

A ECONOMIA CIRCULAR E SUAS INTERFACES COM A GESTÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

Nátally Vitória da Silva

natally.silva@fatecitapetininga.edu.br

Profª Me. Flávia Morini Garcia

flavia.garcia@fatecitapetininga.edu.br

Fatec Itapetininga - SP

RESUMO: Este trabalho aborda o conceito econômico circular e suas relações com a gestão de ciclo de vida dos produtos e a sustentabilidade. Neste contexto, foram retratados os benefícios gerados a partir da implementação desse conceito e quais são os princípios integrados à economia circular. O objetivo principal é evidenciar a importância da aplicação de um novo modelo econômico para alcançar uma melhoria no desempenho ambiental industrial. O trabalho consiste em uma revisão integrada da literatura e foi realizado utilizando materiais já publicados como livros, artigos científicos, dissertações e teses disponíveis. Após pesquisar algumas aplicações reais da circularidade em diferentes categorias de organizações foi possível evidenciar que a maioria das empresas consegue melhorar seu desempenho ambiental e reduzir custos, alcançando melhores resultados devido ao aproveitamento máximo dos recursos. Comparado ao modelo econômico linear, a economia circular tem a intenção de resolver as falhas encontradas nesse método além de preservar os recursos naturais aumentando as expectativas para gerações futuras.

Palavras-chave: Ciclo de vida do Produto. Obsolescência programada. Sustentabilidade.

THE CIRCULAR ECONOMY AND ITS INTERFACES WITH THE MANAGEMENT OF PRODUCTION AND OPERATIONS

ABSTRACT: This essay addresses the circular economic concept and its relationship with product lifecycle management and sustainability. In this context, the benefits generated from the implementation of this concept and what are the principles integrated to the circular economy were portrayed. The main objective is to highlight the importance of

applying a new economic model to achieve an improvement in industrial environmental performance. The essay consists of an integrated literature review and was carried out using materials already published, such as books, scientific articles, dissertations and theses available. After researching some real applications of circularity in different categories of organizations, it was possible to show that most companies manage to improve their environmental performance and reduce costs, achieving better results due to the maximum use of resources. Compared to the linear economic model, the circular economy intends to solve the flaws found in this method in addition to preserving natural resources, increasing expectations for future generations.

Keywords: Product Lifecycle. Planned obsolescence. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A implementação da Economia Circular (EC) pode promover a integração do conceito de ciclo de vida nos processos de negócios ao determinar a possibilidade de criação de produtos de ciclos múltiplos de uso. Além disso, a EC reduz a dependência em recursos ao mesmo tempo em que elimina o desperdício de produtos e/ou serviços gerando sistemas altamente eficazes (NILSSON-LINDÉN et al., 2014).

Para *Ellen MacArthur Foundation* (2012), a Economia Circular pode oferecer

novas oportunidades nos desenvolvimentos dos produtos, auxiliando a inovação e promovendo melhorias no desenvolvimento sustentável. Além disso, aborda o pensamento sistêmico, pois sua implementação está diretamente relacionada com a efetividade na gestão do ciclo de vida de produto e de outros ciclos presentes na sociedade e no meio ambiente (WEBSTER, 2016).

Neste contexto, é possível aplicar um sistema, com base na Economia Circular, que atenda às demandas da indústria de forma efetiva e ainda resulte em uma sociedade com melhores perspectivas de viabilizar os sistemas produtivos para as gerações futuras?

O presente trabalho exibiu cases que utilizaram a EC, através de uma revisão integrada da literatura sobre o tema, apontando suas qualificações, mostrando a possibilidade de alcançar resultados melhores de operação e produção diminuindo ou até mesmo, em alguns casos, eliminando o desperdício.

Este estudo aborda as aplicações da economia circular, que é um conceito econômico relacionado ao desenvolvimento sustentável, apresentado também alguns conceitos divergentes e similares ao sistema econômico circular, como por exemplo a obsolescência programada e o conceito *Cradle to Cradle* respectivamente. O tema economia circular e suas interfaces com a gestão de produção e operações será investigado utilizando-se de uma revisão integrada da literatura através de livros, artigos científicos, dissertações e teses.

Dessa forma, o presente trabalho visou apresentar os benefícios gerados pela implantação da Economia Circular na Gestão da Produção e Operações.

