UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO E ASSUNTOS ESTUDANTIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Leonardo Fernandes Mitsuru
Paulo Vinicius Cressio

ESTUDO DE VIABILIDADE DA ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL ABRANGENDO OS MATERIAIS DESCARTADOS

Sorocaba/SP
2023

Leonardo Fernandes Mitsuru
Paulo Vinicius Cressio

ESTUDO DE VIABILIDADE DA ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL ABRANGENDO OS MATERIAIS DESCARTADOS

Trabalho de Conclusão de Curso – Projeto apresentado como exigência parcial para obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade de Sorocaba.

Orientadores: Prof. Me. Mário Sergio Killian

Sorocaba/SP
2023

Leonardo Fernandes Mitsuru
Paulo Vinícius Cressio

ESTUDO DE VIABILIDADE DA ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL ABRANGENDO OS MATERIAIS DESCARTADOS

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: 05/06/2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Mário Sérgio Killian
Universidade de Sorocaba

Prof.(a) Ma. Cibeli Nieri
Universidade de Sorocaba

Prof.(a) Ma. Fernanda Otavia Dias Amadio Nascimento
Universidade de Sorocaba

Prof.(a) Ma. Miriam Rodrigues Iuama
Universidade de Sorocaba

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os envolvidos por mais uma etapa importantíssima concluída em nossas vidas.

À Universidade UNISO que proporcionou as ferramentas necessárias para que nós pudéssemos chegar ao final desse curso.

Aos professores do curso de Engenharia Civil que contribuíram através dos conhecimentos transmitidos com um excelente aprendizado e dedicação.

Não podemos deixar de mencionar o apoio que recebemos ao longo desta jornada. Agradecemos o orientador, Professor Mestre Mário Sergio Killian por sua orientação contínua, estímulo e disponibilidade para esclarecer nossas dúvidas. Sua mentoria foi fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento do nosso Trabalho.

Aos colegas do curso pela vivência, onde todos os dias, compartilharam das suas experiências e fizeram com que o grupo tivesse crescimento ao passar dos semestres tendo uma evolução gratificante. A nossos amigos que fizeram parte desta etapa decisiva nas nossas vidas. E a todos familiares que sempre fazem de tudo para que chegássemos a esta fase das nossas vidas da forma mais satisfatória possível, apoiando e incentivando a cada momento durante todo o curso.

RESUMO

A Construção Civil, por meio da tecnologia, vem tendo avanços nos últimos tempos. O modelo de produção utilizado a décadas, com a ideologia de extrair recursos, consumi-los e descarta-los, vem sendo substituído por um sistema onde a sustentabilidade, equilíbrio, conservação ambiental e econômica são relevantes para um bom processo de qualidade do sistema. O descarte de resíduos da construção civil em aterros é uma prática comum, mas pode ser dispendiosa e pouco sustentável. A disposição final em aterros requer espaço físico, mão de obra e equipamentos especializados, além de gerar custos de transporte, operação e manutenção. Já a reciclagem de materiais da construção civil, por outro lado, pode ser economicamente vantajosa. Alguns materiais, como concreto, tijolos, cerâmicas, vidros e metais, podem ser reciclados e reutilizados na própria obra, em outras obras e para beneficiamento em outras atividades, assim como reutilizar os recursos financeiros oriundos da venda das matérias recicladas. Isso pode reduzir os custos de produção, diminuir o volume de resíduos a serem dispostos em aterros, e ainda gerar receita com a venda dos materiais reciclados. Além disso, a reciclagem de materiais da construção civil pode trazer benefícios ambientais e sociais, como a redução da extração de recursos naturais, a economia de energia e a geração de empregos na cadeia de reciclagem. Porém, é importante ressaltar que a viabilidade econômica da reciclagem de materiais da Construção Civil depende de fatores como a quantidade e qualidade dos resíduos gerados, para um resultado satisfatório, porém o simples fato de reciclar o material que seria descartado gera retornos positivos. Portanto, é necessário que haja um planejamento adequado para a gestão dos resíduos da construção civil, com a adoção de práticas sustentáveis que levem em conta não apenas o aspecto econômico, mas também o ambiental e social gerando benefícios para os geradores dos resíduos. Tendo como resultados neste trabalho, a comprovação da viabilidade da economia circular, gerando saldo positivo para o gerador, assim como uma gestão ecologicamente correta.

Palavras chaves: Economia circular. Resíduos da Construção Civil. Gestão de resíduos.

ABSTRACT

The Construction Industry, through technology, has been making advancements in recent times. The production model used for decades, with the ideology of extracting resources, consuming them, and disposing of them, is being replaced by a system where sustainability, balance, environmental and economic conservation are relevant for a good quality process of the system. The disposal of construction waste in landfills is a common practice, but it can be costly and environmentally unsustainable. Final disposal in landfills requires physical space, labor, and specialized equipment, in addition to generating costs for transportation, operation, and maintenance. On the other hand, recycling construction materials can be economically advantageous. Some materials, such as concrete, bricks, ceramics, glass, and metals, can be recycled and reused in the same project, in other projects, or for processing in other activities, as well as reusing the financial resources from the sale of recycled materials. This can reduce production costs, decrease the volume of waste to be disposed of in landfills, and also generate revenue from the sale of recycled materials. In addition, recycling construction materials can bring environmental and social benefits, such as reducing the extraction of natural resources, saving energy, and creating jobs in the recycling chain. However, it is important to emphasize that the economic viability of recycling construction materials depends on factors such as the quantity and quality of the waste generated, for a satisfactory result. Nevertheless, the mere act of recycling materials that would otherwise be discarded generates positive returns. Therefore, it is necessary to have proper planning for the management of construction waste, with the adoption of sustainable practices that take into account not only the economic aspect but also the environmental and social aspects, generating benefits for the waste generators. Having as results in this work, the confirmation of the viability of the circular economy, generating a positive balance for the generator, as well as environmentally friendly management.

Keywords: Circular Economy. Civil Construction Waste. Waste management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fluxograma de processos de reciclagem em Usina.....27
Figura 2- Localização do Aterro de Inertes 2013 – 203.923,75 m².....29
Figura 3- Localização do Aterro de Inertes 2022 – 356.856,44 m².....30
Figura 4 - Entrada do Aterro de Resíduos Inertes da Cidade de Sorocaba.....31
Figura 5- Local de descarte no Aterro de Inertes de Sorocaba.....33
Figura 6- Separação dos resíduos no Aterro.....34
Figura 7- Materiais separados em caçambas Roll on Roll off.....35
Figura 8- Esquema geral do conjunto de britagem de cada equipamento.....36
Figura 9- Máquinas beneficiadoras de Entulho no Aterro de Inertes de Sorocaba.....37
Figura 10- Fluxograma de Reciclagem do RCC.....40
Figura 11- Relação reciclagem x caçambas da Residência 1.....48
Figura 12- Relação reciclagem x caçambas da Residência 2 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reciclagem anual de entulho no Aterro de Inertes.....38
Tabela 2- Fornecedores de Locação de caçamba na cidade de Sorocaba.....43
Tabela 3- Valores dos Materiais reciclados em Sorocaba.....44
Tabela 4- Valores dos Materiais separados da Residência 1.....45
Tabela 5- Valores dos Materiais separados da Residência 2.....46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classes dos resíduos.....17
Quadro 2- Identificação dos resíduos por etapa da obra e possível reaproveitamento.....18
Quadro 3- Resíduos gerados mensalmente no canteiro de obras de Janeiro a Junho de 2022.....22
Quadro 4- Identificação dos resíduos por etapa da Residência 1.....23
Quadro 5- Identificação dos resíduos por etapa da Residência 2.....23
Quadro 6- Materiais selecionados no aterro de inertes.....33
Quadro 7- Encaminhamento do material triado.....35
Quadro 8- Operações de materiais selecionados na triagem no Aterro de Inerte.....36
Quadro 9- Valores arrecadados pela venda dos resíduos da Residência 1.....47
Quadro 10- Valores arrecadados pela venda dos resíduos da Residência 2.…48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Valores gastos com caçamba na Residência 1 42
Gráfico 2- Valores gastos com caçamba na Residência 2.....42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RCD	**Resíduo da Construção e Demolição (RCD)**
RCC	**Resíduo da Construção Civil (RCC)**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 OBJETIVOS 14

