



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRAÇÃO,
CONTABILIDADE E ATUARIAIS**

HELOÍSA MARIA DE OLIVEIRA E SILVA

ECONOMIA CIRCULAR E A CONSTRUÇÃO CIVIL

MONOGRAFIA DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

São Paulo

2023

HELOÍSA MARIA DE OLIVEIRA E SILVA

ECONOMIA CIRCULAR E A CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes

São Paulo

2023

HELOÍSA MARIA

ECONOMIA CIRCULAR E A CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Econômicas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

São Paulo, 2023

Orientador e Prof. Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Prof.
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Prof.
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Dedico este trabalho aos jovens desta geração e aos jovens de gerações futuras, pois somos a chave para mudanças, rupturas e revoluções.

AGRADECIMENTOS

Sou muito grata aos que me amam e me deram a oportunidade desta vida. Agradeço imensamente a minha mãe, por todos os esforços e maiores atos de compaixão que a vida poderia mostrar. Idem aos queridos amigos, que tornaram a jornada mais fácil, mais gostosa e mais divertida. Estendo minha gratidão aos professores por todos os bate-papos de corredor, todas as lições e aprendizados, também o cuidado de cada um. Agradeço, mais uma vez, todo o carinho.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo examinar o conceito de economia circular e sua aplicação na indústria da construção civil, que é o setor de maior geração de resíduos entre todos os setores produtivos. Devido à exaustão dos recursos naturais causada pelo atual modelo econômico linear, há uma clara necessidade de pesquisa e discussão sobre o sistema circular. Dado o significativo impacto desse tema em nossa sociedade, é possível adquirir os conhecimentos técnicos e o discernimento crítico necessários por meio de um enfoque acadêmico para avaliar as aplicações na construção civil. Os materiais comumente usados na construção nem sempre oferecem a oportunidade de serem reutilizados, reparados, remanufaturados ou reciclados. No entanto, é viável considerar uma perspectiva renovada: uma economia restaurativa em que os resíduos de projetos de construção possam ser transformados em matéria-prima para outras finalidades, visando alcançar a meta de desperdício zero. Portanto, esta pesquisa busca, por meio de uma revisão bibliográfica de artigos, dissertações, embasamentos legais e outras abordagens metodológicas, fornecer uma visão geral da economia circular, com foco nos resíduos sólidos, que são encontrados em maior quantidade no setor da construção. Após a identificação de algumas aplicações promissoras para esses resíduos, que, em um sistema econômico linear, seriam destinados a aterros sanitários, foi possível traçar uma perspectiva econômica para a sociedade no futuro, apesar dos desafios evidenciados durante esta pesquisa.

Palavras-chave: Economia Circular; Construção Civil; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The present study aims to examine the concept of circular economy and its application in the construction industry, which is the sector with the highest waste generation among all productive sectors. Due to the depletion of natural resources caused by the current linear economic model, there is a clear need for research and discussion on the circular system. Given the significant impact of this topic on our society, it is possible to acquire the necessary technical knowledge and critical insight through an academic approach to evaluate applications in construction. Materials commonly used in construction do not always offer the opportunity to be reused, repaired, remanufactured or recycled. However, it is feasible to consider a renewed perspective: a restorative economy in which waste from construction projects can be transformed into raw materials for other purposes, aiming to achieve the goal of zero waste. Therefore, this research seeks, through a bibliographical review of articles, dissertations, legal bases and other methodological approaches, to provide an overview of the circular economy, focusing on solid waste, which is found in greater quantities in the construction sector. After identifying some promising applications for this waste, which, in a linear economic system, would be destined for landfills, it was possible to outline an economic perspective for society in the future, despite the challenges highlighted during this research.

Keywords: Circular Economy; Construction; Solid Waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. ECONOMIA CIRCULAR	12
2.1 MODELO ECONÔMICO ATUAL	12
2.2 A ECONOMIA CIRCULAR	14
2.2.1 Benefícios e limitações da Economia Circular	19
3 RESPONSABILIDADE SOCIAL	22
3.1 CONSUMO SUSTENTÁVEL	22
3.2 RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL	23
4. A INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
4.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
5. ECONOMIA CIRCULAR E INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO	32
6. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

O atual modelo econômico de produção é caracterizado pela cultura do desperdício, em que os materiais utilizados na cadeia produtiva são descartados sem a possibilidade de retorno, configurando o que é conhecido como Economia Linear (EL). No entanto, conciliar a lucratividade na construção com práticas que causem menos impacto ambiental tem se mostrado um desafio significativo no campo da engenharia civil. Isso ocorre porque a maioria dos resíduos gerados durante a construção é de difícil reaproveitamento ou requer custos elevados para reciclagem ou reutilização.

Mesmo diante da consciência de que os recursos naturais do planeta são limitados, a Economia Linear prioriza predominantemente os aspectos econômicos, muitas vezes ignorando considerações ambientais e sociais, o que resulta em níveis elevados de poluição (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016).

A busca por iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável na construção civil se torna imperativa, especialmente diante de dados do IBGE (2017) que revelam o aumento no custo nacional da construção, chegando a R\$ 1.066,68 por metro quadrado em novembro de 2017. Desse valor, aproximadamente R\$ 544,97 são referentes aos materiais de construção, representando cerca de 51,09% do custo total da obra, enquanto R\$ 521,71 correspondem à mão de obra. Esses números evidenciam o impacto significativo dos materiais de construção no custo final das obras.

Além disso, a construção civil é responsável por gerar uma quantidade considerável de resíduos sólidos, sendo coletadas 45,1 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em 2016, de acordo com a ABRELP (2016). Esse cenário ressalta a proporção de que uma tonelada de lixo urbano produzida é equivalente a duas toneladas de entulho da construção civil (Neto, 2005). Diante desses dados, torna-se evidente a necessidade de práticas mais sustentáveis na construção civil para reduzir custos e minimizar os impactos ambientais.

Diante desse cenário, os princípios da Economia Circular (EC) têm ganhado destaque globalmente, oferecendo novas perspectivas em relação ao modelo de produção tradicional. A EC reconhece que os padrões do modelo de produção linear

são obsoletos e ineficazes. Além disso, ela prioriza os princípios da sustentabilidade, enfatizando a eficácia sobre a eficiência (NOYA et al., 2017). Isso significa que a EC busca promover um ciclo contínuo e regenerativo de recursos, em contraposição ao modelo linear de uso e descarte.

A Economia Circular (EC) introduz uma nova configuração e ciclo de vida para os materiais dentro da cadeia produtiva, abordando aspectos sociais, econômicos e ambientais. Uma das características centrais da EC é a reconfiguração dos materiais de forma que sejam projetados e otimizados para retornar à cadeia de produção. Isso contrasta com o conceito tradicional de eliminação de resíduos ou mesmo com a reciclagem convencional, que frequentemente requerem grandes quantidades de energia e mão de obra para processamento.

A Economia Circular (EC) é entendida como uma abordagem de desenvolvimento sustentável que valoriza a preservação e a maximização do uso de recursos naturais, ao mesmo tempo que busca otimizar a produção e gerenciar recursos de maneira eficaz. Este modelo sugere uma revolução no pensamento econômico tradicional, enfatizando uma mudança na maneira como os produtos são concebidos e utilizados ao longo de seu ciclo de vida. Com a EC, os negócios são desafiados a ir além do simples crescimento econômico, incorporando princípios de sustentabilidade, considerando também as flutuações nos preços dos insumos e energias.

Nesse contexto, as propriedades regenerativas da Economia Circular (EC) oferecem a oportunidade de minimizar a entrada de recursos e a geração de desperdício através da redução, fechamento e otimização dos ciclos de material e energia (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013). Isso é alcançado por meio de um design de produtos duradouros que promovem a manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, remodelação e reciclagem, resultando em uma redução na dissipação de energia do sistema e, conseqüentemente, tornando-o mais eficiente (GEISSDOERFER et al., 2017).

Vale destacar que, de acordo com Hilsdorf et al. (2019), a indústria da remanufatura engloba diversos aspectos, incluindo aspectos econômicos e ambientais, e abrange uma ampla variedade de setores industriais. No entanto, ainda existe uma carência de regulamentações específicas para essa prática.