2 METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica compreende-se a partir da investigação de assuntos já publicados, constituída estruturalmente por: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, monografias, dissertações, teses etc., com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com o material já escrito sobre o tema de sua pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2019).

Este estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica de materiais já publicados, com maior foco em artigos científicos, livros, teses e dissertações disponíveis. Para o levantamento, utilizou-se a busca nas seguintes bases de dados: *Scielo*, Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), Capes, Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), além de livros impressos.

Foram utilizadas, para a busca dos materiais, as seguintes palavras e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “obsolescência programada”, “ciclo de vida dos produtos”, “*Cradle to Cradle*”, “Economia Circular”.

O critério para a seleção dos materiais utilizados neste estudo foi de serem publicados nos últimos dez anos. A análise e a síntese dos

dados extraídos foram realizadas de modo descritivo, a fim de reunir o conhecimento produzido sobre o tema deste estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA

A obsolescência programada é um método utilizado para tornar os produtos obsoletos, ou seja, fazer com que o produto tenha uma vida útil reduzida, fazendo com que o consumo seja aumentado devido a troca constante desses itens. A obsolescência programada foi criada por diversas indústrias com o principal intuito de aumentar o consumo de seus produtos, pois com a implementação desse sistema é possível prever uma nova venda devido a necessidade de troca (PEREIRA et al., 2017).

A obsolescência programada, segundo Rossini e Napolini (2017), pode estar presente nos produtos de três modos diferentes, sendo eles:

I. A obsolescência de desejabilidade que também é conhecida como obsolescência perceptiva ou percebida, ocorre quando a troca do produto é feita apenas pela estética, não existindo, necessariamente, algum problema com o produto em si, entretanto, o consumidor troca o produto por um modelo mais atual, que possui um design mais moderno, com pequenas atualizações ou mudanças funcionais;

II. A obsolescência de função, ocorre quando o novo produto executa as

funções já existentes de modo facilitado, mais moderno e atual;

III. A obsolescência de qualidade é também denominada obsolescência planejada, trata-se justamente da estratégia de reduzir propositalmente a vida útil do produto durante o seu desenvolvimento, de certo modo, forçando a troca por um produto com modelo atualizado.

3.2 CICLO DE VIDA DE PRODUTOS

Pode-se dizer que a gestão de ciclo de vida dos produtos está relacionada desde a extração da matéria-prima, até sua disponibilidade final e seu principal objetivo é evitar grandes defasagens no meio ambiente ao longo da durabilidade dos produtos (SONNEMANN et al., 2015).

A avaliação do ciclo de vida segundo a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) possui em sua estrutura 4 fases, essenciais para seu bom desenvolvimento:

I. Ter a definição clara e objetiva do escopo que necessita estar de acordo com a aplicação estabelecida, determinar quais serão os impactos a serem avaliados, definir qual será a metodologia aplicada, e suas limitações;

II. Analisar onde serão recolhidos os dados que ocorrerão durante o ciclo;

III. A avaliação dos impactos do ciclo de vida dos produtos que será composta por três etapas: a execução das categorias do impacto, a atribuição dos dados coletados em suas respectivas categorias e os cálculos desses dados;

IV. Realizar a relação entre as fases anteriores devendo apresentar a compatibilidade, resultados e relações entre elas.

A implementação da gestão de ciclo de vida está ligada diretamente com a capacidade que possuem os diversos setores e produtos. Essa gestão acontece por meio de metodologias, uma delas é o ciclo PDCA, que oferece uma estrutura mais elaborada do processo de vendas. Com o auxílio desse ciclo é possível estabelecer uma estratégia efetiva para iniciar os projetos (UNEP, 2015).

3.3 CONCEITO CRADLE TO CRADLE

O conceito *Cradle to Cradle* (também chamado de C2C e traduzido para o português como “berço a berço”) surgiu a partir de um projeto que tinha como principal objetivo colocar em práticas ações que solucionassem questões prejudiciais ao meio ambiente, ações essas que, na visão dos autores do conceito, podem ocasionar danos não apenas as gerações humanas futuras, mas também para todo o tipo de vida existente (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2014).

O conceito “berço a berço” visa migrar do “menos ruim” para o “mais bom” e essas abordagens que almejam a ecoeficiência tem como objetivo minimizar os danos que se encontram atualmente no mundo realizando as atividades da melhor maneira possível para obter resultados positivos (TOXOPEUS; KOEIJER; MEIJ, 2015).