2.1 Objetivo Geral 14

2.2 Objetivos Específicos 14

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 15

4 DESENVOLVIMENTO 16

4.1 Resíduos sólidos na construção civil 16

4.2 Classificação dos resíduos da construção civil 17

4.3 Causas da geração de resíduos sólidos da construção civil 18

4.4 Gestão de resíduos 19

5 METODOLOGIA 21

5.1 Levantamento de descartes de resíduos no condomínio fechado 22

6 GERENCIAMENTO 24

6.1 Gerenciamento Ambiental na Construção Civil 24

6.2 Economia Circular 25

6.3 Processamento dos materiais descartados 26

7 ATERRO DE INERTES DA CIDADE DE SOROCABA 28

7.1 Área de estudo 32

8 ALTERNATIVAS PARA O REAPROVEITAMENTO DOS MATERIAIS SELECIONADOS 39

9 ANÁLISE FINANCEIRA DA RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL 41

10 CONCLUSÃO 50

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

Vivenciamos, nas últimas décadas, avanços tecnológicos que resultaram em mudanças significativas da civilização. Sendo exemplo o alto crescimento populacional mundial. Assim como, o intenso e continuo impacto ambiental resultante de práticas humanas e fenômenos naturais, oriundos da má e excessiva utilização dos recursos naturais.

O vigente modelo econômico é o linear, que é descendente das revoluções industriais passadas. Na qual possui a ideologia de extrair recursos, consumi-los e descarta-los. Este modelo advém de métodos que somam a resíduos descartados desde o processo de fabricação até o fim da vida de um produto, sendo responsável por deteriorar o sistema, bem como minar com os recursos naturais. (WEETMAN, 2019).

A gestão eficiente nos canteiros de obras é de extrema importância, mesmo que não haja a implementação de técnicas adequadas para a redução efetiva do impacto ambiental causado pela indústria da construção civil (ZANUTTO, 2012).

À custa desse sistema de produção arcaico, que possui ritmo resultante em escassez de recursos, e um possível déficit significativo e irreversível do sistema ambiental, hodiernamente, outros sistemas precisam ser estudados e colocados em prática numa busca pela sustentabilidade, equilíbrio e conservação ambiental. E o que se faz necessário é a transição do atual sistema para um novo e mais sustentável, com foco em reutilizar, reciclar e reduzir os recursos, a fim de desenhar e instaurar um novo sistema de produção, ou seja, um modelo econômico circular (MACATHUR, 2014).

O setor da construção civil, utilizando-se do sistema linear, dispõe de problemas que englobam a geração de resíduos sólidos oriundos de erros humanos na má execução de um trabalho, avarias no transporte, entre outros resultando no descarte dos mesmos, no entanto, estes resíduos não são utilizados, o que gera um problema ambiental. E ao abranger uma economia circular, tais resíduos descartados serão inseridos no sistema como um recurso novamente, na qual será reaproveitado, tornando-se um material com um prisma mais sustentável. Essa mudança é importante e necessita de apoio das empresas para que haja um entendimento da viabilidade de praticar e inserir no mercado e nos modelos de construção civil, uma alternativa mais sustentável e com foco em aproveitamento do descarte constante de

obras civis, ou seja, buscar viabilizar uma construção circular, na qual será utilizado os recursos de desperdício e descarte como fonte de reutilização e reinserção de matéria prima.

Finalmente, teve como objetivo nesse trabalho identificar a viabilidade da economia circular na construção civil. Para analisarmos os dados fora estudado o aterro de inertes de Sorocaba, por meio de identificar os materiais descartados e a separação dos resíduos que podem ser beneficiados, eles como, resíduos de demolição, madeiras, plásticos, ferros, cobres e entre outros resíduos que podem ter novas utilidades.

Tendo em vista os materiais beneficiados, fora exemplificados métodos e medidas para a reutilização e aplicação dos resíduos, gerando economia aos utilizadores podendo substituir o novo pelo reciclado, tendo uma visão eco sustentável, e proporcionando uma gestão financeira positiva em relação aos desperdícios, monetizando ou igualando o gasto dos descartes efetuados em obras. A utilização dos recursos e dos desperdícios permitirá entender a viabilidade do sistema circular.

2 OBJETIVOS

A realização deste trabalho, visa alcançar os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo Geral

Compreender a viabilidade da economia circular na construção civil abrangendo os materiais descartados.

2.2 Objetivos Específicos

Para tanto, é necessário entender sobre a Economia Circular e estabelecer os seguintes objetivos específicos:

a) Investigar os conceitos e princípios da Economia Circular;

b) Atinar a aplicabilidade da Economia Circular na construção civil e nos materiais descartados;

c) Averiguar a viabilidade da Economia Circular na abordagem referida.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É exposto neste tópico o tipo de pesquisa abordado neste trabalho de conclusão e as devidas técnicas utilizadas para sua efetuação. Neste ínterim serão dispostos a realização da pesquisa. Assim como os procedimentos aplicados para sua elaboração.

A Metodologia da Pesquisa utiliza do reconhecimento e a validação do conhecimento organizado e construído através de cada área das ciências aplicadas, sendo um elemento fundamental para as pesquisas acadêmicas. Denomina-se, quanto a abordagem, duas principais características de pesquisa, sendo elas, qualitativa e quantitativa (BERTO & NAKANO, 1998). Na qual, diferenciam-se na ausência ou não da quantificação dos dados coletados e interpretados, ainda, Van Maanem apud Berto & Nakano (1998) discorre que tal pesquisa objetiva mitigar a distância entre a teoria e dados, entre o contexto e a ação. O presente trabalho fora realizado utilizando-se da pesquisa qualitativa básica, na qual, visa analisar a viabilidade da Economia Circular, onde realizará pesquisa em condomínios fechados. Ainda, usou-se do método de Estudo de Caso, que segundo Gil (2008), envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos permitindo-se o seu amplo e detalhado conhecimento. O autor ainda ressalta que há uma base no objetivo de proporcionar visão geral, em relação a um determinado fato, constituindo na primeira etapa uma investigação, levando em conta atender uma revisão da literatura, discussão com especialistas e outros procedimentos, determinou-se seguir a natureza da relação entre as variáveis estudadas, estabelecendo a característica exploratória para o estudo.

Numa pesquisa, é de suma importância a determinação de seu propósito, onde são dispostos quatro tipos básicos, sendo eles: exploratório, descritivo, explanatório e preditivo, (DANE, 1990, YIN, 1994, MARSHALL E ROSSMAN, 1995). Por fim, fora realizado uma pesquisa bibliográfica oriunda do levantamento de referências teóricas publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de web sites. Na qual, obteve-se acesso aos principais temas abordados a respeito da viabilidade da economia circular na construção civil, abrangendo os materiais descartados.

4 DESENVOLVIMENTO

Para compreender sobre o assunto, será colocado em estudo, a classes dos resíduos, identificação dos resíduos por etapa da obra, causas da geração de resíduos e gestão do mesmo.

4.1 Resíduos sólidos na construção civil

Com aumento significativo das atividades da construção civil, a quantidade de resíduos, tais como restos de materiais cerâmicos, madeiras, argamassa e seus componentes, aumentam proporcionalmente, uma vez que são oriundos da construção. Para tanto, há uma subdivisão de 2 grupos para resíduos, segundo (SILVA, A.F.F. 2007), sendo eles:

1. Resíduo da Construção e Demolição (RCD);
2. Resíduo da Construção Civil (RCC);

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece parâmetros para gerenciar os resíduos da construção civil:

> Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Os resíduos são subdivididos em quatro classes, segundo resolução do Conama 348/2004, demostrados no quadro 1, a seguir:

Quadro 1- Classes dos resíduos

Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, materiais de demolição, solo proveniente de terraplanagem, tijolos, blocos, placas, telhas, tubos.
Classe B	Resíduos recicláveis, porém, destinados para outros fins, como os metais, madeiras, papelões e vidros.
Classe C	Desenvolvido tecnologia ou economicamente viável para recuperação como o gesso.
Classe D	Resíduos perigosos como o amianto, tintas e solventes que possuem um alto risco de contaminação do meio ambiente.