O presente estudo se concentra na análise da economia circular (EC) na perspectiva da indústria da construção civil. Por meio de uma revisão teórica detalhada, busca-se compreender os fundamentos desse sistema circular, identificando os principais pilares que o sustentam.

Como contribuição teórica, este trabalho tem como objetivo enriquecer a discussão em torno da economia circular no contexto da construção civil, oferecendo uma visão ampliada sobre a sustentabilidade. No que diz respeito à contribuição prática, busca-se investigar as estratégias adotadas pela indústria da construção civil para apoiar decisões em prol da sustentabilidade por meio da economia circular.

2. ECONOMIA CIRCULAR

2.1 MODELO ECONÔMICO ATUAL

Atualmente, estamos vivenciando o que é conhecido como economia linear, cujos princípios, em conjunto com suas práticas inseparáveis, formam o conceito denominado de "3R's". Esses princípios são definidos da seguinte forma:

Reduzir: Implementar técnicas de gestão com o objetivo de diminuir a quantidade de recursos consumidos para uma finalidade específica, como água, energia, minerais, entre outros.

Reutilizar: Utilizar novamente um material na mesma função para a qual foi inicialmente projetado ou em outro contexto compatível, prolongando a vida útil desse material antes de considerá-lo descartável ou destiná-lo à reciclagem.

Reciclar: A reciclagem envolve um conjunto de técnicas cujo propósito é aproveitar resíduos e reintegrá-los ao ciclo de produção de onde originaram. Isso resulta de uma série de etapas, nas quais materiais que poderiam se tornar lixo, ou que já estão nessa condição, são desviados, coletados, separados e processados para serem utilizados como matéria-prima na fabricação de novos produtos (VIET, 2012).

O modelo linear tem sido a pedra angular da economia global desde a Revolução Industrial. Esse modelo envolve a extração, produção e descarte de matérias-primas, muitas vezes com pouca ou nenhuma consideração para a reciclagem (FISKEL, 2009). No entanto, devido à limitação dos recursos naturais disponíveis, a viabilidade desse modelo está em sério risco.

Com base em projeções para o futuro, fica claro que a disponibilidade de recursos naturais para as gerações vindouras estará gravemente comprometida se continuarmos a manter os níveis atuais de produção e consumo (UNEP, 2011). É essencial repensar e reformular nossos modelos econômicos e padrões de consumo para garantir a sustentabilidade a longo prazo e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

Essa forma de organização da sociedade, que se baseia na extração de recursos naturais para a produção de bens que, em grande parte, são descartados e, em alguns casos, reciclados, tem enfrentado desafios crescentes. Essa insustentabilidade decorre da extração compulsória de recursos naturais e também do aumento constante da população mundial. Conforme estimativas das Nações Unidas em 2016, a população global poderá atingir 11,2 bilhões de pessoas até o ano 2100. Esse número representa graves desafios que a humanidade terá que enfrentar, incluindo a escassez de alimentos, problemas ambientais causados pelo aumento da poluição do planeta e a degradação dos ecossistemas naturais.

O descarte inadequado de resíduos representa uma séria preocupação devido ao crescente perigo que apresenta para os ecossistemas e para as pessoas que vivem nas proximidades desses locais de descarte, incluindo a população em geral. De acordo com Abrelpe (2022), no Brasil, durante o ano de 2022, aproximadamente 39,5% de todos os resíduos sólidos urbanos foram inadequadamente descartados, em lixões e aterros controlados, o que configura um alarmante cenário de poluição ambiental. Isso evidencia que, apesar das graves consequências associadas ao descarte inadequado de resíduos, uma parte significativa ainda é realizada de forma imprópria.

É verdade que o descarte de materiais não apenas representa um problema ambiental, mas também resulta em uma significativa perda de matérias-primas que poderiam ser aproveitadas de maneira mais eficiente e sustentável. Esse desperdício de recursos não apenas tem um impacto negativo no meio ambiente, mas também implica um desperdício de energia considerável, que se estende desde os recursos utilizados na produção inicial desses materiais até a energia gasta nos processos de transporte, armazenamento e logística (EMF, 2012).

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais evidente que a economia linear representa uma preocupação significativa que a sociedade precisa abordar como uma página a ser virada. Além disso, em resposta à grande crise econômica que o mercado enfrentou na última década, houve uma redução no acesso ao crédito, levando a uma diminuição do consumo por parte da população e incentivando as empresas a buscar alternativas na produção.

2.2 A ECONOMIA CIRCULAR

O surgimento da economia circular e a necessidade de seus métodos e definições podem ser compreendidos a partir das limitações inerentes à economia convencional. Desde os primórdios da era industrial, ou seja, desde o advento da economia industrial, prevaleceu o modelo linear de cadeia produtiva, que se baseia na premissa simplista de "extrair, transformar e descartar" (VEIGA, 2019).

Com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e a implementação da economia circular, foram estabelecidas iniciativas importantes. Em 2010, foi fundada a Ellen MacArthur Foundation, e em 2015, o Programa Circular Economy 100 (CE100). Essas iniciativas visam possibilitar a colaboração entre empresas, cidades, governos e instituições acadêmicas em uma única plataforma. Isso visa desenvolver habilidades e competências de maneira uniforme entre todas as partes envolvidas e aproveitar as novas oportunidades geradas pela economia circular.

A integração de medidas de Economia Circular nos setores de mobilidade, ambiente construído e sistema agroalimentar, que são responsáveis por uma parcela significativa das despesas dos consumidores e do consumo de recursos (60% das despesas e 80% dos recursos), apresenta perspectivas promissoras. De acordo com análises da Fundação Ellen MacArthur em 2015, essas medidas apontam para um aumento estimado de cerca de 11% no Produto Interno Bruto (PIB), com €1,8 trilhão em economias, levando em consideração os efeitos multiplicadores até 2030 na União Europeia.

Além disso, essa abordagem também tem o potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em até 50% em comparação com os níveis de 2015, conforme mencionado por Costa (2017). Adicionalmente, a implementação dessas medidas pode resultar na criação de mais de dois milhões de empregos em média ao longo de um período de 15 anos.

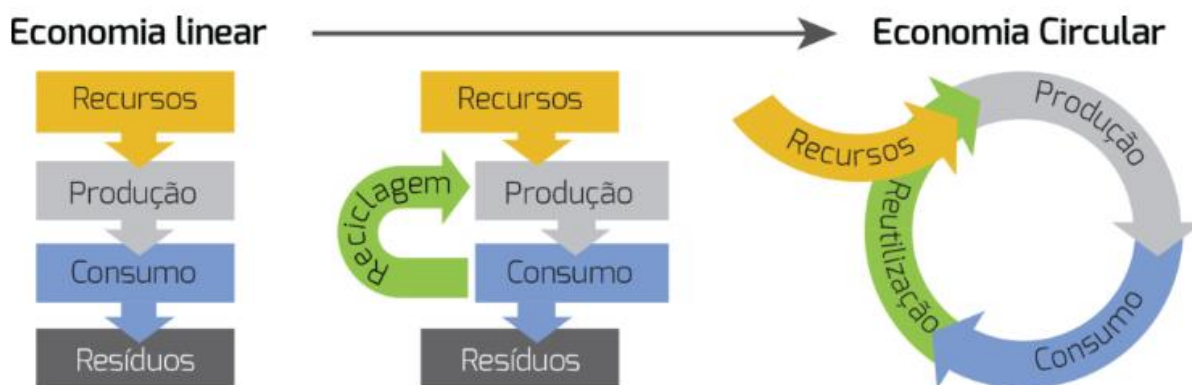
Foram definidos pilares fundamentais para a efetivação do sistema econômico baseado na economia circular. O principal objetivo desses pilares é a preservação do capital natural, garantindo que produtos e materiais permaneçam em circulação por um período mais longo em comparação com o sistema linear tradicional. Isso resulta

em um sistema mais eficiente de produção, no qual a utilização de recursos naturais ocorre de maneira mais sustentável e coerente (SMART WASTE PORTUGAL, 2017).