Acredita-se que o principal objetivo do conceito “berço a berço” está integralmente

ligado em salvar a natureza e seus materiais de maneira que faça com que os resíduos gerados por determinado processo possam se tornar “alimento” para outra atividade e, ao colocar essa ideia em prática, busca-se acabar com o conceito aplicado em processos de economia linear (JACQUES, 2011).

3.4 ECONOMIA CIRCULAR

O modelo utilizado atualmente para a realização das atividades econômicas é o modelo linear que consiste na entrada de um produto de um lado do processo, e a saída dele pelo outro (GEORGE; LIN; CHEN, 2015).

Entretanto, sabe-se que existe uma limitação desses recursos naturais tornando esse modelo econômico uma ameaça para o desenvolvimento sustentável. Desse modo, pode-se afirmar que é necessário que as indústrias cogitem a aplicação de um novo método econômico levando em consideração questões ambientais e econômicas ao tomar suas decisões (LEITÃO, 2015).

Na última década o termo Economia Circular vem recebendo cada vez mais espaço no mundo com intuito de aumentar a eficiência do uso dos recursos com principal foco nos resíduos industriais e urbanos, com a intenção de estabelecer um equilíbrio econômico entre a sociedade e o meio ambiente (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Segundo Murray, Skene e Haynes (2017), a Economia Circular é a intenção de incorporar o desenvolvimento sustentável na realização das atividades econômicas. Esse

conceito não consiste somente do princípio da filosofia 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

Frequentemente, a Economia Circular pode parecer estar diretamente relacionada ao princípio da reciclagem, porém, na verdade está relacionada ao desenvolvimento sustentável, com o princípio de “redução e reutilização” em termos de eficiência de recursos e rentabilidade (STAHEL, 2014).

Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2015), a economia circular tem como base três princípios:

- Proteger e aumentar o capital por meio do controle de estoques escassos e do equilíbrio do fluxo de recursos renováveis. Baseia-se na aplicação de processos que disponibilizem o melhor aproveitamento dos recursos, no aumento do capital natural e proporcionar a regeneração dos insumos;

- Potencializar a produção de recursos por meio da circulação de produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidades, tanto no ciclo técnico quanto no biológico: Esse princípio está vinculado a planejar a reutilização dos materiais modificados fazendo com que ele continue participando da economia e agregando valor, esse sistema também procura aumentar a vida útil dos produtos aumentando relativamente seu reaproveitamento;

- Promover a eficiência dos sistemas, apontando as externalidades negativas e excluindo-as dos projetos. Viabiliza a eliminação dos estragos aos sistemas existentes como educação, saúde, mobilidade e administrar os sistemas sociais, econômicos e ambientais como poluição

sonora, consumo dos elementos (água, ar, terra), entre outros.

Segundo Azevedo (2015), foi descartado no ano de 2012 cerca de 62 milhões de toneladas de lixo, sendo que dessa quantia apenas 2% foram reutilizados na cadeia produtiva, portanto, sabe-se que os outros 98% não teve nenhum retorno, ao invés de ser reciclado foram descartados de maneira incorreta em lixões, aterros sanitários e aterros controlados. Esses descartes apresentados geram aproximadamente R\$ 8 bilhões de perda ao país.

Segundo Berardi e Dias (2018), a União Europeia já adota a Economia Circular desde 2015 visando conseguir atender algumas metas até o ano de 2050, já a China vem colocando em prática esse método desde o início dos anos 2000.

3.5 APLICAÇÕES DA EC

3.5.1 Indústria de embalagens plásticas

O estudo apresentado a seguir foi desenvolvido pelos autores Almeida; Rebehy; Espinoza (2020), em uma empresa de embalagens plásticas para produtos alimentícios, localizada no município de Ribeirão Preto. A pesquisa foi realizada em duas etapas sendo a primeira uma avaliação e escolha dos instrumentos a serem analisados, e a segunda etapa consiste na aplicação dos instrumentos selecionados.

Para o desenvolvimento do estudo foi realizado uma pesquisa bibliográfica onde foi considerado e analisado os três princípios da economia circular. Foi realizado uma pesquisa

com a empresa através de um questionário com perguntas que foram preparadas para otimizar a coleta de dados necessários para o desenvolvimento do estudo.