Fonte: BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução 348, de 16 de agosto de 2004.

4.2 Classificação dos resíduos da construção civil

É de suma importância caracterizar os RCCs produzidos em cada etapa da obra. Uma vez que há um melhor entendimento do melhor momento para se reutilizar e/ou reaproveitar cada classe, assim como a quantidade de resíduos que fora produzido. O Quadro 2 demonstra a identificação dos resíduos em cada etapa do projeto, tal qual dados estatísticos e indicadores que colaboram para um planejamento mais assertivo quanto a minimização da geração de resíduos da construção civil, sendo ela:

Quadro 2- Identificação dos resíduos por etapa da obra e possível reaproveitamento

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS	POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO NO CANTEIRO	POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO FORA DO CANTEIRO
LIMPEZA DO TERRENO	SOLOS	REATERROS	ATERROS
	ROCHAS, VEGETAÇÃO, GALHOS	-	-
MONTAGEM DO CANTEIRO	BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA; BRITA).	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	MADEIRAS	FORMAS/ESCORAS/ TRAVAMENTOS (GRAVATAS)	LENHA
FUNDAÇÕES	SOLOS	REATERROS	ATERROS
	ROCHAS	JARDINAGEM, MUROS DE ARRIMO	-
SUPERESTRUTURA	CONCRETO (AREIA; BRITA)	BASE DE PISO; ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	MADEIRA	CERCAS; PORTÕES	LENHA
	SUCATA DE FERRO, FÔRMAS PLÁSTICAS	REFORÇO PARA CONTRAPISOS	RECICLAGEM
ALVENARIA	BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS, ARGAMASSAS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PAPEL, PLÁSTICO	-	RECICLAGEM
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS	BLOCOS CERÂMICOS	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PVC; PPR	-	RECICLAGEM
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	BLOCOS CERÂMICOS	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	CONDUITES, MANGUEIRA, FIO DE COBRE	-	RECICLAGEM
REBOCO INTERNO/EXTERNO	ARGAMASSA	ARGAMASSA	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
REVESTIMENTOS	PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS	-	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PISO LAMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTCO	-	RECICLAGEM
FORRO DE GESSO	PLACAS DE GESSO ACARTONADO	READEQUAÇÃO EM ÁREAS COMUNS	-
PINTURAS	TINTAS, SELADORAS, VERNIZES, TEXTURA	-	RECICLAGEM
COBERTURAS	MADEIRAS	-	LENHA
	CACOS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO	-	-

Fonte: Valotto (2007) apud Lima & Lima (2009)

4.3 Causas da geração de resíduos sólidos da construção civil

Há diversos fatores que contribuem para a geração de resíduos da construção civil. Porém, algumas causas mais comuns quanto a essa prática é a reforma de construções já existentes. Uma vez que por necessitarem de um aumento ou modificação geram resíduos.

Ademais, tais modificações, sejam parciais ou totais, de uma área construída, visando uma nova edificação ou uma reforma geram resíduos. Ainda, essas demolições podem ser realizadas através de uma demolição manual, mecânica ou por auxilio de explosivos. Que acabam sendo responsáveis pelo mal planejamento de urbanização, assim como geram problemas que necessitam de mais reformas ou adaptações (LIMA, 2001).

Outra causa importante a ser relatada é a de superprodução. Na qual há um preparo superior ao que fora planejado para uso, resultando em resíduos para obra. E são bons exemplos argamassa e gesso preparados além do necessário para cota diária.

Por fim, Lima (2001) ainda acrescenta quanto as causas de produção de resíduos mais comuns, as danificações por erros de manuseio de material, como exemplos tijolos, ladrilhos, pisos, telhas e blocos quebrados. E materiais de vida útil reduzida, que também somam a essa geração de resíduos, tais como estruturas pré-moldadas de concreto ou falta de serviços e bens de construção com qualidade que se revertem a perdas de material.

4.4 Gestão de resíduos

Quando falamos em resíduos, notamos que quando realizado a sua reciclagem, há inúmeras vantagens, tais como sociais, ambientais, econômicas. Haja visto que há redução quanto ao volume a ser coletado, podendo assim mitigar as despesas com a captação do material. Quanto a vantagem econômica tem-se como exemplo a diminuição de custos, uma vez que há o reaproveitamento dos materiais. E por fim, no âmbito ambiental, há a diminuição dos aterros e preservação ambiental (DIAS, 2006).

À medida que são devidamente reciclados, os resíduos possuem qualidades e características iguais ou até superiores aos materiais originais. Existe um grande número de técnicas e metodologias que aprimoram a qualidade dos agregados. O principal é conhecer as suas qualidades e compatibilidades com os tipos de aplicação nas obras, conseguindo assim um bom aproveitamento. (FERNANDES e TEIXERA, 2006).

Por fim, outra vantagem importante ao se reciclar entulho é a redução da área para disposição de resíduos de construção, pois a reciclagem ou reutilização desses materiais terão um proposito sustentável. Ainda, outro benefício é a redução do consumo de energia nas indústrias que fabricam os materiais de construção civil, sendo um bom exemplo a produção de cimento, que advém de um intensivo consumo de energia. Enfim, no âmbito ambiental tem-se a redução de emissão de poluentes, na qual mitiga os danos que tais gases causam na atmosfera, assim como seus

resíduos na natureza, visando ainda a redução de consumo e preservação dos recursos hídricos (DIAS, 2007).

5 METODOLOGIA

O estudo de caso fora desenvolvido nos canteiros de obras em um residencial localizado na cidade de Porto Feliz- SP. A Residência 1 apresentava-se em fase final, enquanto a Residência 2, em fase inicial. Quanto as metragens de área construída, temos, respectivamente, a Residência 1 dispondo de 448m² e a Residência 2 contendo 524m², na qual, ambas são implantadas num terreno de 1500m².

Fora executado um controle dos resíduos dentro do canteiro de obras. Buscando levantar a geração de RCC's nas obras citadas acima. Em que utilizou-se do número de caçambas para determinar quantos metros cúbicos as duas residências descartaram no período entre janeiro a junho de 2022.

A pesquisa foi baseada na NBR 15115/2004, que se aplica a reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados. Na qual, podem ser utilizados em obras de infraestrutura e edificações. A norma trabalha especificamente com os resíduos da Classe A, que podem ser reaproveitados na própria obra e fora dela, em usinas de reciclagem e aterros de resíduos da construção civil, de forma que a armazenagem permita sua reutilização ou reciclagem futura.

A construtora Adriano Ogushi forneceu os dados para o estudo de caso por meio do gerenciamento de resíduos dos canteiros de obras. O qual estabelecia as responsabilidades e os requisitos para o controle dos resíduos gerados na obra. E garantindo que os descartes dos RCC estivessem de acordo com as normas Municipais, Estaduais e Federais do meio ambiente.

5.1 Levantamento de descartes de resíduos no condomínio fechado

No Quadro 3, encontra-se os volumes de resíduos descartados nos seguintes meses citados, sendo ela:

Quadro 3- Resíduos gerados mensalmente no canteiro de obras de Janeiro a Junho de 2022

Controle de Resíduos Gerados (m³)						
	Janeiro	**Fevereiro**	**Março**	**Abril**	**Maio**	**Junho**
Residência 1	15	20	10	15	25	20
Residência 2	20	25	20	20	20	15

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao decorrer do estudo, fora apresentado os seguintes serviços quanto aos canteiros de obra, sendo:

- Residência 1: Revestimentos (rebocos externos e internos), instalação de gesso nos forros dos pavimentos térreo e superior, instalação elétrica, ajustes hidráulicos, revestimento paredes e pisos, pintura, paisagismo, e limpeza final.
- Residência 2: Montagem do canteiro de obras, concretagem da fundação, montagem das formas das vigas baldrames, alvenaria de vedação, formas das vigas superiores, montagem da laje superior e concretagem das vigas superiores e laje.