Conforme Berndtsson (2015), o modelo de Economia Circular busca uma transformação e substituição do tradicional modelo econômico linear em uso, com o objetivo de reduzir a extração de recursos naturais e a geração de resíduos. Nesse enfoque, o processo de produção é redesenhado dentro de um conceito circular, onde os recursos, inicialmente obtidos da natureza, tornam-se ativos produtivos que entram em um ciclo contínuo de reciclagem e reutilização dentro da cadeia produtiva (BONCIU, 2014).

Dessa forma, são estabelecidas distinções claras entre os sistemas econômicos, conforme demonstrado na Figura 1. Esses pilares da economia circular incluem a redução do desperdício, a promoção da reutilização, a recuperação de materiais e a regeneração de sistemas naturais, criando um modelo econômico mais alinhado com a sustentabilidade ambiental e o uso eficiente de recursos.

Figura 1 - Comparação entre Sistemas Econômicos



Fonte: Circular Economy Portugal

A imagem apresenta uma visão geral do funcionamento da economia circular, mas quando examinamos de forma mais detalhada, fica claro o que realmente precisa ser feito para que essa cadeia restaurativa alcance seus objetivos originais. Nesse sentido, existem princípios fundamentais desse modelo econômico que revelam desafios a serem enfrentados (DE AZEVEDO, 2015):

- Criação de modelos de negócios que agreguem valor ao produto manufaturado: Para que a economia circular funcione eficazmente, é necessário desenvolver modelos de negócios que considerem a reutilização, recuperação e reciclagem de produtos como parte integrante do ciclo de vida do produto. Isso requer inovação e a capacidade de agregar valor ao longo de todo o processo.

- Criação de produtos de múltiplas utilidades: Os produtos devem ser projetados com a versatilidade em mente, de modo que possam ser utilizados de várias maneiras e por diferentes públicos, prolongando assim sua vida útil e evitando descartes precoces.

- Desenvolvimento de uma logística reversa eficaz e equilibrada em termos de qualidade e custo: A logística reversa é essencial para recuperar produtos, materiais e componentes para reciclagem ou reutilização. No entanto, essa logística deve ser eficiente em termos de custos, ao mesmo tempo em que mantém a qualidade dos materiais recuperados.

- Coordenação dos atores dentro e entre as cadeias de suprimento: Para alcançar escala e identificar usos de maior valor, é fundamental que haja coordenação e colaboração entre os diversos atores ao longo das cadeias de suprimento. Isso inclui fabricantes, distribuidores, varejistas, consumidores e partes interessadas em toda a cadeia.

Ainda em relação aos princípios apresentados na "circulação de materiais", podemos identificar dois principais grupos de abordagem: o ciclo biológico e o ciclo técnico. No ciclo biológico, o foco está na consideração do destino dos materiais desde o estágio inicial do seu design, visando a sua reintegração nutritiva e regenerativa na biosfera. Por outro lado, no ciclo técnico, o objetivo é manter os materiais em circulação na esfera industrial, com o propósito de criar um maior valor agregado ao permitir múltiplos períodos de utilização (GEJER e TENNENBAUM, 2017), como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Ciclo biológico e ciclo técnico



Fonte: Ideia Circular

Esses dois métodos representados na Figura 2 são essenciais para estabelecer o conceito de "do berço ao berço", permitindo a circularidade do sistema. Para assegurar essa circularidade, o modelo de negócios deve ser deliberadamente planejado desde a concepção do projeto dos produtos, com o objetivo de promover a utilização contínua dos materiais em diversos ciclos de produção. Isso implica incentivar características como longevidade, durabilidade, facilidade de reparo, potencial de atualização (upgrade), reuso, remanufatura e reciclagem (LUZ, 2017, p. 90).

Conforme Bonciu (2014), a Economia Circular se manifesta em uma cadeia produtiva quando os resultados (outputs) do processo se tornam os insumos (inputs) para o próprio ciclo. Isso significa que a abordagem cíclica, baseada no reuso e na reciclagem, substitui o modelo tradicional de "extrair, produzir e descartar" na organização da produção. Isso confere uma vida útil consideravelmente mais longa aos produtos e recursos utilizados em sua fabricação, permitindo que sejam reutilizados na produção do mesmo produto ou de produtos diferentes.

De acordo com a Ellen MacArthur Foundation (2014), a Economia Circular é um modelo inspirado pelo funcionamento da natureza e oferece uma perspectiva crítica das práticas econômicas atuais da sociedade. Sua implementação requer a incorporação de inovações e design de produtos e sistemas. O planejamento inicial deve estar alinhado com o princípio de "fechar o ciclo de vida" dos produtos, promovendo um quadro de desenvolvimento sustentável com menor consumo de matérias-primas, energia e água, bem como a geração reduzida de resíduos. Esse modelo visa a transformar a economia de uma forma mais sustentável, na qual os recursos são utilizados de maneira mais eficiente e responsável.

Conforme apontado por Bonciu (2014), a Economia Circular destaca a importância de planejar processos, serviços e produtos de forma a torná-los mais duráveis, reutilizáveis e atualizáveis, com o objetivo de facilitar futuras ações de reciclagem, seja pela própria indústria ou por outros agentes. A principal diferença entre a Economia Linear e a Economia Circular reside no fato de que a Economia Circular se concentra em projetar e produzir bens que possuam um ciclo de vida mais longo, com a possibilidade de restauração, reutilização ou atualização.

Devido à ênfase na reutilização de materiais, a Economia Circular promove o desenvolvimento de novas relações entre as empresas. Nesse contexto, as empresas se tornam tanto consumidoras quanto fornecedoras de materiais que são reaproveitados no ciclo produtivo (EMF, 2012). Isso cria uma interdependência positiva entre as empresas, incentivando a colaboração e a troca de recursos, o que pode levar a uma utilização mais eficiente dos materiais e a uma redução do desperdício.

Conforme destacado por Pomponi and Moncaster (2017), a essência da Economia Circular reside na utilização de bens que atingiram o fim de sua vida útil como insumos para outras empresas. Isso promove o fechamento do ciclo desses materiais dentro dos ecossistemas industriais, reduzindo significativamente o desperdício. Como resultado, a adoção da Economia Circular tem o potencial de reduzir as emissões de gases do efeito estufa em até 70% e impulsionar a transição para uma economia de baixo carbono.

A Ellen MacArthur Foundation (2015) ressalta que a Economia Circular busca desvincular a ideia de que o desenvolvimento econômico depende de um consumo

crescente de recursos finitos. Pelo contrário, esse modelo promove um crescimento econômico mais equilibrado e sustentável, reduzindo os impactos ambientais, incentivando o desenvolvimento tecnológico e criando oportunidades de emprego.

2.2.1 Benefícios e limitações da Economia Circular

Conforme observado por Luz (2017), a Economia Circular redefine as relações entre as empresas, transformando não apenas a responsabilidade dos empresários, mas também incorporando os benefícios financeiros para as empresas. Nesse contexto, o desempenho dos produtos e serviços oferecidos ao consumidor assume um papel central nas estratégias empresariais, com foco especial na área de reutilização e renovação nas linhas de produção. Uma mudança significativa ocorre na dinâmica da cadeia de suprimentos, onde os produtores passam a desempenhar o papel de usuários de produtos reaproveitados de outras empresas, por meio de acordos contratuais e serviços.

Conforme ressaltado por Monteiro (2018), o modelo econômico da Economia Circular não apenas propõe novas oportunidades de negócio, mas também promove a preservação e o aumento do capital natural, incentiva o trabalho colaborativo e desempenha um papel significativo na promoção da sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Conforme enfatizado por Bonciu (2014), a transição para a Economia Circular exigirá uma extensa rede de relações e colaborações entre indústrias de diversos setores, consumidores e representantes públicos. Isso reflete a necessidade de uma mudança profunda na educação, nos valores sociais e no comportamento tanto dos consumidores quanto dos produtores.