A principal matéria-prima dessa empresa é o granulado de Polietileno, pois com esse material é possível desenvolver embalagens mais flexíveis para o processo produtivo. Primeiro é adicionado a matéria prima a um processo de derretimento em alta temperatura, na sequência o material derretido é direcionado a um jato de ar onde toma forma de um plástico filme. A próxima etapa consiste na extrusão, onde as resinas plásticas são fundidas alcançando assim o formato desejado. Não existe nenhum tipo de reaproveitamento no decorrer do processo produtivo, todos os materiais que não são utilizados são apenas descartados para a coleta seletiva.

Após a aplicação do questionário foi possível atribuir peso aos seis quesitos considerados, foram atribuídas notas de 0 a 3, onde 0 equivale a nenhuma adesão, 1 pouca adesão, 2 é referente a média adesão, e 3 equivale a alta adesão ao conceito circular.

O primeiro quesito questionado foi a regeneração da matéria prima onde foi atribuída uma nota média de 1,67; o segundo quesito foi o compartilhamento que tem relação com aquisição, reparos e trocas de equipamentos, esse tópico recebeu uma avaliação média de 1,5; a otimização dos processos e dos materiais teve uma média de 1; o quarto tópico era o ciclar que engloba as falhas e a decomposição dos materiais obteve uma nota média de 1; o quinto quesito

questionado foi denominado virtualizar que se refere a venda de serviço, lançamento de produtos e contato com clientes recebeu uma avaliação média de 0,33; e por fim, o quesito de troca que se relaciona com a troca de matéria prima, ciclo de vida e novas tecnologias também obteve uma avaliação de 0,33. A avaliação final de todos os requisitos obteve uma média de 0,97 que é referente a pouca adesão da circularidade.

Sendo assim, os autores chegaram à conclusão de que o motivo da empresa ter recebido uma avaliação baixa ocorreu, principalmente, devido ao tipo de material produzido ser desenvolvido através do plástico para indústria alimentícia. Entretanto, se fosse para o armazenamento de outro tipo de produto, os resultados da adesão da circularidade poderiam ser utilizados para melhorar os parâmetros desse estudo.

3.5.2 Indústrias de Moda

Os autores Oliveira, Araújo e Gutierrez (2020) realizaram um estudo sobre a sustentabilidade em indústrias da moda em diferentes ramos da moda, entretanto, foi decidido não divulgar os nomes das organizações e as denominaram como empresas X, Y e Z. Nesse trabalho foram apresentados os resultados das características circulares da empresa X.

A empresa denominada como X, tem produção de calçados e bolsas como principais peças, entretanto, iniciaram a confecção de roupas também. Essa indústria está localizada no Rio Grande do Sul, teve início no ano de 2014 com um investimento inicial de 5 mil reais

e possui uma loja virtual. A empresa X possui uma equipe de 11 colaboradores incluindo 2 sócios.

Essa empresa oferece ao mercado consumidor um conceito que busca contribuir para um mundo melhor com produtos 100% livres de origem animal. Desse modo, a empresa acredita que colocando em prática esse método de produção favorece os três pilares necessários para alcançar a sustentabilidade (o social, o ambiental e o econômico). A matéria prima dessa indústria tem origem dos descartes de empresas grandes da região sul, geralmente panos que apresentam algum defeito que impossibilita a produção em grande escala.

A indústria X também não aprova a ideia de estoque e sua produção é realizada sob encomenda o que evita desperdícios, assim após a compra ser concluída e confirmada pelo site da loja, o pedido é encaminhado ao artesão que produz as peças desejadas pelo cliente, geralmente em um prazo de 10 dias uteis.

No ano de 2018, essa empresa aderiu o termo *slow fashion* a sua produção com o intuito de que seus produtos sejam atemporais de modo que as peças tenham uma durabilidade maior e não seja aquela moda passageira, com o objetivo de diminuir compras desnecessárias. Após a aplicação desse conceito, foi possível observar um aumento de 5% no faturamento. A empresa impõe em sua marca temas como sustentabilidade, meio ambiente, veganismo e o *slow fashion*.

3.5.3 Embalagens de vidro

Este estudo trata da aderência de embalagens de vidro, realizada por Koefender e Amaral (2020), o objetivo dos autores foi entender a aderência dessas embalagens à Economia Circular. O assunto foi abordado através da aplicação de um questionário, onde foi possível identificar o destino da reciclagem do vidro e as barreiras encontradas no decorrer do processo.