O controle dos resíduos no canteiro fora realizado por meio da soma de caçambas de volume de 5 m³ cada.

E as tabelas 4 e 5 a seguir, foram desenvolvidas baseadas nos dados coletados, onde fora possível determinar os principais resíduos e a proporção gerada em cada etapa das residências 1 e 2, respectivamente. Sendo elas:

Quadro 4- Identificação dos resíduos por etapa da Residência 1

JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO	
Argamassa	40%	Argamassa	35%	Tubos PVC	5%
Plástico	15%	Plástico	15%	Plástico	5%
Madeira	35%	Madeira	37%	Madeira	30%
Papel	10%	Papel	10%	Gesso	30%
		Cabos elétricos	2%	Pisos	30%
ABRIL		**MAIO**		**JUNHO**	
Pintura	20%	Pintura	30%	Grama	20%
Plástico	10%	Plástico	10%	Terra	40%
Madeira	20%	Madeira	20%	Limpeza	40%
Gesso	20%	Terra	40%		
Piso	30%				

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 5- Identificação dos resíduos por etapa da Residência 2

JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO	
Madeira	50%	Madeira	50%	Blocos	20%
Ferro	10%	Ferro	10%	Entulho	50%
Terra	20%	Concreto	40%	Concreto	30%
Concreto	20%				
ABRIL		**MAIO**		**JUNHO**	
Madeira	40%	Madeira	50%	EPS	30%
Blocos	30%	Blocos	20%	Madeira	20%
Entulho	20%	Entulho	20%	Ferro	10%
Ferro	10%	Ferro	10%	Entulho	40%

Fonte: Elaborado pelos autores

O estudo demonstrou quanto a Residência 1, que se encontra na fase final, obteve um total de 105 m^3 de RCC, no período de janeiro a junho. Ainda, quanto a classificação dos RCC, esta residência obteve materiais de classes A, B, C e D. Ademais, somou uma média de gasto de R$ 6.400,00 em caçambas para seus resíduos.

Já a Residência 2, que está em fase inicial, somou um total de 120 m^3 de RCC, também num período de seis meses. Apresentando, quanto as classificações de materiais RCC, A e B. E gerando um custo médio de utilização de caçambas para descarte de seus resíduos de R$ 7.680,00.

6 GERENCIAMENTO

A definição de Gerenciamento conforme o dicionário Michaelis (2015), é “Coordenar uma série de atividades”, como processo de planejamento, organização, direção e controle de recursos (humanos, financeiros, materiais) para atingir objetivos específicos de uma organização ou projeto. O gerenciamento é essencial para garantir que as atividades sejam realizadas de forma eficiente e eficaz, com a alocação adequada de recursos e a utilização de técnicas e metodologias adequadas.

Ele envolve habilidades de liderança, comunicação, tomada de decisão e resolução de problemas para garantir que as metas sejam alcançadas dentro dos prazos e orçamentos estabelecidos.

6.1 Gerenciamento Ambiental na Construção Civil

O gerenciamento ambiental na construção civil refere-se às práticas e técnicas utilizadas para minimizar os impactos ambientais de projetos de construção. É importante considerar o impacto ambiental desde a fase de planejamento até a conclusão do projeto, incluindo a seleção de materiais, o gerenciamento de resíduos, o uso eficiente de energia, o controle de emissões de poluentes e o monitoramento do impacto ambiental durante a construção.

Segundo AMATRUDA e BOBENHAUSEN (1998), e necessário a incorporação de premissas ambientais que vão analisar todo o ciclo de vida de todos os materiais usados na construção e também a comparação de materiais alternativos na prática com o intuito de selecionar os materiais que menos irão ter um impacto negativo no meio ambiente.

6.2 Economia Circular

A economia circular é um modelo de produção e consumo que busca manter os recursos em uso pelo maior tempo possível, evitando o descarte precoce e a extração desnecessária de matérias-primas. Na construção civil, a aplicação desse conceito envolve desde o planejamento da obra até a destinação final dos resíduos, passando pela seleção dos materiais e a gestão eficiente do canteiro de obras.

“As empresas têm obrigação em fazer estudos de descarte de materiais, por meio das legislações ambientais para não haver degradação do meio ambiente” (PINTO, 2013).

Um dos benefícios da economia circular na construção civil é a redução dos custos de produção. Ao utilizar materiais reciclados e reutilizados, é possível economizar na compra de novos materiais, além de reduzir os custos de transporte e descarte de resíduos. Além disso, a reciclagem de materiais gera empregos na cadeia de reciclagem, contribuindo para a geração de renda e desenvolvimento econômico.

Outro benefício da economia circular na construção civil é a redução do impacto ambiental. A extração de recursos naturais para a produção de materiais de construção tem um impacto significativo no meio ambiente, contribuindo para o esgotamento de recursos e a degradação do ecossistema. Ao utilizar materiais reciclados e reutilizados, é possível reduzir a extração de recursos naturais e minimizar o impacto ambiental.

Além disso, a adoção da economia circular na construção civil pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. A indústria da construção é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, tanto na produção de materiais quanto na execução das obras. Ao utilizar materiais reciclados e reutilizados, é possível reduzir as emissões de gases de efeito estufa e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

6.3 Processamento dos materiais descartados

Processamento dos materiais descartados na construção civil em um centro de triagem é um processo que envolve várias etapas.

Como afirma (LEITE, 2001), a reciclagem de RCC se inicia na coleta do material e vai até o processo de estocagem e, no núcleo de reciclagem passa por etapas como a triagem, britagem, peneiramento e estocagem.

A primeira etapa é a recepção dos resíduos, que é feita por meio de caminhões que transportam os materiais até o centro de triagem. Em seguida, os resíduos são triados e separados de acordo com o tipo de material. Essa separação é importante para facilitar o processamento e a reciclagem posterior dos materiais. Durante essa etapa, é comum utilizar equipamentos como esteiras, peneiras e separadores magnéticos para facilitar o trabalho dos funcionários.

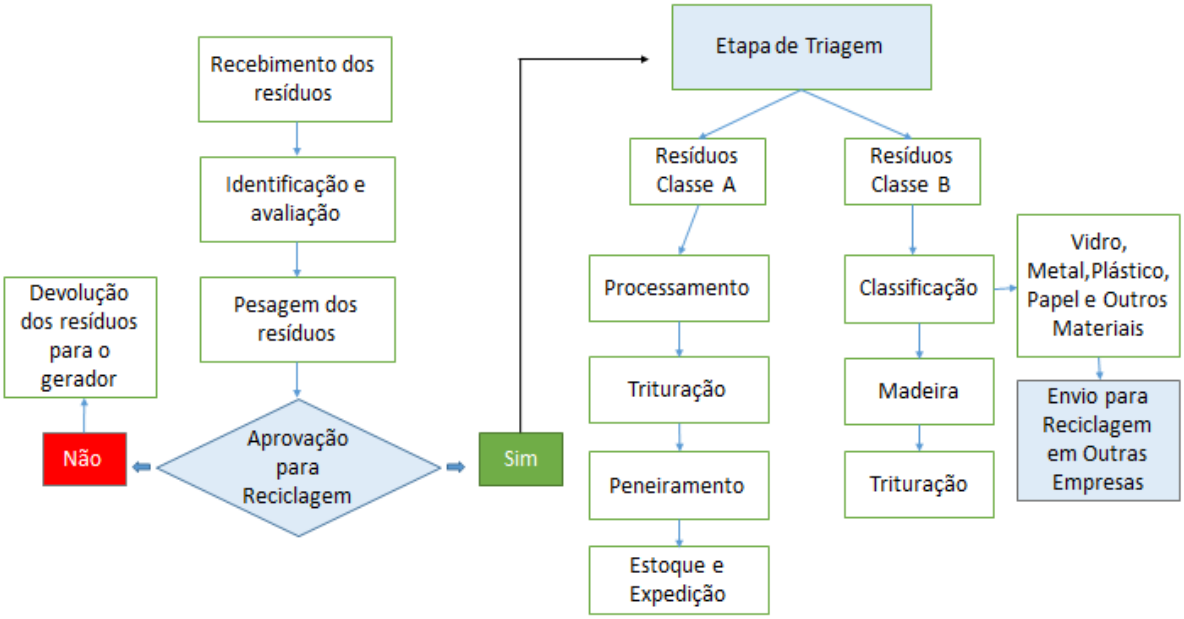
Após a triagem, os materiais são processados de acordo com o seu tipo. Por exemplo, o concreto pode ser quebrado em pedaços menores para facilitar a sua reciclagem, enquanto o plástico pode ser triturado em pequenos pedaços para a fabricação de novos produtos.

