R (reduzir, reutilizar, recuperar, redesenhar, remanufaturar e reciclar) facilita a criação do ciclo fechado (BRADLEY, 2016; JAYAL et. al., 2010; JAWHIL).

Para Bradley et. al. (2016) as decisões durante o design do produto são críticas e impactam o custo do ciclo de vida inteiro do produto. A avaliação do impacto na primeira geração do produto é algo relativamente fácil, porém, a análise de múltiplas gerações, ou seja, de múltiplos ciclos de vidas necessita de ferramentas para poderem ser realizados.

A relação dos ciclos técnico e biológico com a ferramenta 6R podem ser observados na Figura 1, abaixo.

Figura 1 - Princípios da Economia Circular



Fonte: Fundação Ellen MacArthur, 2015.

**Princípio 3: Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio.** Para isso, é trabalhada a exclusão dos danos que os produtos, materiais e componentes podem causar desde o princípio. Sendo assim, o produto deve ter sua análise de ciclo de vida para que seus impactos sejam extinguidos ou reduzidos. Por exemplo, alterar substâncias tóxicas de produtos para substâncias não tóxicas – talvez biodegradáveis – dependendo de sua aplicação (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2014; FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2015).

Nesse contexto, a EC proporciona a criação de novos modelos de negócios e com ele há criação de novos trabalhos, o que aumenta a demanda por mão de obra (KOBZA; SCHUSTER, 2016). Um novo modelo de negócio que está ganhando visibilidade como um caminho atraente de implementar os princípios da Economia Circular é o Sistema de Serviço do Produto (“*Product Service System*”). Seu princípio é o de desmaterialização dos produtos, revertendo o valor para o serviço que aquele produto presta ao invés da sua propriedade. Com isso, se ganha pela responsabilidade que o fabricante continua tendo sobre seu produto, mesmo após ser vendido, e isso acarreta na produção de produtos com maior durabilidade, assim como um aprimoramento constante das tecnologias focadas na eficiência do serviço que se tem através daquele produto (BRESSANELLI et. al., 2017; REIGADO et. al., 2017).

Jawahir e Bradley (2016) afirmam que a força que impulsionará e tornará possível uma EC é a capacidade tecnológica para criação de valor sustentável. Sendo assim, a Quarta Revolução Industrial pode vir para ajudar. Através dela será proporcionado maior

conectividades entre pessoas, produtos e sistemas. Com isso, o desafio da geração atual é como utilizar essas conexões e avanços para moldar uma economia mais circular e menos dependente de recursos naturais (KOBZA; SCHUSTER, 2016).

A Internet das Coisas (IoT) faz parte dessa revolução e é vista como uma tecnologia que pode contribuir muito para a Economia Circular através da troca de informações em tempo real com os produtos instalados em campo. Com isso, seria possível, por exemplo, melhorar muito a manutenção preventiva. A IoT pode auxiliar na criação de um banco de dados com informações a respeito das propriedades, custos, análise de ciclo de vida e performance social de materiais. Isso auxiliaria em futuras análises de ciclos de vida de produtos (BRADLEY, 2016; BRESSANELLI et. al., 2017).

Como principal dificuldade para a implementação da Economia Circular, Jawhil e Bradley evidenciam a necessidade de desenvolvimento tecnológico. Esse desenvolvimento deve estar voltado para os princípios da EC, a fim de, possibilitar os caminhos dos ciclos técnicos e biológicos.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para buscar as características de produtos sustentáveis e da Economia Circular foi realizada uma revisão sistemática da literatura de forma reduzida. Essa revisão foi baseada nas 05 etapas utilizadas por Medeiros et. al. (2014), que são: (1) definição do problema; (2) seleção dos periódicos; (3) seleção dos artigos para estudos; (4) apreciação e avaliação crítica e, (5) síntese. Como o objetivo do artigo é compreender se as características dos produtos sustentáveis contemplam os requisitos e características da Economia Circular, a revisão sistemática foi dividida em duas partes. Ao invés da seleção dos periódicos foi selecionada uma base de dados, a *Science Direct*, pois é uma das bases mais acessadas dentro da área do conhecimento de Engenharias III.