Para o desenvolvimento do estudo foram consultadas duas empresas que produzem embalagens de vidro e uma entidade para compreender o destino do vidro após o descarte. As duas organizações entrevistadas relataram que reutilizam os cacos de vidros em suas unidades como matéria prima para embalagens futuras e relataram que já recebem o material pronto para uso, separados por cor e livres de qualquer tipo de contaminação proporcionadas pelas tampas ou rótulos, além de já estarem com os níveis de impurezas controlados. Os resultados obtidos após a aplicação do questionário comprovam que a utilização de cacos para a fabricação de embalagens de vidro é capaz de reduzir em grande quantidade o consumo de energia elétrica o que, conseqüentemente, diminui as emissões de CO₂.

Os autores desse estudo, por fim, chegaram à conclusão de que a implantação da Economia Circular no mercado de embalagens de vidro ainda se limita apenas a reciclagem em ciclo fechado, pois os cacos de vidros descartados são reutilizados para a

criação de novas embalagens. Isso acontece devido ao fato de o vidro ser um material cuja reciclagem é mais sensível a oscilações.

Os autores acreditam ainda que é necessário investir no descarte e na destinação correta por parte dos consumidores para que seja possível alcançar uma boa recuperação das embalagens de vidro e, evidenciam a necessidade da existência de organizações de beneficiamento de cacos para que esse processo alcance um potencial significativo no mercado, incentivos fiscais também podem ser de suma importância para tornar estável o ciclo reverso do vidro aumentando sua circularidade.

3.5.4 Restaurante Universitário da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Segundo Carvalho et al. (2020), o restaurante universitário serve almoço e jantar no decorrer do ano letivo, durante a produção e distribuição das refeições preparadas é gerado um certo volume de resíduos sólidos de diferentes composições devido as sobras dos alimentos e descartes no processo produtivo, juntamente com o desperdício de água potável e do alto consumo de energia elétrica que impactam negativamente no decorrer da realização das atividades.

Para a realização deste estudo, os autores levantaram duas questões: Como é realizado o gerenciamento e a designação dos resíduos orgânicos sólidos gerados no restaurante avaliado? Existe algum tipo de reaproveitamento desses resíduos? Sendo assim o objetivo dos autores foi analisar a

gestão dos resíduos sólidos diante da perspectiva da Economia Circular.

Os dados deste estudo foram obtidos durante os meses de março a novembro de 2019 e durante os dias 05 a 18 de novembro foram realizadas as observações do processo de produção e distribuição das refeições, houve também a observação das sobras geradas após o consumo. Após a coleta dos dados foi realizada a separação e a pesagem dos resíduos descartados nas duas refeições servidas pelo restaurante universitário. Os descartes foram separados durante o processo em cascas e partes deterioradas dos alimentos, tanto da preparação como também dos alimentos de sobra.

Segundo os autores, diariamente era consumida uma média de 800kg de alimentos para a preparação dessas refeições, sendo em média 300 kg desperdiçados por dia, o que é equivalente a cerca de 37,5 % da quantidade total dos alimentos preparados, além do alto consumo da água potável. Todos esses fatores geram uma grande defasagem no desempenho econômico da unidade e mal uso dos recursos naturais.

Em busca de alcançar melhores resultados diminuindo os malefícios dos desperdícios foi realizado a compostagem desses alimentos descartados, desse modo obtendo aproximadamente 20 toneladas dessa compostagem que pode ser utilizada no campus da universidade ou até mesmo na fazenda experimental da UEM.

A realização dessas atividades trouxe à Universidade, além de benefícios econômicos devido à redução e reaproveitamento dos

alimentos descartados, a diminuição da necessidade de comprar adubos para o paisagismo no Campus.

O estudo apontou que, apesar da alta quantidade de resíduo gerado, diariamente, por meio da compostagem foi possível diminuir os impactos econômicos e ambientais negativos, além de promover soluções para a degradação do solo e utilização de agrotóxicos na universidade, entre outros benefícios, aplicando a economia circular na gestão de resíduos.

3.5.5 Parceiras da Fundação Ellen MacArthur

Algumas aplicações da EC foram estudadas junto à Fundação Ellen MacArthur pelos autores Lacerda, Scheuer e Maceno, (2020), que tiveram acesso às atividades atreladas à EC desenvolvidas por algumas de suas empresas parceiras.