Os materiais também podem passar por uma etapa de limpeza, onde são retirados resíduos orgânicos e outros contaminantes que podem prejudicar a sua reciclagem. Em seguida, os materiais são armazenados em locais específicos para aguardar o transporte para as indústrias de reciclagem.

Todo o processo de processamento dos materiais descartados na construção civil em um centro de triagem é feito de forma cuidadosa e seguindo normas e regulamentos ambientais, garantindo assim a sua segurança e a proteção do meio ambiente.

A seguir, fluxograma da gestão dos Resíduos da Construção Civil:

Figura 1- Fluxograma de processos de reciclagem em Usina.



Fonte: Elaborado pelos autores

7 ATERRO DE INERTES DA CIDADE DE SOROCABA

No ano de 2006, em Sorocaba, havia uma prática de descarte de resíduos inertes na região próxima ao antigo lixão da cidade, localizado na Estrada do Ipatinga. O local recebia uma média diária de 18.000 m³ de RCC (Resíduos da Construção Civil), porém, estava próximo do seu limite de capacidade e não possuía a Licença de Execução necessária junto à CETESB, que havia negado o pedido, disposto no Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p.16)

Em cumprimento às normas estabelecidas pela Resolução CONAMA 307/2002 e pela Resolução SMA 41/2002, a Prefeitura de Sorocaba empreendeu a busca por um novo local para estabelecer as novas instalações do aterro. A área selecionada, com 203.923,75 m², ficava localizada no Bairro da Ronda Grande (Figura 2), e foi escolhida estrategicamente em função da sua capacidade de atender às necessidades de descarte de resíduos por um período mais longo, além de permitir futuras ampliações em áreas vizinhas (Figura 3).

Figura 2- Localização do Aterro de Inertes 2013 – 203.923,75 m²

Fonte: Google Earth, 2013

Figura 3- Localização do Aterro de Inertes 2022 – 356.856,44 m²

Fonte: Google Earth, 2022

A figura a seguir, apresenta-se a entrada do Aterro de Resíduos Inertes da Cidade de Sorocaba:

Figura 4 - Entrada do Aterro de Resíduos Inertes da Cidade de Sorocaba.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

7.1 Área de estudo

Segundo o Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p. 27), o usuário deverá:

Preencher as notas em duplicata, mantendo uma cópia enquanto a outra é entregue à Prefeitura. Somente após a apresentação desse documento devidamente preenchido e carimbado pela Prefeitura, o transportador ou gerador está autorizado a descartar seus resíduos no Aterro de Inertes. A recepção dos resíduos no Aterro de Inertes ocorre em duas etapas principais:

Primeira Etapa: Ao chegar à portaria do Aterro, um técnico responsável realiza uma verificação visual preliminar dos resíduos presentes no veículo de transporte, a fim de verificar se eles possuem características compatíveis com as licenças operacionais do Aterro. Caso seja constatada qualquer incompatibilidade entre o material apresentado e as exigências do Aterro, a carga contida no caminhão será rejeitada. Nesse caso, o gerador dos resíduos deve providenciar sua destinação em um local apropriados.

Segunda Etapa: Os resíduos são descarregados na área de triagem, onde ocorre a separação entre materiais aproveitáveis e não aproveitáveis (conforme mostrado no Quadro 6). Em alguns casos, cargas compostas por resíduos homogêneos e de origem conhecida, como solos e cacos de telha, podem ser direcionadas diretamente para tratamento adequado ou para disposição final no aterro. Os materiais recicláveis, são separados pelos coletores e armazenados em contêineres metálicos específicos. Periodicamente, as cooperativas presentes no aterro comercializam os materiais separados.

Os rejeitos domésticos, que porventura cheguem à unidade misturados aos resíduos de construção e demolição, são segregados e direcionados para a disposição no Aterro Sanitário CGA Iperó. O controle das quantidades de resíduos que entram no Aterro de Inertes é realizado com base na capacidade nominal dos contêineres de transporte.

Na figura seguinte pode-se observar o local onde os caminhões encaminham as caçambas com o entulho gerado nas obras da cidade:

Figura 5- Local de descarte no Aterro de Inertes de Sorocaba

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

No Quadro 6 a seguir, pode-se notar os Material a serem selecionado no Aterro de Inertes de Sorocaba:

Quadro 6- Materiais selecionados no aterro de inertes

MATERIAIS SELECIONADOS
Entulho para Britagem
Entulho para aterro
Solo
Resíduo Doméstico
Material Reciclável
Poda
Madeira
Outros

Fonte: Elaborado pelos autores retirado do Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p. 28)

Os materiais não pertinentes no quadro 6, são estocados e encaminhados para o aterro sanitário da cidade.

Na figura 6, encontra-se funcionários da cooperativa terceirizada do aterro de Sorocaba que realizam a primeira triagem dos materiais que podem ser beneficiados

Figura 6- Separação dos resíduos no Aterro

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Após a primeira Triagem, máquinas retiram os materiais e colocam em caçambas para destinar as fabricas de beneficiamento dos resíduos como mostra a figura a seguir:

Figura 7- Materiais separados em caçambas Roll on Roll off

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os materiais após a seleção, serão encaminhados para processo de tratamento e/ou destinação final. Os quadros 7 e 8 apresentam o destino a ser dado para cada um dos materiais selecionados:

Quadro 7- Encaminhamento do material triado

Material Triado	Local de Encaminhamento
Entulho para Britagem	Máquinas beneficiadoras
Entulho para Aterro	Maciço do Aterro de Inertes
Solo	Área de estocagem no Aterro de Inertes
Resíduo Doméstico	Estocagem Provisória ➡ Aterro sanitário
Material Reciclável	Estocagem Provisória ➡ Venda
Poda	Compostagem
Madeira	Estocagem Provisória ➡ Venda
Outros	Conforme determina a legislação

Fonte: Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p. 27)

Quadro 8- Operações de materiais selecionados na triagem no Aterro de Inerte

Material Selecionado	Processos Intermediários	Destinação Final
Entulho para britagem	Britagem	Construção civil
Entulho para aterro	-	Aterro de Inertes
Solo	-	Aterro de Inertes
Resíduo doméstico	Estocagem provisória	Aterro Sanitário
Material reciclável	Segregação e estocagem provisória	Venda
Poda	Compostagem	Praças e jardins
Madeira	Segregação e estocagem provisória	Venda
Outros	Conforme determina a legislação vigente	

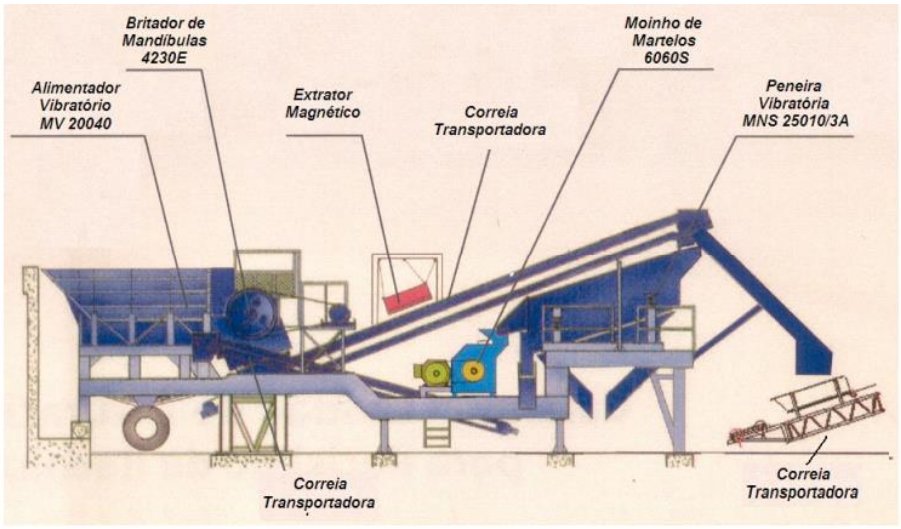
Fonte: Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p. 29)

O entulho passível de britagem é encaminhado à Usina de Reciclagem de Entulho, situada na Unidade de Triagem e Reciclagem na própria área.