Conforme observado por Assadourian (2010), ao longo dos anos, a importância da sustentabilidade começou a ganhar cada vez mais destaque na vida das pessoas. Tornou-se evidente que o crescimento desenfreado do consumo e suas tendências eram insustentáveis, especialmente nos países mais desenvolvidos. O consumismo excessivo não pode ser dissociado das consequências, e em um planeta com recursos finitos, medir o sucesso e a felicidade com base no quanto alguém consome não é uma abordagem sustentável.

Assim como o modelo linear, a economia circular também possui algumas limitações em seu modelo de fluxo. Estas limitações são apresentadas da seguinte maneira:

- Limitação do número de ciclos de reciclagem e reutilização: Um desafio importante na economia circular é que alguns materiais têm um número limitado de ciclos de reciclagem e reutilização antes que suas propriedades se degradem ou se tornem inadequadas para determinados usos. Isso pode limitar a eficácia da reciclagem em alguns casos.
- Limitações tecnológicas: Em alguns casos, a tecnologia disponível pode ser uma limitação para a extração eficiente de recursos naturais ou para o reaproveitamento de materiais. Isso pode estar relacionado ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, disponibilidade de recursos ou custos associados.
- Limitação no desenvolvimento de sistemas de recuperação mais eficientes: A criação de sistemas de recuperação de produtos e materiais mais eficientes pode ser um desafio, especialmente quando se trata de produtos complexos ou materiais difíceis de separar e reciclar.
- Mudança de comportamento social: A adoção bem-sucedida da economia circular depende em grande parte da mudança de comportamento social e da conscientização sobre práticas alinhadas a esse modelo. Pode ser desafiador promover essa mudança de mentalidade e compreensão em toda a sociedade.

Superar essas limitações requer esforços contínuos de pesquisa e desenvolvimento, investimento em tecnologias mais eficientes, educação e conscientização pública, além de políticas públicas e regulamentações que incentivem práticas mais sustentáveis. A economia circular é um modelo em evolução, e essas limitações podem ser abordadas com o tempo e a colaboração de diferentes partes interessadas (VEIGA, 2019).

Apesar dos inúmeros benefícios que a economia circular poderia proporcionar ao meio ambiente e à eficácia da produção, ainda persiste resistência por parte das empresas em adotá-la. Uma abordagem para incentivar as organizações a implementarem esse modelo econômico é educar os consumidores, de modo que eles optem por apoiar empresas com essa visão. Na economia circular, a relação entre empresas e consumidores passa por uma redefinição significativa. Ao estabelecer

cadeias de suprimento circulares, as empresas desenvolvem uma relação de parceria e lealdade com os consumidores (DE AZEVEDO, 2015).

3 RESPONSABILIDADE SOCIAL

3.1 CONSUMO SUSTENTÁVEL

Conforme enfatizado por Portilho (2010), a conscientização ambiental em relação ao consumo começou a se disseminar principalmente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a Rio-92. No entanto, a efetiva implementação do consumo consciente e a conscientização a respeito dele são desenvolvimentos mais recentes. Foi nesse momento que se tornou evidente que uma das principais barreiras para alcançar o desenvolvimento sustentável era o consumo excessivo, muitas vezes sem uma verdadeira necessidade subjacente.

Conforme observado por Young et al. (2010), a discussão e a definição do termo "Consumo Consciente," também conhecido como consumo sustentável, consumo verde, consumo responsável e outros termos relacionados, tornaram-se cada vez mais presentes na sociedade. Houve um aumento significativo na busca por produtos e práticas que atendam a esses critérios.

Nos últimos anos, houve um notável aumento no número de pesquisas acadêmicas que abordam a mudança no comportamento de compra em relação a produtos verdes e sustentáveis. Isso reflete a crescente conscientização do público em relação aos desafios ambientais e a sua disposição para adotar escolhas de consumo que considerem os impactos sociais e ambientais.

O conceito de consumo consciente é multifacetado e pode ser abordado de maneiras diversas por vários autores. No entanto, é viável identificar traços comuns que delinham seus principais propósitos, tais como a satisfação das necessidades humanas básicas, a promoção de uma elevada qualidade de vida, o cultivo da consciência coletiva com vistas às gerações vindouras e a redução do consumo de recursos, produção de resíduos e poluição.

Conseqüentemente, à medida que houve uma mudança de mentalidade e um aumento na demanda por produtos que atendam a esses critérios, as empresas começaram a adaptar seus processos de produção e a priorizar modelos mais sustentáveis.

3.2 RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL

A avaliação do desempenho da empresa em relação à sociedade em que opera e ao impacto ambiental que gera tornou-se fundamental para avaliar seu desempenho geral e sua capacidade de operar de maneira eficaz. A importância de garantir a igualdade social, uma governança organizacional sólida e a preservação de um ecossistema saudável também desempenham um papel crucial (INBS, 2022).

De acordo com o INBS (2022), no longo prazo, o sucesso de todas as atividades das empresas globais depende da saúde dos ecossistemas do mundo. As partes interessadas nas organizações estão cada vez mais presentes e estão exigindo padrões mais rigorosos a serem seguidos pelas empresas. Alguns fatores têm um impacto direto na percepção e na realidade do desempenho em responsabilidade social das organizações, o que resulta em: vantagem competitiva, maior capacidade de atrair e reter colaboradores, parceiros e acionistas, manutenção do compromisso, da produtividade e do moral dos colaboradores, além de uma melhor relação com governos, empresas, mídia, investidores, doadores e patrocinadores.

Com o objetivo de determinar quais empresas podem receber a classificação de sustentáveis, seja devido aos seus processos de produção, práticas de obtenção de matéria-prima ou conformidade com regulamentações para o descarte adequado de resíduos, foram estabelecidos certificados sustentáveis. Esses certificados têm atraído a atenção de empresas em diversos setores nos últimos anos, incluindo a indústria da construção civil.

Na indústria da construção civil, também é evidente essa tendência em busca da sustentabilidade. Empresas buscam implementar práticas sustentáveis em seus projetos e operações, visando minimizar o impacto ambiental e social. Isso pode envolver o uso de materiais de construção sustentáveis, a adoção de técnicas de construção mais eficientes em termos de energia e recursos, a consideração das comunidades locais afetadas e a gestão responsável de resíduos de construção.

Nas últimas décadas, as certificações têm ganhado destaque significativo no mercado devido à necessidade das organizações de atender às crescentes demandas por produtos ambientalmente sustentáveis. Nesse contexto, a indústria da construção

civil tem adotado cada vez mais esse instrumento de avaliação como uma maneira de validar e reconhecer seus esforços na criação de edificações sustentáveis.

Até o ano de 1970, as questões relacionadas aos impactos ambientais eram predominantemente regulamentadas por leis e decretos que, em sua maioria, estabeleciam padrões e limites de emissões aceitáveis para as entidades poluidoras. Inicialmente, abordagens para lidar com esses problemas eram implementadas de forma isolada por alguns países, com o propósito de rotular produtos que causassem menos impacto ambiental. Foi nesse contexto que surgiram os chamados selos verdes (VALLE, 2009).

Com efeito, as organizações que ostentavam rótulos sustentáveis eram prontamente reconhecidas como merecedoras da preferência dos consumidores e acionistas, tornando-se, assim, um poderoso instrumento de mercado. Nesse sentido, selos verdes foram instituídos por diversos países desenvolvidos, sendo o primeiro deles introduzido na Alemanha em 1978 e denominado "Anjo Azul" (VALLE, 2009).

Com o decorrer do tempo, surgiram diversas outras certificações na indústria da construção civil. Essas certificações foram desenvolvidas com o propósito de mitigar os impactos ambientais resultantes da atividade humana, especialmente em setores de grande impacto, como é o caso da construção civil. Entre as certificações mais proeminentes nesse setor, destacam-se o LEED, Aqua, Procee Edifica e o Selo Azul da Caixa.

Certamente, o reuso de materiais é um fator fundamental que favorece uma organização a receber um dos certificados de sustentabilidade, especialmente na economia circular. Esse processo é caracterizado pela prática de reutilizar materiais que, de outra forma, seriam considerados resíduos ou descartes, seja dentro do mesmo processo industrial ou em outras aplicações.