Sendo assim, para identificar as características dos produtos sustentáveis, foram escolhidas duas palavras, sendo elas *sustain\** e *product\**, o asterisco (\*) foi incluído para que as variações de ambas as palavras fossem contempladas. A procura pelas palavras foi no campo *Title*, sendo selecionado apenas os *Journals*, dentro da área de *Engineering*, contemplados todos os anos.

Com essa busca, foram encontrados 251 artigos. Um segundo filtro foi aplicado, selecionando apenas os tópicos *product*, *life-cycle*, *sustainable*, *sustainability*, *product development* e *design*, atingindo uma base de 68 artigos. Por fim, o terceiro filtro aplicado foi a leitura e análise do título, palavras-chaves e resumo dos 68 artigos, procurando identificar aqueles que abordam as características de produtos sustentáveis, também foi levado em consideração a quantidade de citações de cada artigo. Por fim, foram analisados 05 artigos.

A segunda pesquisa foi realizada com o objetivo de identificar as características principais da economia circular. Para isso, foram escolhidas duas palavras, sendo elas *circular* e *economy*. A procura pelas palavras foi no campo *Title*, sendo selecionado apenas os *Journals*, dentro da área de *Engineering*, contemplados todos os anos. A busca resultou em 27 artigos, sendo eles também avaliados através do seu título, palavras-chaves e resumo. Como a maioria dos artigos são recentes (22 com menos de dois anos de publicação), a quantidade de citações não foi considerada. Após a análise dos três campos mencionados, foram analisados 07 artigos.

## RESULTADOS

Os produtos sustentáveis e a Economia Circular possuem vários pontos em comum. É possível perceber que todas as características dos produtos sustentáveis se encaixam na EC, porém o contrário não é verdadeiro. A EC vai muito além do que a literatura sobre os produtos sustentáveis apresenta.

Os aspectos da linha de produção são muito mais abordados nos produtos sustentáveis através da busca pela minimização da utilização da matéria-prima e energia, assim como minimizar a emissão de gases nocivos. Para isso, a ferramenta mais apresentada é a Ecoeficiência. A EC percebe a linha de produção como parte de algo muito maior. Sendo assim, as melhorias resultantes pela busca do desenvolvimento de produtos sustentáveis auxiliam na construção de uma economia circular, porém não é o principal ponto.

O design é muito valorizado em ambas as definições, pois ele impactará ao decorrer de toda vida do produto (Bradley et. al., 2016). Nos dois casos o design precisa estar atrelado a análise do ciclo de vida do produto, principalmente focando na elaboração de um design que facilita o fim-da-vida. Porém, os produtos sustentáveis analisam alternativas e soluções que minimizem o impacto ao ter o produto descartado. Já a EC quer desfazer essa ideia de que produto descartado é lixo. Para isso, são necessárias múltiplas análises de ciclos de vida. Este é um outro ponto em que as definições se encontram, porém, diferem, já que os produtos sustentáveis possuem uma análise do ciclo de vida, e a EC múltiplas. Vale salientar que para ambas a principal ferramenta de trabalho é a Análise do Ciclo de Vida.

As duas definições abordam a questão da energia. Porém, enquanto os produtos sustentáveis se preocupam mais na questão de reduzir o consumo durante sua manufatura, a EC aborda também o comportamento do consumidor e foca na utilização e produção de energia renovável, não se atendo apenas a parte da manufatura do produto.

Outro ponto que as duas abordam é a matéria-prima. Nos produtos sustentáveis já existe a preocupação da escolha correta da matéria prima, abordando, principalmente, a questão de reduzir a quantidade de material não renovável. Já a EC, além dessa preocupação de extrair apenas recursos renováveis da natureza que não causem impacto ambiental ou social, seu foco é no reaproveitamento da matéria-prima. Nesse sentido, ela é vista como um alimento infinito, ou seja, quando incorporada em um produto a mesma pode ser reutilizada após seu primeiro descarte, alimentando uma nova geração de produtos sem necessitar extrair aquele material novamente.