A quantidade de entulho que foi destinado ao Aterro de Inertes ao longo dos anos teve-se um aumento, o que pode ser a significativa de uma maior adesão dos geradores de RCC a essas iniciativas para promover sua disposição adequada. O resíduo britado é reaproveitado na construção civil e na manutenção de estradas municipais.

A seguir na figura 8, apresenta-se um conjunto de britagem de RCC:

Figura 8- Esquema geral do conjunto de britagem de cada equipamento



Fonte: Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS, 2022, p. 33)

Na área do Aterro de Inertes de Sorocaba estão implantados 02 (dois) sistemas Móveis de britagem para reciclagem de entulho tipo Mandíbula, de 100hp / 80kW, representados na figura a seguir:

Figura 9- Máquinas beneficiadoras de Entulho no Aterro de Inertes de Sorocaba

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Na tabela 1 estão relacionadas as quantidades anuais de entulho recebido, reciclado, e aterrado no Aterro de Inertes dos anos de 2008 até 2021:

Tabela 1 - Reciclagem anual de entulho no Aterro de Inertes

Ano	Entulho recebido (m³)	Entulho reciclado (m³)	Entulho aterrado (m³)
2008	91.109,90	12.435,00	64.674,90
2009	205.245,70	16.348,29	166.920,60
2010	336.570,40	19.759,90	249.975,80
2011	393.610,00	14.748,50	342.106,00
2012	538.144,44	24.334,09	420.574,87
2013	382.060,00	7.674,50	316.393,00
2014	620.721,64	13.108,59	559.552,25
2015	437.101,50	13.866,00	312.825,18
2016	371.909,00	7.395,00	297.800,64
2017	311.951,30	23.300,00	209.022,58
2018	293.785,00	28.423,70	164.478,340
2019	274.299,50	21.785,00	104.077,40
2020	363.376,37	24.740,00	198.903,99
2021	304.388,20	37.450,00	138.831,63

Fonte: O Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba – SP (PGRCCMS), (2022, p. 22).

8 ALTERNATIVAS PARA O REAPROVEITAMENTO DOS MATERIAIS SELECIONADOS

Após a triagem dos materiais oriundos dos RCC, pode-se ter aplicações para novos produtos, como os seguintes:

- Pavimentação:

Os resíduos da construção civil que podem ser reciclados e reaproveitados na pavimentação incluem concreto, argamassa, blocos de concreto, cerâmica, telhas, entre outros. Esses materiais são triturados e processados em usinas de reciclagem, onde são transformados em agregados reciclados.

Os agregados reciclados podem ser utilizados na produção de asfalto ou concreto, substituindo parcial ou totalmente os agregados naturais. Além disso, esses materiais também podem ser utilizados como base para pavimentação de ruas e estradas, o que reduz a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e aumenta a vida útil dessas estruturas.

O uso de agregados reciclados na pavimentação traz diversos benefícios, como a redução da extração de recursos naturais, a economia de energia e a redução da emissão de gases de efeito estufa.

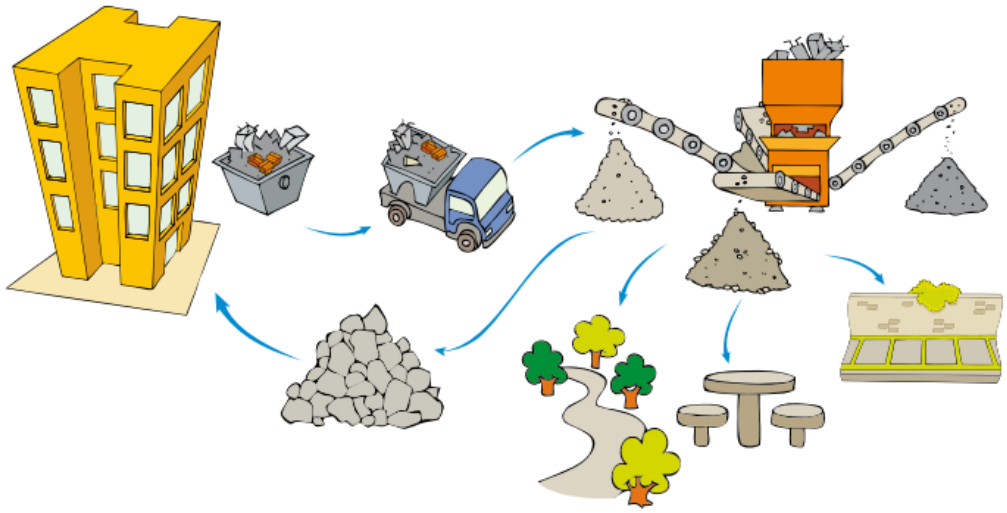
- Intertravados

Os intertravados são elementos construtivos utilizados em pavimentação de áreas externas, como calçadas, pátios, estacionamentos, entre outros. Eles são compostos por peças pré-fabricadas de concreto que se encaixam umas nas outras, formando um conjunto homogêneo e resistente.

Entre os materiais reciclados mais utilizados na fabricação dos intertravados estão o pneu, o vidro, a borracha, a cerâmica e o plástico. Esses materiais são triturados e transformados em pequenos grânulos que são adicionados à massa de concreto durante o processo de fabricação das peças.

Além de contribuir para a preservação do meio ambiente, o uso de materiais reciclados na produção dos intertravados apresenta diversas vantagens. As peças fabricadas com esses materiais são mais leves, o que facilita o transporte e a instalação, e possuem uma maior resistência a impactos e a deformações, o que aumenta a durabilidade e reduz a necessidade de manutenção.

Figura 10- Fluxograma de Reciclagem do RCC



Fonte: Lima; Lima CREA-PR 2012;

9 ANÁLISE FINANCEIRA DA RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para analisarmos a viabilidade da economia circular na construção civil, conduzimos nossa pesquisa em quatro etapas:

1ª etapa: Quantificar de modo aproximado diferentes materiais que são descartados em cada etapa da construção de residências de alto padrão;

2ª etapa: Fazer uma análise de valores de caçambas na região, aonde os materiais irão para o aterro de inertes e, a prefeitura de Sorocaba é responsável em fazer uma triagem desses materiais e dar uma destinação adequada;

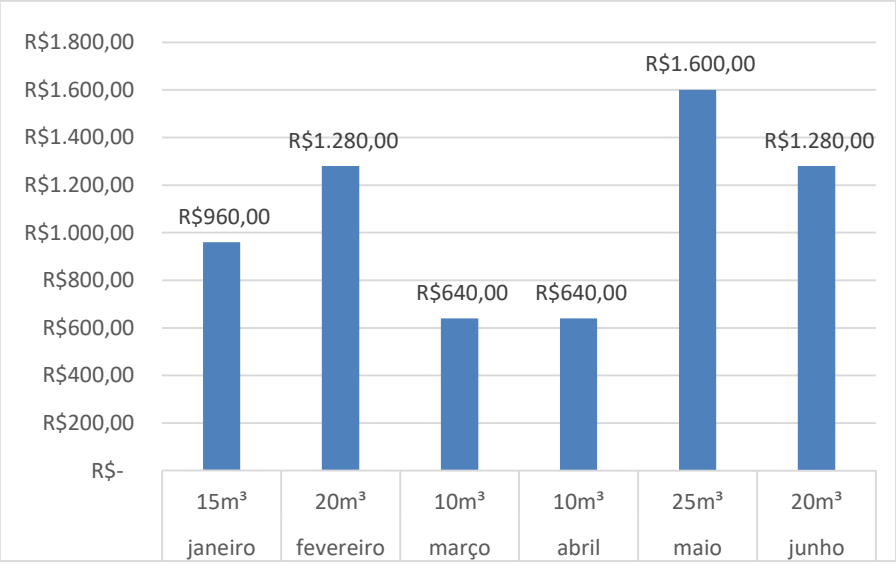
3ª etapa: Estudar alguns locais que compram os materiais recicláveis e analisar o valor médio de compra por quilograma de cada material;

4ª etapa: Analisar a viabilidade de vender todo o RCC ou descartar cada tipo de material para o aterro de inertes.