4. A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil é o resultado da união de duas palavras, "indústria" e "construção", que têm origens históricas distintas, mas em algum momento se entrelaçaram. A atividade de construção remonta ao período Neolítico, quando as comunidades humanas começaram a abandonar cavernas e a construir suas próprias moradias. Ao longo das eras, à medida que a sociedade cresceu em termos de população, surgiu uma crescente necessidade de construção, seja por motivos de segurança contra outros seres humanos ou como resposta às necessidades de moradia.

Por um longo período, os recursos utilizados para essas construções foram adquiridos de forma descentralizada, o que significa que o processo de produção era artesanal e ocorria em pequena escala. Isso implicava que a produção dependia das habilidades individuais dos artesãos e era realizada manualmente, sem o uso de maquinaria industrial (Ruudi et al., 2018).

De acordo com Barreto (2005), o setor de construção civil desempenha um papel significativo na geração de impactos ambientais que afetam nossa presença no planeta. Isso ocorre não apenas durante a extração das matérias-primas necessárias para a produção de componentes, mas também durante a execução dos serviços nos canteiros de obra e na gestão dos resíduos resultantes. Essas atividades frequentemente resultam em mudanças substanciais na paisagem e têm sérias implicações para o bem-estar de todas as formas de vida que são afetadas, seja de maneira direta ou indireta.

Pinheiro (2003) destaca a importância dos impactos decorrentes da indústria da construção civil. Essa indústria, ao atender às demandas sociais e econômicas, desenvolve e implanta infraestruturas, como estradas, barragens e linhas de trem, além de áreas urbanas, como edifícios e parques, contribuindo para o crescimento econômico (representando 9,7% do Produto Nacional Bruto na Europa em 1999, de acordo com a OCDE em 2003) e gerando empregos (7,5% do emprego total).

No entanto, é importante notar que as atividades típicas desse setor muitas vezes resultam em mudanças substanciais no ambiente, incluindo impactos

ambientais significativos. Em muitos casos, esses impactos são de natureza negativa e têm um impacto decisivo no ambiente presente e futuro (PINHEIRO; 2003).

Conforme Edwards (2009), é previsto que a população mundial atinja a marca de 10 bilhões de habitantes até 2050, o que inevitavelmente resultará em um aumento significativo no consumo de recursos naturais, com impactos diretos sobre o meio ambiente. Diante desse cenário, é crucial que os projetos de edifícios e estabelecimentos sejam adaptados para reduzir esse impacto. A reutilização de resíduos emerge como uma alternativa eficaz.

O Brasil enfrenta um desafio significativo relacionado à gestão dos resíduos sólidos da construção civil, caracterizado pela disposição irregular desses resíduos, que acarreta problemas ambientais, estéticos e de saúde pública. Além disso, sobrecarrega os sistemas de limpeza municipais, como apontado pelo IPEA (2012).

4.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A definição de resíduos sólidos conforme a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, em seu Art. 3º, Inciso XVI, é a seguinte:

"Resíduo sólido: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível." (BRASIL, 2010)

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) apresenta uma classificação dos resíduos sólidos em quatro classes, conforme descrito a seguir:

I. Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, incluindo:

a) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e outras obras de infraestrutura, incluindo solos provenientes de terraplanagem.

b) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, como materiais cerâmicos (tijolos, azulejos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto.

c) Resíduos do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidos nos canteiros de obras.

II. Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros materiais que podem ser reciclados.

III. Classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, incluindo produtos oriundos do gesso.

IV. Classe D: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como tintas, solventes, óleos e outros produtos perigosos, ou resíduos contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A classificação e separação dos resíduos de acordo com suas respectivas classes representam uma tarefa desafiadora devido a diversos fatores, incluindo a duração das obras, a ampla variedade de materiais utilizados e as diferentes fases do processo construtivo. Isso implica que a extensa duração do processo de segregação dos resíduos de construção e demolição é influenciada pela existência de múltiplos métodos de produção abrangidos por este setor. Dessa maneira, é possível perceber que a complexidade desse processo está diretamente relacionada à diversidade de práticas de construção e demolição aplicadas, resultando em uma caracterização média dos resíduos que depende das diretrizes e regulamentações estabelecidas na região específica em que a obra ocorre (ZORDAN, 1997).

Conforme APA (2015), de forma geral, a disposição dos resíduos é caracterizada pela predominância da mistura de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), representando 47,5% do total. Em seguida, encontram-se os solos, rochas e lamas de dragagem, correspondendo a 16,8% da disposição. Na terceira posição, estão os resíduos de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, totalizando 6,8%.

No que diz respeito à porcentagem de RCD tratados por categoria, verifica-se que as misturas de RCD representam a maior parcela, com 69% do total, seguidas pelos resíduos de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, que correspondem a 8,5%.

Uma vez que os resíduos da Classe "A", tanto em seu estado puro quanto em combinação com resíduos de construção e demolição, representam a maior parte dos insumos gerados, a implementação de um plano de gestão de resíduos possibilita a investigação de métodos de reutilização para viabilizar sua aplicação. Isso não se limita ao uso exclusivo no canteiro de obras, mas também pode envolver a utilização desses resíduos como matéria-prima para agregados, levando em consideração as propriedades necessárias para que o material desempenhe sua função específica, seja ela relacionada a fins decorativos, estruturais ou outras aplicações.

Para orientar a gestão de resíduos e a reutilização de agregados reciclados no contexto da construção civil, existem normas regulatórias estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Algumas dessas normas incluem:

NBR 15.112:2004 - Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - Áreas de Transbordo e Triagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

NBR 15.113:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes - Aterros - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

NBR 15.114:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil - Áreas de Reciclagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

NBR 15.115:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil - Execução de Camadas de Pavimentação - Procedimentos.

NBR 15.116:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil - Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural - Requisitos.

Com base nas orientações estabelecidas na NBR, é viável identificar diversas opções de destinação para resíduos e agregados reciclados na construção civil. Essas alternativas podem compreender a utilização como complementos para bases de pisos, aplicação como revestimentos primários em vias automotivas em determinados contextos, emprego na construção de calçadas, e, no cenário brasileiro, um foco

considerável na reutilização do concreto na produção de blocos e outros componentes pré-moldados que seguem processos de fabricação semelhantes.

De acordo com as pesquisas conduzidas por Sales e Santos (2009), esses estudos revelam resultados promissores, indicando que a reintegração do concreto pode gerar produtos com potencial para aplicação na construção civil. Isso não apenas contribui para a redução do desperdício de materiais, mas também impulsiona a sustentabilidade e a eficiência de recursos na indústria da construção.

Miranda (2005) enfatiza que o concreto, como um resíduo da construção civil de Classe A nobre, é notável devido à sua composição, que inclui uma quantidade significativa de material pétreo. Esse material possui a capacidade de ser reciclado para diversas aplicações, mas seu potencial é mais efetivamente aproveitado quando é utilizado na produção de novos concretos. No contexto brasileiro, o concreto é amplamente utilizado na construção civil, o que torna ainda mais importante o reaproveitamento de seus resíduos.

Os resíduos de Classe A, por serem considerados matérias-primas secundárias, geralmente requerem uma série de operações no processo de reciclagem, que envolvem o uso de equipamentos especializados. Os principais dispositivos utilizados no processamento de resíduos de Classe A incluem o alimentador vibratório, grelha vibratória, separadores magnéticos, britadores, moinhos e peneiras vibratórias. Também são empregados equipamentos de transporte, como transportadores de correia e elevadores de caneca ou de rosca. Esses equipamentos desempenham um papel fundamental na eficiência e na viabilidade da reciclagem de resíduos de Classe A, permitindo a reutilização desses materiais de forma eficaz na construção civil e em outras aplicações (MIRANDA, 2005).

Um campo de estudo promissor em nosso país para a aplicação de agregados de Classe A é na construção de pavimentos utilizando placas de concreto. Essa abordagem foi submetida a uma análise abrangente em relação a diferentes propriedades, como teor de materiais pulverulentos, massa específica aparente, absorção de água, massa unitária, composição granulométrica e impurezas orgânicas por Barbosa Júnior e Fortes (2008). Os resultados obtidos em ensaios de compressão e tração revelaram um significativo aumento na resistência, especialmente quando

agregados de material cerâmico foram empregados, sugerindo que esse material também tem potencial de uso, desde que seja dosado de forma adequada.