A primeira empresa é a DS Smith, que consiste em uma empresa que trabalha com a produção de embalagens de papelão destinadas ao transporte de mercadorias. Essa empresa produz produtos com potencial de 100% de reciclagem, no entanto, alcança por volta dos 97% desse potencial devido ao uso de colas e fitas adesivas que não são necessárias para alguns modelos de embalagens. A DS Smith eliminou o plástico de sua linha de produção, substituindo-o pelo papelão ondulado que tem a capacidade de aumentar a circularidade dos seus produtos gerando um impacto ambiental menor.

Em mercados na Inglaterra e na Alemanha, essa empresa está iniciando testes

de embalagens com um mecanismo de vedação total, eliminando a existência de colas e fitas em suas embalagens para conseguir viabilizar a reciclagem total dos produtos após seu descarte. Outra questão importante a citar dessa empresa é que ela visa melhorar sua eficiência energética de modo que seja possível diminuir o impacto da emissão de CO₂ por meio do uso excessivo de fontes de energias não renováveis.

A próxima empresa é a IKEA que consiste em uma empresa fornecedora de móveis e itens para casa. Implantando os conceitos da economia circular, essa empresa optou por realizar as entregas de seus produtos utilizando caminhões movidos a baterias no lugar dos combustíveis fósseis, desse modo, eliminando a produção de CO₂ em suas entregas. A empresa disponibiliza de cerca de 93% de energias renováveis, sendo elas a eólica e solar. Entretanto, a IKEA continua investindo em fontes de energia alternativas para implementar em suas operações. Essa empresa tem como principal objetivo eliminar todo e qualquer tipo de desperdício em todos os processos possíveis da empresa.

A terceira empresa é conhecida como H&M Group que trabalha no ramo da moda com o foco direcionado principalmente em vestuários sustentáveis, buscando alcançar a circularidade e diminuir o impacto ambiental que o segmento têxtil oferece. Desse modo, a H&M decidiu eliminar de sua linha de produção produtos que utilizam couro em suas confecções apenas matérias primas com procedências recicláveis. Em relação à energia

utilizada em seus processos, houve uma redução de cerca de 10% do consumo da eletricidade sendo 97% da energia utilizada nos processos disponibilizada por meio de fontes renováveis. Além de todas essas aplicações, a H&M também tem como objetivo aumentar o ciclo de vida de seus produtos investindo na durabilidade e qualidade desses.

Outra empresa que forneceu relatórios sobre sua intervenção circular foi a Sc Johnson, que se trata de uma indústria química fornecedora de produtos de limpeza e higiene. Essa empresa realiza a reciclagem de seus materiais após o consumo, desse modo diminuindo o descarte incorreto no meio ambiente. Cerca de 34 % da energia utilizada na realização de suas atividades é fornecida através de fontes renováveis. A Sc Johnson tem como objetivo eliminar o desperdício de água e resíduos sólidos em seus processos, além da redução de emissão de gases poluentes. Por fim, a indústria não envia materiais para aterros, pois 94% da matéria-prima utilizada tem origem renovável.

Por último, os autores analisaram o Google, empresa de tecnologia e fornecedora de serviços *online*. Essa empresa utiliza 100 % de energia renovável em seus processos e instalações, cerca de 20 a 75 % dos materiais utilizados para o desenvolvimento de seus produtos são realizados através de plástico reciclado. Os produtos obsoletos existentes nas operações das empresas, ao invés de serem descartados são revendidos para outras empresas que poderão utilizá-los para outras finalidades, proporcionando um ciclo de vida maior a esses equipamentos.

3.5.6 Parque industrial de Kalundborg Symbiosis

O Parque industrial de Kalundborg Symbiosis, situado na Dinamarca, de acordo com Soares et al. (2020), possibilita que os resíduos gerados por uma empresa sejam utilizados como matéria prima para outras organizações, desse modo tornando o descarte de insumos próximo a zero. A empresa pretende inserir no mercado o modelo circular por completo em suas atividades até o ano de 2025, através de colaborações entre as organizações parceiras.

Em meio a diversos empreendimentos existentes no complexo industrial de Kalundborg, uma de suas atividades de principal influência no desenvolvimento ecológico foi a troca de combustível a partir do carvão para o combustível através da biomassa adquirida através das estações de tratamento de efluentes. Essa troca proporcionou a diminuição da emissão de CO₂ em cerca de 800 mil toneladas.