1ª etapa:

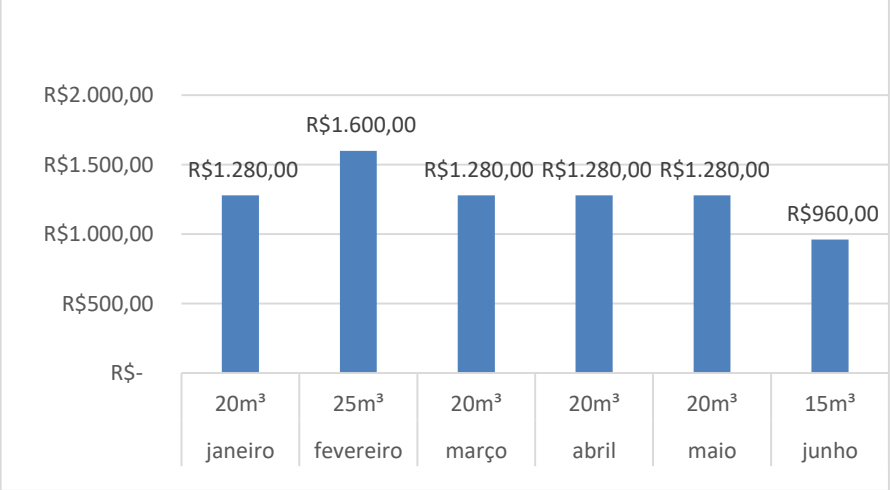
Para explorar sobre o descarte em obras, foi realizado um gráfico onde foi levado em consideração o valor médio de uma caçamba de 5m³, na cidade de Sorocaba e o quanto uma obra descarta de resíduos num período de seis meses, onde foi baseado nas obras que foram coletados os dados para o estudo, pode-se notar a seguir duas tabelas das residências 1 e 2, respectivamente:

Gráfico 1- Valores gastos com caçamba na Residência 1



Fonte: Elaborado pelos autores

Gráfico 2- Valores gastos com caçamba na Residência 2



Fonte: Elaborado pelos autores

Nas obras estudadas, todo material que vai ser descartado, é colocado na caçamba sem passar por nenhuma triagem ou seleção, logo, o RCC possui variedade na quantidade de materiais e nas suas respectivas proporções, conforme anteriormente apresentado nos Quadros 1 e 2, páginas 39.

Para se chegar nas quantidades de materiais descartadas em cada caçamba, foi analisado o volume ocupado por cada material. É importante ressaltar que os materiais quando são descartados, não são cuidadosamente posicionados de forma que o espaço fique o mais otimizado possível (menos vazios) e que cada material possui um peso específico próprio, assim os dados obtidos são valores aproximados e mesmo com a incerteza dos valores é possível fazer um estudo de caso bem detalhado.

2ª etapa:

Em Abril de 2023 foi realizado uma pesquisa de fornecedores na cidade de Sorocaba, para locação de caçambas de volume de 5m³, com período de estadia na obra de 7 dias corridos, não podendo descartar gesso e drywall, verificou-se 4 fornecedores da cidade:

Tabela 2- Fornecedores de Locação de caçamba na cidade de Sorocaba

EMPRESAS	M³	VALOR
FORNECEDOR 1	5	R$ 360,00
FORNECEDOR 2	5	R$ 320,00
FORNECEDOR 3	5	R$ 320,00
FORNECEDOR 4	5	R$ 320,00

Fonte: Elaborado pelos autores

3ª etapa:

Existem alguns pontos de compra de materiais recicláveis na cidade de Sorocaba e região, realizamos um estudo dos preços de compra de material por quilograma em maio de 2023, conforme tabela abaixo:

Tabela 3- Valores dos materiais reciclados em Sorocaba

MATERIAIS	NO DEPOSITO	PARA RETIRADA
PAPELÃO	R$ 0,20	R$ 0,15
APARAS MISTAS	R$ 0,50	R$ 0,30
PVC	R$ 0,70	R$ 0,60
SUCATA DE FERRO MISTA	R$ 0,70	R$ 0,60
SUCATA DE PLASTICO MISTO	R$ 0,70	R$ 0,60
SUCATA DE FERRO PESADO(MACIÇO)	R$ 0,80	R$ 0,70
METAL	R$ 12,00	R$ 11,00

Dados extraídos na Cooperativa do Júlio de Mesquita- Sorocaba, Zona Oeste.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4ª etapa:

Com o custo médio de descarte por caçambas, o custo médio de compra de cada material reciclável e quais materiais e suas quantidades aproximadas, calculamos o valor que foi gasto com o descarte dos materiais para o aterro em relação a venda dos materiais recicláveis apresentados nas seguintes tabelas:

Tabela 4- Valores dos Materiais separados da Residência 1

JANEIRO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
3 CAÇAMBAS	15	Concreto	13440	-	-
		Plástico	690	0,7	483
		Madeira	2940	-	-
		Papel	2560	0,2	512
FEVEREIRO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
4 CAÇAMBAS	20	Concreto	1760	-	-
		Plástico	690	0,7	483
		Madeira	2940	-	-
		Papel	2560	0,2	512
		Cabos elétricos	176	19	3344
MARÇO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
2 CAÇAMBAS	10	Tubos PVC	576	0,7	403,2
		Plástico	230	0,7	161
		Madeira	2520	-	-
		Gesso	1320	-	-
		Pisos	1900		-
ABRIL	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
3 CAÇAMBAS	10	Metal	576	0,7	403,2
		Plástico	460	0,7	322
		Madeira	1680	-	-
		Gesso	2080	-	-
		Pisos	1840	-	-
MAIO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
5 CAÇAMBAS	25	Ferro	576	0,8	460,8
		Plástico	460	0,7	322
		Madeira	1680	-	-
		Terra	4680	-	-
JUNHO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
4 CAÇAMBAS	20	Grama	-	-	-
		Terra	4140	-	-
		Limpeza Geral	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 5- Valores dos Materiais separados da Residência 2

JANEIRO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)*	VALOR TOTAL (R$)
4 CAÇAMBAS	20	Madeira	16800	-	-
		Ferro	1152	0,8	921,6
		Terra	3640	-	-
		Concreto	6720	-	-
FEVEREIRO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)*	VALOR TOTAL (R$)
5 CAÇAMBAS	25	Madeira	5250	-	-
		Ferro	1440	0,8	1152
		Concreto	16800	-	-
MARÇO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)*	VALOR TOTAL (R$)
4 CAÇAMBAS	20	Blocos	-	-	-
		Entulho	-	-	-
		Concreto	1152	-	-
ABRIL	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)*	VALOR TOTAL (R$)
4 CAÇAMBAS	20	Madeira	3360	-	-
		Blocos	-	-	-
		Entulho	-	-	-
		Ferro	1152	0,8	921,6
MAIO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)*	VALOR TOTAL (R$)
5 CAÇAMBAS	20	Madeira	4200	-	-
		Blocos	-	-	-
		Entulho	-	-	-
		Ferro	1152	0,8	921,6
JUNHO	VOLUME TOTAL (M³)	MATERIAL	MATERIAL (KG)	VALOR DE COMPRA (R$)	VALOR TOTAL (R$)
3 CAÇAMBAS	15	EPS	11,25	-	-
		Madeira	6210	-	-
		Ferro	864	0,8	691,2
		Entulho	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Em pesquisa, não foi encontrado alguns pesos específicos de determinados materiais e também valores de compra, sendo assim, não incluído nas tabelas. Os materiais como madeira, entulho, terra, blocos, EPS, concreto, gesso, pisos, não foram computados na tabela, devido ao modo de venda e destinação serem de outras formas ou não serem comercializados e destinados diretamente para aterro, como exemplo os entulhos.