Dois pontos muito importantes que os produtos sustentáveis deixam a desejar diz respeito ao fim-da-vida do produto e do comportamento do consumidor. Em relação ao fim-da-vida, os produtos sustentáveis possuem a abordagem de serem reciclados, reutilizados ou apenas descartados de forma menos nociva. Já a EC apresenta um grande empenho em desenvolver melhor essa questão através da conexão do fim de um produto com o início do outro, fechando o círculo. Para isso, são utilizados como base os ciclos técnicos ou biológicos, juntamente com a ferramenta dos 6R. A respeito do comportamento do consumidor, Ljungberg (2007) observa que é necessário mudar a mentalidade de consumo atual que é de uma “sociedade de jogar fora”, e Kobza e Schuster (2016) reafirmam salientando a importância do comportamento do consumidor para essa transição. Porém, os produtos sustentáveis não trazem soluções para essa mudança. Então, a EC agrega trazendo alternativas através da oportunidade de criação de novos modelos de negócios e criação de trabalhos com o intuito de fazer os produtos permanecerem mais tempo em utilização. Isso afeta diretamente o comportamento do consumidor. Como exemplo, estão surgindo os negócios com modelo de compartilhamento de bens e serviços.

Os resultados estão resumidos na Tabela 1.



Tabela 1 – Resultados

<b>Tópico Abordados</b>	<b>Produtos Sustentáveis</b>	<b>Economia Circular</b>
<b>Produção</b>	Reduzir consumo de MP, energia e emissões de gases nocivos. Ferramenta mais difundida: Ecoeficiência.	Produção não é a etapa principal, segue com as melhorias já obtidas (eficiência), focando em produzir produtos com diferentes possibilidades pós primeiro consumo.
<b>Design</b>	Melhorar as condições de descarte.	Planejar para produto ser compartilhado, reutilizado, consertado, remanufatura ou reciclado.
<b>Matéria-Prima</b>	Reduzir utilização para fabricar mais produtos com menos desperdício. Como consequência, diminuir a extração de MP. Utilizar recursos facilmente recuperados na natureza. Principais ferramentas: Design for Environment e EcoDesign.	Foco em extrair menos MP e analisar quais MP podem ser extraídas sem comprometer a natureza e o social. Aborda fortemente o reaproveitamento do material em novos ciclos após seu primeiro uso.
<b>Energia</b>	Foco na redução do consumo de energia.	Foco na utilização da energia renovável.
<b>Fim-da-Vida</b>	Fortemente ligado com o design do produto. Programar para ser reciclados, reutilizado ou descartado.	Programar para ser, primeiro, compartilhado, segundo, consertado, terceiro, reutilizado, quarto, remanufaturado e, só por último, reciclado.
<b>Comportamento do Consumidor</b>	Mudar mentalidade da “sociedade de jogar fora”.	Novos negócios que instigam o consumidor a mudar o comportamento.
<b>Análise do ciclo de Vida</b>	Única por produto.	Múltiplas por produto.

Fonte: Autoria Própria.

Além dos principais pontos de comparação entre as duas definições, é preciso salientar que as múltiplas análises de ciclo de vida são extremamente cruciais para um desenvolvimento rumo a Economia Circular. É a partir dela que será possível implantar os ciclos biológicos e técnicos, e o principal meio para isso será a tecnologia que está surgindo na quarta revolução industrial.

## CONCLUSÃO

Os produtos sustentáveis fazem parte do caminho para uma economia circular, porém, há muitas conexões que precisam ser feitas.

Os produtos sustentáveis, de uma forma geral, estão muito focados na maneira que são manufaturados. Isso não é um problema, porém é apenas uma parte de uma cadeia inteira que precisa ser modelada para uma economia circular poder ser estabelecida. A EC se destaca principalmente pelos ciclos técnicos e biológicos e pela implementação dos 6R, acarretando em múltiplos ciclos de vida. A partir disso, novos modelos de negócios são gerados, todos, em benefício do ambiente e do social, onde ao que parece, o aspecto econômico entra como um resultado de toda a força de trabalho anterior.

Para aplicar a EC é preciso que os três pilares do desenvolvimento sustentável – ambiental, econômico e social – estejam interligados e conectados (KOBZA; SCHUSTER, 2016). Assim como ter a análise de múltiplos ciclos de vida para um mesmo produto, componente ou material. É a partir dela que a concepção de uma Economia Circular inicia.