Os aglomerantes têm como principal função unir ou aglomerar outros materiais, e, por isso, são frequentemente misturados a outros tipos de materiais para atingir esse objetivo. As principais misturas envolvem a pasta (aglomerante e água), argamassa (aglomerante, agregado miúdo e água) e concreto (aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e água). Três dos principais aglomerantes usados na construção civil são o concreto, o gesso e a cal (THALITA, 2015).

A quantidade significativa de resíduos de Classe A encontrados em canteiros de obras não apenas permite a consideração de processos de reutilização, mas também oferece uma ampla oportunidade para iniciativas de produção restaurativa. Uma aplicação relevante está relacionada ao desenvolvimento de agregados reciclados de diferentes dimensões, que podem ser classificados como miúdos (quando passam pela peneira do britador com abertura de 4,8 mm) ou graúdos (quando passam pela peneira do britador com abertura de 12,5 mm). Os agregados desempenham um papel crucial no setor devido às diversas aplicações possíveis, incluindo a utilização em concreto magro, graute, base para contrapiso e muito mais.

Já os resíduos metálicos na construção civil, apesar de serem altamente recicláveis e duráveis, frequentemente envolvem métodos de extração não renováveis. No cenário atual, os produtos siderúrgicos têm ganhado crescente destaque na construção de edifícios desde a revolução industrial, devido às propriedades únicas dos metais, como brilho, opacidade, condutibilidade térmica e elétrica, dureza e maleabilidade. Os principais metais fornecidos pelas siderúrgicas para a cadeia de suprimentos da construção civil incluem ferro, cobre, alumínio, chumbo e aço (uma liga de ferro e carbono). Esses metais desempenham um papel fundamental nas obras, especialmente nas fases estruturais, devido à sua grande importância quantitativa (Paiva et al., 2018).

Outra categoria de materiais amplamente presente na construção civil são os materiais rochosos. Esses materiais têm seu ciclo de vida iniciado com a extração e a manufatura de rochas que se transformam em insumos cruciais, tais como pedras britadas, areia, componentes de misturas cerâmicas, pedras para revestimento e matérias-primas para a produção de cal e cimento. Dentre as principais rochas

utilizadas e fornecidas pela indústria para a construção civil, destacam-se granitos, basaltos, dioritos, arenitos, calcários, dolomitos, ardósias, quartzitos, mármore e gnaisses. Além disso, a madeira desempenha um papel de destaque nas obras de construção, devido às suas características de fácil trabalhabilidade, resistência e potencial de reutilização. Esse material é amplamente utilizado em diversas etapas da construção, incluindo a criação de formas para a concretagem de elementos estruturais, como pilares, vigas e sapatas, além de ser empregado em pisos, telhados e outras aplicações (Hagemann, 2011; Paiva et al., 2018).

Nesse contexto, a diversidade de resíduos abrangidos pelo setor da construção civil é extremamente vasta, incluindo uma categoria conhecida como "agregados". Esses resíduos desempenham um papel fundamental no segmento da construção civil e compõem aproximadamente 85% da massa dos produtos cimentícios. De acordo com a NBR 9935, os agregados podem ser definidos como resíduos de natureza granular pétreos, que não possuem forma ou volume definidos. Eles são, em sua maioria, quimicamente inertes e obtidos por meio de processos de fragmentação, sejam eles naturais ou artificiais. Esses agregados possuem dimensões e propriedades adequadas para serem utilizados em diversas obras de engenharia (Hagemann, 2011; Thalita, 2015).

Complementando os insumos utilizados na construção civil, os resíduos cerâmicos desempenham um papel fundamental. Eles consistem em resíduos inorgânicos não metálicos que passaram por tratamento térmico em altas temperaturas. Os resíduos cerâmicos apresentam diversas propriedades vantajosas, como alta estabilidade química, resistência à corrosão e ao calor, entre outras. Exemplos de resíduos cerâmicos amplamente utilizados na construção civil incluem blocos, tijolos, telhas cerâmicas e revestimentos cerâmicos.

5. ECONOMIA CIRCULAR E INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A crise ambiental é essencialmente impulsionada por três fatores principais: o crescimento da população, a crescente demanda por energia e materiais, e a geração de resíduos. Nesse contexto, o avanço da indústria da construção civil pode ter um impacto significativo no meio ambiente se não for devidamente planejado (QUEIROZ, 2016).

Observa-se que os princípios e práticas da economia circular podem ser aplicados de forma relevante nas operações da construção civil. Essas práticas se baseiam nos princípios dos "3Rs": Reduzir, Reciclar e Reutilizar. No entanto, de acordo com Godecke et al. (2012), o foco principal deveria ser a não geração de resíduos desde o início do processo. Além disso, como apontado por Dias (2010), além dos "3Rs", outros dois "Rs" também devem ser considerados: "Reeducar" para mudar o comportamento de consumo e "Replanejar" para reavaliar o que está sendo consumido. Nesse contexto, algumas fontes também usam o termo "Repensar" para transmitir o mesmo objetivo que o conceito de "Replanejar" engloba.

Para avançar na melhoria dos cuidados em prol da sustentabilidade, é essencial compreender, planejar e aprimorar a gestão de resíduos na indústria da construção. Nesse contexto, a economia circular (EC) recomenda que produtos, subprodutos e resíduos de um elemento do sistema possam ser recuperados e reutilizados por outros, seguindo o princípio de "waste is food" (o que é resíduo para um é recurso para outro). Isso se aplica tanto a fluxos biológicos quanto técnicos (Fundação Ellen Macarthur, 2012).

Para avançar na melhoria dos cuidados em prol da sustentabilidade, é essencial compreender, planejar e aprimorar a gestão de resíduos na indústria da construção. Nesse contexto, a economia circular (EC) recomenda que produtos, subprodutos e resíduos de um elemento do sistema possam ser recuperados e reutilizados por outros, seguindo o princípio de "waste is food" (o que é resíduo para um é recurso para outro). Isso se aplica tanto a fluxos biológicos quanto técnicos (Fundação Ellen Macarthur, 2012).

De acordo com Esa, Halog e Rigamonti (2017), ainda existe uma lacuna entre a implementação da Economia Circular no setor da construção civil e as pesquisas

acadêmicas. Há uma urgente necessidade de integrar os princípios da Economia Circular na indústria da construção civil, com o objetivo de reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar a geração de resíduos, visando criar um futuro mais sustentável.

O desperdício é uma consequência comum em todas as etapas do processo da construção civil. Isso pode ocorrer devido a excessos na aquisição de materiais ou na modelagem desses materiais para incorporação em processos específicos da obra, alinhados ao seu projeto arquitetônico (COCHRAN; TOWNSEND, 2010).

As estratégias de gestão da cadeia produtiva baseadas nos princípios da Economia Circular são aplicáveis a empreendimentos de todos os tamanhos. No entanto, especialmente no caso de empresas de pequeno porte, ainda existe uma significativa resistência à adoção desse modelo. As barreiras para a implementação são diversas e podem ser de natureza estrutural, cultural e contextual. Essas barreiras surgem devido à estrutura empresarial, à ausência de incentivos fiscais por parte dos governos e à natureza dinâmica da economia (LIU; BAI, 2014).

Conforme observado por Smol et al. (2015), é de extrema importância priorizar e aprimorar os indicadores de sustentabilidade e preocupação ambiental no setor da construção civil, uma vez que essa indústria desempenha um papel crucial tanto em países em desenvolvimento quanto em desenvolvidos, abrangendo todo o mundo. Portanto, a implementação do modelo de Economia Circular e seus princípios desempenha um papel fundamental no contexto desse setor.

A indústria da construção civil exerce uma influência significativa no desenvolvimento social e econômico de várias nações. Ao adotar práticas mais sustentáveis, ela também pode desempenhar um papel crucial na preservação do meio ambiente, proporcionando inúmeros benefícios para todos os países que implementarem esse modelo nesse setor (Smol et al., 2015).