Atualmente, o Parque Industrial conta com 25 fluxos diferentes de energia e matéria prima entre as empresas pertencentes ao complexo. O complexo industrial conseguiu, a partir da aplicação dos princípios circulares, obter uma redução considerável de resíduos que, ocasionalmente, veio a gerar um aumento no lucro, como foi observado na auditoria realizada pela *Life Cycle Assessment* (LCA). De acordo com essa auditoria, foi declarado que além das empresas localizadas no Parque Industrial também houve uma redução de gastos na prefeitura localizada na cidade do complexo.

Segundo os autores do estudo, o Parque Industrial Ecológico de Kalundborg Symbiosis pode ser considerado uma referência mundial quando se trata do conceito econômico circular, pois é capaz de apresentar de maneira eficiente e simples como esse modelo pode oferecer diversas vantagens quando inserido no mercado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidenciou os benefícios alcançados com a implementação da economia circular, pois o modelo econômico utilizado em maior escala, atualmente, tem gerado um impacto negativo ao meio ambiente.

O modelo econômico circular permite alcançar melhores resultados não só no desenvolvimento sustentável por oferecer uma utilização mais eficaz das matérias primas, mas também proporciona vantagens por eliminar desperdícios e perdas consideráveis. Esse fator reduz os custos necessários na realização de descartes, pois ocorre uma utilização mais eficiente dos recursos, além de proporcionar operações mais eficazes. Neste contexto, as empresas podem ter um aumento dos seus faturamentos com a aplicação da EC.

Nas aplicações estudadas durante o desenvolvimento da pesquisa é relevante destacar que não foi possível identificar características na Economia Circular que implicassem negativamente nos resultados alcançados pelas empresas.

Tendo em vista os benefícios proporcionados pela prática do sistema circular

pode-se dizer que sua aplicação gera uma relação de reciprocidade entre a sustentabilidade ambiental e as indústrias, pois promove resultados positivos para ambos os lados.

Por fim, conclui-se que a Economia Circular, mesmo se tratando de um modelo em desenvolvimento, pode se tornar um método mais eficaz na realização de atividades econômicas e manifesta grandes perspectivas para as gerações futuras no âmbito da produção industrial sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040 - Gestão ambiental - **Avaliação do ciclo de vida** - Princípios e estrutura. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Disponível em <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-14.040-Gest%C3%A3o-Ambiental-avaliac%C3%A3o-do-ciclo-de-vida-principios-e-estrutura.pdf>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

ALMEIDA, G. Z.; REBEHY, P. C. P. W.; ESPINOZA, D. F. **Adesão Aos Princípios Da Economia Circular: Estudo Exploratório Em Uma Empresa De Embalagens Plásticas**. Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 599, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

AZEVEDO, J. L. **A Economia Circular Aplicada no Brasil: Uma Análise a Partir dos Instrumentos Legais Existentes para a Logística Reversa**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Disponível em: <https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_036M.pdf>. Acesso em: 30 de setembro 2020.

BERARDI, P.; DIAS, J. M. **O mercado da economia circular.** GV-executivo, v. 17, n. 5, setembro-outubro, 2018. Disponível em: <https://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/gv_v17n5_art1.pdf>. Acesso em: 17 de fevereiro 2020.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. **Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente.** Editora Gustavo Gili, 1ª Edição, São Paulo, 2014.

CARVALHO, D. S. M.; SANCHES, S. L. R.; PAIVA, I. C. S.; CARVALHO, L. C. **Abordagem Da Economia Circular Na Gestão De Resíduos Em Um Restaurante Universitário.** Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 360, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 29 de abril de 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy.** Vol. 1: Economic and Business Rationale for a Circular Economy. Cowes: Ellen Macarthur Foundation, 2012. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/>. Acesso em: 30 de outubro 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à economia circular: O racional de negócio para acelerar a transição,** 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf>. Acesso em: 22 de fevereiro 2021.

GEORGE, D. A. R.; LIN, B. C.; CHEN, Y. **A circular economy model of economic growth.** Environmental Modelling & Software, v. 73, p. 60-63, 2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.06.014>>. Acesso em: 3 de novembro 2020.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI S. **A Review on Circular Economy: the expected transition to a balanced interplay of**

environmental and economic systems. Journal of Cleaner Production, v. 114, p.11-32, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615012287?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 de Setembro 2020.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** São Paulo: Atlas, 2019.

JACQUES, J.J. **Estudo de iniciativas em desenvolvimento sustentável de produtos em empresas calçadistas a partir do conceito berço ao berço.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 2011. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/31997>>. Acesso em: 09 de março 2021.

KOEFENDER, A.; AMARAL, F. G. **Investigação Da Aderência De Embalagens De Vidro À Economia Circular E A Realidade Do Brasil.** Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 452, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

LACERDA, M. T.; SCHEUER, M.; MACENO, M. M. C. **A Importância Do Desenvolvimento Da Economia Circular Nas Empresas Como Estratégia De Negócios.** Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 618, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 30 de abril de 2021.

LEITÃO, A. **Economia Circular: uma Nova Filosofia de Gestão para o Século XXI.** Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting. ISSN: 2183-3826. v. 1, n.2, 2015. Disponível em: <<http://u3isjournal.isvoug.pt/index.php/PJFMA/article/view/114/52>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. **The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context.** Journal of Business Ethics, n. 140, v. 3, p. 369-380, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277882796_The_Circular_Economy_An_Interdisciplinary_Exploration_of_the_Concept_and_Application_in_a_Global_Context_httpslinkspringercomepdf101007s10551-015-2693-2author_access_tokenDmSzxz99LULZcPQSPro0x_e4RwlQN>. Acesso em: 21 de setembro 2020.

NILSSON-LINDÉN, H; BAUMANN, H; ROSÉN, M; DIEDRICH, A. **Organizing life cycle management in practice: challenges of a multinational manufacturing corporation.** The International Journal of Life Cycle Assessment, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269104380_Organizing_life_cycle_management_in_practice_challenges_of_a_multinational_manufacturing_corporation>. Acesso em: 12 de setembro 2020.

OLIVEIRA, R. A.; ARAÚJO, E. A.; GUTIERREZ, R. H. **Sustentabilidade E A Indústria Da Moda: O Slow Fashion E A Economia Circular.** Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 250, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=15>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

PEREIRA, A. M.; NAKANOME, E. T. R.; LIMA, F. B.; NAKANOME, A. F. M. **Obsolescência programada e avanço tecnológico no mercado de celulares,** XXXVII Encontro nacional de engenharia de produção, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_246_426_34645.pdf>. Acesso em: 26 de outubro 2020.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2 Edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em

<<http://docente.ifrn.edu.br/valcinetemacedo/disciplina/metodologia-do-trabalho-cientifico/e-book-mtc>> 2013. Acesso em: 22 agosto de 2020.

ROSSINI, V.; NASPOLINI, S. H. D. F. **Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.** Revista de Direito e Sustentabilidade, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017. Disponível em: <<https://indexlaw.org/index.php/revistards/articloe/view/2044>> Acesso em: 16 de Fevereiro de 2021.

SOARES, R. G. S.; PEREIRA, R. I.; RODRIGUES, G.; NOGUEIRA, S. M. S.; STEFANO, E. **A Importância Da Economia Circular Nos Sistemas De Produção – Um Estudo De Caso Da Kalundborg Symbiosis.** Simpósio de Engenharia de Produção (XXVII SIMPEP), Art. 717, 2020. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_todos.php?e=15>. Acesso em: 06 de Maio de 2021.

SONNEMANN, G.; GEMECHU, E. D.; REMMEN, A.; FRYDENDAL, J.; JENSEN, A. A. **Life Cycle Management: Implementing sustainability in business practice,** p. 7-22, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-7221-1_2>. Acesso em: 3 de Novembro 2020.

STAHEL, W. R. **Reuse is the key to the circular economy,** 2014. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/reuse-is-the-key-to-the-circular-economy_en>. Acesso em: 21 de setembro 2020.

TOXOPEUS, M. E.; KOEIJER, B. L. A.; MEIJ, A. G. G. H. **Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice?.** Science Direct, v. 29, p. 384-389, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.068>>. Acesso em: 09 de março 2021.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. ***Vibrant Communities and Sustainable Value Chains: a life cycle management capability framework for business.*** 2015. Disponível em: <<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/05/LCM-CMM-Workbook-2015.pdf>>. Acesso em: 08 de outubro 2020.

WEBSTER, K. ***The Circular Economy: a wealth of flows.*** Ellen MacArthur Foundation, 2ª Edição, 2016.