Como apontado por Jawhil e Bradley (2016) a tecnologia é imprescindível para a transição do modelo econômico atual para o modelo circular. Através dela é que os ciclos biológico e tecnológico serão possíveis de implementação. Assim como, a tecnologia possibilitará a integração entre os três aspectos de produto, processo e sistema.

A limitação do trabalho é a quantidade de artigos analisados. Apesar de não ser um número expressivo, os artigos seguiram uma metodologia para serem escolhidos e analisados, sendo considerados os de maior relevância e adequação ao assunto proposto.

Como proposta para futuro trabalhos, fica evidente a necessidade de integrar todos os elos dessa rede circular. Com os produtos sustentáveis, que já estão no mercado há algum tempo, já é difícil integrar produto, processo e sistema, com a EC esse desafio se torna ainda maior. Outro ponto que é interessante ser estudado é a questão da matéria-prima. Pois é a partir dela que tudo se inicia. Já que produtos que utilizam matéria prima natural possuem dois problemas: escassez de matéria-prima (como o petróleo) ou impacto ambiental (como a madeira que necessita de espaço) a solução não poderia ser desenvolver em laboratório novas matérias-primas, totalmente artificiais que fossem possíveis de recuperação total (de forma técnica ou biológica) no final da sua vida?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, Richard et. al.. **Sustainability-oriented Innovation: A Systematic Review**. International Journal of Management Reviews, Vol. 18, 180–205, 2016.
- BRUNDTLAND COMMISSION, 1987. **Our common future: report of the world commission on environment and development**. UN. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> Acesso em: 02/06/17 às 11:10.
- BEHNAM, Sarah; CAGLIANO, Raffaella. **Be Sustainable to Be Innovative: An Analysis of Their Mutual Reinforcement**. Sustainability, v. 9, n. 1, p. 17, 2016.
- BRADLEY, Ryan et al. **A Framework for Material Selection in Multi-Generational Components: Sustainable Value Creation for a Circular Economy**. Procedia CIRP, v. 48, p. 370-375, 2016.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle to cradle: Criar e Reciclar Ilimitadamente**. Gustavo Gili Editora, 2014.
- BRESSANELLI, Gianmarco; PERONA, Marco; SACCANI, Nicola. **Reshaping the washing machine industry through circular economy and product-service system business models**. Procedia CIRP, v. 64, p. 43-48, 2017.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014. **Towards the Circular Economy**. Available: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports> (accessed 02.06.17.).
- HAUSCHILD, M.; JESWIET, Jack; ALTING, Leo. **From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives**. CIRP Annals-Manufacturing Technology, v. 54, n. 2, p. 1-21, 2005.
- HOWARTH, George; HADFIELD, Mark. **A sustainable product design model**. Materials & design, v. 27, n. 10, p. 1128-1133, 2006.
- KOBZA, Natalia; SCHUSTER, Anna. **Building a responsible Europe-the value of circular economy**. IFAC-PapersOnLine, v. 49, n. 29, p. 111-116, 2016.
- JAWAHIR, I. S.; BRADLEY, Ryan. **Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing**. Procedia Cirp, v. 40, p. 103-108, 2016.

- JAYAL, A. D. et al. **Sustainable manufacturing**: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, v. 2, n. 3, p. 144-152, 2010.
- KAEBERNICK, H.; KARA, S.; SUN, M. **Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 19, n. 6, p. 461-468, 2003.
- LJUNGBERG, Lennart Y. **Materials selection and design for development of sustainable products**. Materials & Design, v. 28, n. 2, p. 466-479, 2007.
- MEDEIROS, Janine Fleith; RIBEIRO, Jose Luis Duarte; CORTIMIGLIA, Marcelo Nogueira. **Success factors for environmentally sustainable product innovation**: a systematic literature review. Journal of Cleaner Production, v. 65, p. 76-86, 2014.
- RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ölundh. **Barriers to the Circular Economy**– Integration of Perspectives and Domains. Procedia CIRP, v. 64, p. 7-12, 2017.
- REIGADO, Carolina Rodrigues et al. **A Circular Economy Toolkit as an Alternative to Improve the Application of PSS Methodologies**. Procedia CIRP, v. 64, p. 37-42, 2017.
- SENAI.RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003.