A Economia Circular (EC) opera eficazmente em qualquer escala e se caracteriza por ser restaurativa e regenerativa. Ela visa manter produtos em alto nível de utilização e valor, promovendo uma continuidade em sua configuração e contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos naturais (Ellen MacArthur Foundation, 2015). De acordo com Noya et al. (2017), a EC

se caracteriza pelo uso eficiente de materiais e recursos no processo de produção, visando maximizar a utilização desses recursos e alcançar eficiência global.

A busca pela sustentabilidade requer alterações significativas nos padrões de produção, consumo e comportamento da sociedade atual. Portanto, é fundamental desenvolver mecanismos que permitam transformar os conceitos em ações efetivas, a fim de promover a transição de uma economia linear, caracterizada pelo consumo ineficiente de recursos, para uma economia circular.

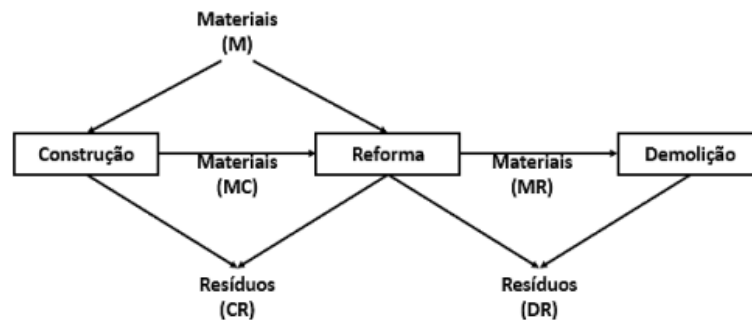
Conforme destacado pela Ellen MacArthur Foundation (2017), os princípios da Economia Circular, quando aplicados ao setor de edifícios e construção, abrangem todos os aspectos do processo de criação de um edifício. Isso inclui a adoção de construção modular, pré-fabricação e montagem fora do local, design para reforma, reutilização e reciclagem de materiais, bem como a consideração cuidadosa do gerenciamento de resíduos. Portanto, o sucesso de uma construção em termos de sustentabilidade, de acordo com os princípios da Economia Circular, está diretamente ligado à qualidade do planejamento e definição do projeto na fase inicial (SANCHEZ; HAAS, 2018).

A transição da Economia Linear (EL) para a Economia Circular (EC) na indústria da construção civil é crucial, uma vez que esse setor é um dos principais causadores de degradação ambiental (Pomponi; Moncaster, 2017). Os edifícios são compostos por produtos manufaturados que geralmente resultam de um único projeto bem definido, tornando-o um sistema complexo em que cada material interage no espaço e ao longo do tempo, tendo seu próprio ciclo de vida (Pomponi; Moncaster, 2017).

O desperdício gerado pela abordagem da Economia Linear nos ambientes de construção representa perdas significativas de minerais, metais e materiais orgânicos valiosos que poderiam ser reutilizados e remanufaturados se os princípios da Economia Circular fossem adequadamente aplicados (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

As atividades da construção civil geralmente podem ser categorizadas em três principais grupos: construção, reforma e demolição (Cochran; Townsend, 2010). Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) representam os materiais excedentes ou desperdícios gerados ao longo do ciclo de vida de uma edificação, como ilustrado na Figura 3 (Esa; Halog; Rigamonti, 2016).

Figura 3 - Fluxo de materiais na construção civil



Fonte: Cochran; Townsend (2010).

No contexto da construção, todos os processos geram algum grau de desperdício, que pode variar em magnitude, seja devido a compras excessivas de materiais ou à necessidade de personalização de materiais para se adequar ao design arquitetônico da obra (Cochran; Townsend, 2010).

Embora os princípios da Economia Circular sejam aplicáveis em empreendimentos de todos os tamanhos, ainda há resistência significativa à sua implementação, especialmente em pequenas empresas e projetos de menor porte. Essa resistência pode ser atribuída a diversas barreiras, incluindo questões estruturais, contextuais e culturais, que são influenciadas pela flexibilidade da economia, estrutura organizacional e falta de incentivos financeiros (Liu; Bai, 2014).

De acordo com Sauv e, Bernard e Sloan (2016, p. 52), a Economia Circular tem como objetivo "otimizar o uso de recursos, reduzir a polui o e o desperdício em cada etapa, na medida do possível e desejável". Pomponi e Moncaster (2017) destacam que a principal inova o dentro do conceito de Economia Circular reside na capacidade de dissociar o crescimento econômico e a rentabilidade do consumo crescente de recursos, permitindo, assim, o desenvolvimento econômico sustentável sem uma pressão cada vez maior sobre o meio ambiente.

Um fator que dificulta a implementa o da economia circular no setor da constru o civil   o preconceito em rela o   utiliza o de materiais reciclados e

reutilizados. De acordo com a tese de doutorado de MIRANDA (2005), houve relatos de grande resistência por parte dos pedreiros quanto ao uso de agregados reciclados, chegando ao ponto de recusarem fornecer garantia para serviços que utilizassem esses materiais. Além disso, algumas construtoras demonstram preocupações em relação ao uso de materiais reciclados, temendo que isso possa afetar a imagem da empresa perante os consumidores.

É importante ressaltar que as aplicações dos materiais recuperados estão sujeitas a regulamentações rigorosas e não representam riscos se forem implementadas de acordo com as normas estabelecidas. Além disso, a utilização adequada de resíduos pode resultar em redução de custos na obra, sem comprometer os padrões de qualidade (MIRANDA, 2005).

Neste contexto, a logística reversa desempenha um papel crucial na recuperação de materiais, componentes e produtos no final de sua vida útil, promovendo a eficiência do fluxo circular de recursos e bens. Além disso, ela ajuda a fortalecer as conexões entre os mercados e a aumentar a transparência nas cadeias de suprimentos. Um elemento facilitador para aprimorar a gestão de resíduos é a localização estratégica do operador logístico, idealmente posicionado de forma equidistante em relação às unidades de triagem. Isso reduz o tempo gasto em deslocamentos, o consumo de combustíveis, as emissões de poluentes e, conseqüentemente, os custos de transporte (Antonelli et al., 2019; Fundação Ellen Macarthur, 2013).

Conforme Fonseca e Maintinguer (2019), na indústria da construção, a logística reversa está predominantemente associada à prática da reciclagem. No entanto, essa prática enfrenta desafios significativos devido ao fato de que a maioria dos materiais nesse setor não mantém sua forma e funcionalidade após o uso. Diversos fatores dificultam a reciclagem de resíduos da construção civil (RCC), incluindo a dificuldade de identificação e separação dos resíduos, os altos custos de transporte e coleta, a necessidade de estoque para proteger a produção, a inviabilidade econômica de tecnologias de reciclagem, variações nos preços das matérias-primas originais, entre outros desafios (FONSECA; MAINTINGUER., 2019).

Em conclusão, a logística reversa desempenha um papel crucial no contexto empresarial, oferecendo um diferencial competitivo no mercado, contribuindo para o

cumprimento de obrigações legais e regulamentares e atendendo às expectativas dos clientes. Além disso, desempenha um papel significativo na promoção de práticas ecologicamente corretas e sustentáveis, o que é fundamental para a preservação do meio ambiente (LEITE, 2003).

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar os princípios da Economia Circular no contexto da construção civil. Embora o tema possa parecer novo, muitos países e grandes empresas reconhecem a importância desse conceito e estão progressivamente adotando os princípios fundamentais da Economia Circular. Isso implica em desafiar a ideia tradicional de resíduos e substituí-la por abordagens e sistemas que priorizam a recuperação e reutilização de materiais. Esse movimento representa um avanço significativo em direção a práticas mais sustentáveis e eficientes em termos de recursos.

A revisão da literatura revelou que tanto os conceitos da Economia Circular quanto da Sustentabilidade compartilham o objetivo de reorganizar a exploração de matérias-primas limitadas para beneficiar a economia, o meio ambiente e a sociedade. Quando aplicados à construção civil, esses conceitos podem resultar em menos impactos ambientais nas atividades de construção, demolição ou reforma, independentemente do tamanho da obra.