As madeiras, blocos, concreto, terra, podem ser comercializados de outras formas ou não ser um gasto com descarte.

As madeiras podem ser destinadas a beneficiadores que se interessam, para fins como queima em olarias, pizzarias e até mesmo para construções de pessoas com poder aquisitivo menor, onde reaproveitam a madeira para o uso na construção.

Sendo assim, o beneficiado se responsabiliza pela retirada do material.

O valor dos reciclados não foram considerados os valores dos fretes das empresas para remoção dos materiais na obra, porém mesmo com esta taxa, é viável a separação.

Pode-se considerar que, em condomínios fechados, existe o comércio de terra entre moradores. Está atividade traz benefícios, para comprador e vendedor, devido ao baixo deslocamento de caminhões, isso faz com que não haja necessidade de gastar com bota fora, podendo fazer com que os gastos sejam amenizados ou até mesmo se pagarem.

A seguir pode-se ver os Quadros 9 e 10, onde demostra os valores Arrecadados das duas residências 1 e 2 respectivamente:

Quadro 9- Valores arrecadados pela venda dos resíduos da Residência 1

RESIDÊNCIA 1	VALOR ARRECADADO	
JANEIRO	R$	995,00
FEVEREIRO	R$	4.339,00
MARÇO	R$	322,00
ABRIL	R$	725,20
MAIO	R$	782,80
JUNHO	R$	-
TOTAL	R$	7.164,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 10- Valores arrecadados pela venda dos resíduos da Residência 2.

RESIDÊNCIA 2	VALOR ARRECADADO
JANEIRO	R$ 921,60
FEVEREIRO	R$ 1.152,00
MARÇO	-
ABRIL	R$ 921,60
MAIO	R$ 921,60
JUNHO	R$ 691,20
TOTAL	R$ 4.608,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi realizado uma comparação entre o descarte dos resíduos sem serem separados e descartados diretamente nos aterros com o método de separação dos resíduos, onde pode-se ver nas seguintes figuras:

Figura 11- Relação reciclagem x caçambas da Residência 1

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 12- Relação reciclagem x caçambas da Residência 2

Fonte: Elaborado pelos autores

10 CONCLUSÃO

Neste trabalho pode-se observar que o estudo da viabilidade da economia circular na Construção Civil é viável. Realizar a separação dos materiais descartados das construções, pode trazer benefícios para o cliente, realizando a destinação correta, para as empresas recicladoras dos resíduos e o reaproveitamento dos mesmo em outras atividades, sendo elas na construção civil ou beneficiadoras dos materiais em outras atividades. Desta forma, há a geração de capital em uma atividade onde não costuma-se praticar a separação dos resíduos, pode gerar um retorno significativo ao final de uma obra. Podendo reduzir os gastos com o descarte dos materiais utilizados na construção.

Nos estudos realizados nesta pesquisa, pode-se observar que na etapa final de uma obra, os tipos de resíduos gerados podem trazer um retorno financeiro maior devido o valor pago pela venda dos materiais. Já na etapa inicial, observou-se que o volume de resíduos gerados foi maior, porém, os tipos dos materiais encontrados nesta etapa, como as madeiras, um dos materiais mais relevantes na porcentagem de descartes, são destinados por meio de outra forma de beneficiamento, como a doação do material. Esta atividade traz benefícios financeiros, pois há a redução de material a ser descartado, com isso, diminuindo os gastos realizados com caçambas, mesmo que o valor total reciclado seja menor do que o valor pago pelo descarte.

O fato de reduzir os gastos gerados com os descartes dos resíduos da Construção Civil, seja eles relevantes ou não, pode-se concluir que a viabilidade neste processo traz benefícios, eles como, financeiros e sustentáveis. Para tal, é necessário a implantação de uma ideologia sustentável no canteiro de obras, para que o benefício da separação tenha retorno para o próprio gerador dos resíduos.

REFERÊNCIAS

AMATRUDA J.; BOBENHAUSEN, W. **A practical assessment procedure for specifying environmentally-sustainable building materials**. In:GREEN BUILDING CHALLENGE'98: na intemational conference on the performance assessment of buildings, Oct 26-28, 1998, Vancouver, Canada Proceedings ... Vancouver, Canada, 1998. 2 v. V.1. p. 187-194.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: agregados reciclados de resíduo sólidos da construção civil-Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. São Paulo, 2004.

BARROS, Henrique Teixeira Godoi. **Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes.** 2017. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: < https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/400/1/MONOGRAFIA_ResiduosConstru%C3%A7%C3%A3oDemoli%C3%A7%C3%A3o.pdf > Acesso em: 25 set. 2022.

BERTO, R. M. V. de S.; NAKANO, D. N. **Metodologia da Pesquisa e a Engenharia de Produção.** Artigo apresentado em ENEGEP, art. 174 - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 1998.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002**) Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente**: CONAMA, 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307. Acesso em: 18 de Maio de 2023.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**, Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos**. CONAMA. Resolução 348, de 16 de agosto de 2004.

DANE, F. C. **Research methods**. Pacific Grove: Brooks/Cole, 1990

DIAS, R. **Gestão ambiental:** responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2006.

FERNANDES, B. B.; TEIXEIRA, M. C. **A Reutilização de Materiais na construção civil.** Trabalho apresentado ao curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2006.

FRANCISCO, Eder Garcia; CARVALHO, Laisa Cristina. **Estudo sobre a Gestão de Resíduos da Construção Civil na cidade de Boa Esperança, MG**. (2019). (S.l). Disponível em < http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1249/1/Eder%20Garcia%20Francisco.pdf > Acesso em: 25 set. 2022

GERENCIAMENTO. *In*: **MICHAELIS MODERNO DICIONÁRIO DA LÍNGUA PORTUGUESA**. 2015. Disponível em: < https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/ >. Acesso em: 21 maio 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas.** Ed.4, São Paulo: Atlas, 2008.p.41-43.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2001.

LIMA, Jose Dantas de. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.** Paraíba, Editora João Pessoa: 2001.

MACATHUR, Ellen. **TOWARDS THECIRCULAR ECONOMY: Accelerating the scale-up across global supply chains.** 41. ed. [S. l.: s. n.], 2014. 44 p. v. 3. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications. Acesso em: 21 out. 2022

OLIVEIRA, L. J. C.; SOARES, M. C. B.; QUARESMA, W. M. G.; ADORNO, A. L. C. et al. **Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil**, Anápolis-GO: Universidade UNIEVANGÉLICA, 2022.

OLIVEIRA, Miguel Ramos de; BONETTO, Nelson Cesar Fernando. **REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2018.** Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão Oswaldo Cruz. Disponível em: < https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_22_MIGUEL_RAMOS_DE_OLIVEIRA.pdf > Acesso em: 25 set. 2022

PINTO, T.P. **Metodologia par a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 2013. 189p. Tese (Doutorado) –Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

SÃO PAULO. RESOLUÇÃO SMA Nº 41. DE 17 DE OUTUBRO DE 2002**. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e da construção civil no Estado de São Paulo**. São Paulo, 23/10/2002

SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS E OBRAS DIVISÃO DE LIMPEZA URBANA. **Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Sorocaba –SP (PGRCCMS).** Sorocaba,2022

SILVA, A.F.F**. Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/02: estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte.** UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

VALOTTO, D. V. **Busca de informação**: gerenciamento de resíduos de construção civil em canteiros de obras. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Londrina, Paraná, 2007.

WEETMAN, Catherine. **Título Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. 1. ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019. 544 p. v. 1. ISBN 8551305158, 9788551305157.

ZANUTTO, T. D. **Diagnóstico para subsidiar a gestão de resíduos da construção civil na cidade de São Carlos.** 167 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2012.