A transição da Economia Linear para a Economia Circular surge como uma alternativa eficaz para reformular os fluxos de resíduos sólidos da construção civil. Isso ocorre porque a Economia Circular promove o reuso de materiais, tanto dentro quanto fora de suas cadeias produtivas originais, enquanto respeita os limites ambientais e gera benefícios econômicos para as organizações que a adotam.

No entanto, para maximizar os lucros por meio da Economia Circular, as empresas precisam de um planejamento logístico reverso mais complexo, já que os resíduos gerados devem retornar às fábricas para serem reprocessados. Segundo Stocher (2019), a visibilidade de sistemas de coleta de resíduos pode atrair clientes, criando a percepção de responsabilidade sustentável por parte das organizações. No entanto, se a reutilização de materiais for realizada internamente pelas empresas, um planejamento cuidadoso da disposição desses materiais no layout disponível é necessário para não interferir no fluxo de produção.

A implementação dos conceitos da Economia Circular no ambiente construtivo exigirá tempo, uma vez que tanto os empreendedores quanto os clientes mostram resistência a novas metodologias. Foi observado também que o consumidor final

desempenha um papel decisivo ao incentivar a aplicação da Economia Circular. Se os consumidores adquirirem mais produtos sustentáveis, as empresas tenderão a investir mais na reutilização de materiais e a promovê-los por meio de estratégias de marketing.

É importante mencionar que este estudo tem suas limitações devido ao tamanho da amostra e ao método de pesquisa escolhido. Futuras pesquisas podem ampliar o tamanho da amostra, focando nos materiais mais utilizados na construção civil da região e investigando o destino desses resíduos e rejeitos. Isso ajudaria a verificar se existe um processo de Economia Circular em andamento na região. Além disso, pesquisas futuras podem analisar os fatores sistêmicos que influenciam a reestruturação do modelo produtivo atual (linear) e identificar os obstáculos encontrados nesse processo.

REFERÊNCIAS

- ABRELP. Panorama de resíduos sólidos no Brasil 2016. Disponível em: **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 20, n. 2, p. 449-471, 2020 468
http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho_2018/panoramaanexos2016.pdf. Acesso em: 04 out. 2023
- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA), 2015. Como atingir a meta de 70% de valorização de RCD 2020. **Auditório da Agência Portuguesa do Ambiente (APA)**, 2015.
- ASSADOURIAN, Erik. Ascensão e queda das culturas de consumo. **Worldwatch Institute. Estado do Mundo**, 2010.
- BARBOSA JÚNIOR, Álvaro Sérgio Barbosa; FORTES, Rita Moura. Estudo da utilização de agregado reciclado em misturas de concreto de cimento Portland para pavimentação. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**, 2008, Salvador. Anais... Salvador, 2008.
- BARRETO, IMCBN. Gestão de resíduos na construção civil. **Sergipe: Sinduscon**, 2005.
- Berndtsson, Malou. **Circular Economy and Sustainable development**. Tese de mestrado em Desenvolvimento Sustentável, Department of Earth and Sciences, Uppsala University, 2015.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 3 out. 2023.
- COCHRAN, Kimberly Marie; TOWNSEND, Timothy G. Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. **Waste management**, v. 30, n. 11, p. 2247-2254, 2010.
- CONAMA. **Resolução nº 307, de 2 de janeiro de 2003**. Resíduos da Construção Civil - Lei Federal GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2010. Disponível em: <https://www.sinduscon-caxias.com.br/uploads/files/legfedresolucao307.pdf> Acesso em: 3 out. 2023
- COSTA, Inês. Economia Circular: Liderar a transição. **REA-Relatório do Estado do Ambiente Portugal 2017**. APA, 2017.
- DE AZEVEDO, Juliana Laboissière. A Economia Circular Aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: **XI Congresso Nacional de Excelência em gestão**. Rio de Janeiro 2015.
- DIAS, Genebaldo Freire. **Quarenta contribuições pessoais para a sustentabilidade**. São Paulo. Editora Global. 2010.

EDWARDS, Brian. O guia básico para a sustentabilidade. 2ª edição. **Barcelona: Editorial Gustavo Gilli**, 2005.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição**, 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economiacircular_SumarioExecutivo.pdf. Acesso em: 23 set. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Towards the Circular Economy**, v. 1, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthurFoundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf> Acesso em: 23 set. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Uma economia circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial**, 2017. Disponível em https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-EconomiaCircular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf Acesso em: 23 set. 2023.

ESA, Mohd Reza; HALOG, Anthony; RIGAMONTI, Lucia. Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, p. 1144-1154, 2017.

FIKSEL, Joseph. **Design for environment: a guide to sustainable product development**. New York: McGraw-Hill Education, 2009.

FONSECA, Maria Julia M.; MAINTINGUER, Sandra I. Aplicação da logística reversa na construção civil como mecanismo ambiental sustentável em políticas públicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 140-149, 2019.

GEISSDOERFER, Martin et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GEJER, L.; TENNENBAUM, C. **Os três princípios do design circular do berço ao berço: ideia circular**. São Paulo, 2017

GODECKE, Marcos Vinicius; NAIME, Roberto Harb; FIGUEIREDO, João Alcione Sganderla. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, p. 1700-1712, 2012.

HILSDORF, Wilson et al. Aplicação de ferramentas do lean manufacturing: estudo de caso em uma indústria de remanufatura. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 2, p. 640-667, 2019.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LIU, Yong; BAI, Yin. An exploration of firms' awareness and behavior of developing circular economy: Empirical research in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 87, p. 145-152, 2014.

LUZ, Beatriz et al. Economia circular Holanda: Brasil: da teoria à prática. **Rio de Janeiro: Exchange**, v. 4, 2017.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil**. 2005. Tese (Doutorado, Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

MONTEIRO, Monica (Ed.). Economia Circular. **Start & Go**, Lisboa, v. 1, n. 20, p.3-3, abr. 2018.

NBR 15.112: **Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação**. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 15.114: **Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação**. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 15.115: **Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 15.116: **Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004

NOYA, Isabel et al. Environmental assessment of the entire pork value chain in Catalonia–A strategy to work towards Circular Economy. **Science of the Total Environment**, v. 589, p. 122-129, 2017.

PAIVA FILHO, Julio Cesar de et al. Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil. **Revista Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n.3, p.1-7, 2018.

PINHEIRO, Manuel. Construção sustentável: mito ou realidade. In: VII **Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente**. Lisboa, 2003.

POMPONI, Francesco; MONCASTER, Alice. Circular economy for the built environment: A research framework. **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 710-718, 2017.

PORTILHO, Fátima. **Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania**. 2ªed. São Paulo: Cortez, 2010.

QUEIROZ, Neucy Teixeira. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 255-263, 2016.

SALES, ATC; SANTOS, D. G. Aplicação de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção em Blocos Pré-Moldados de Vedação. **ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO**, Feira de Santana. Anais... Porto Alegre: ANTAC, p. 496-505, 2009.

SANCHEZ, Benjamin; HAAS, Carl. Capital project planning for a circular economy. **Construction management and economics**, v. 36, n. 6, p. 303-312, 2018.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental development**, v. 17, p. 48-56, 2016.

SMOL, Marzena et al. The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 45-54, 2015.

STOCHER, Francielli Moreira et al. A logística reversa no setor farmacêutico. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 3, p. 1069-1093, 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Shaping the future of construction, a breakthrough in mindset and technology**. 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

SMART WASTE PORTUGAL, 2017. **A transição para a economia circular: a colaboração entre entidades e as novas oportunidades de negócios**.

VALLE, Cyro Eyer. Qualidade Ambiental: ISO 14000. 4ªed. **São Paulo: Ed. Senac**, 2002.

VEIGA, Rosângela Mendanha da. **Do Lixão a Economia Circular: Um salto Possível?**. 2019. 418 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

YOUNG, William et al. Sustainable consumption: green consumer behaviour when purchasing products. **Sustainable development**, v. 18, n. 1, p. 20-31, 2010.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140 p. 1997. Tese de Doutorado. Tese (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas.