

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL MESTRADO**

RAÍSA MACHADO RINKEVICIUS

**CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR PARA RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE/RS**

**São Leopoldo
2023**

RAÍSA MACHADO RINKEVICIUS

**CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR PARA RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE/RS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Parisi Kern

São Leopoldo

2023

R582c Rinkevicius, Raisia Machado.
Conceito de economia circular para resíduos de construção e demolição : um estudo de caso em Porto Alegre/RS / Raisia Machado Rinkevicius. – 2023.
110 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2023.
“Orientadora: Profa. Dra. Andrea Parisi Kern.”

1. Construção. 2. Demolição. 3. Economia circular.
4. Impactos ambientais. 5. Resíduos. I. Título.

CDU 624

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Silvana Dornelles Studzinski – CRB 10/2524)

AGRADECIMENTOS À CAPES

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Dedico esse trabalho ao meu falecido avô, Artur
Beyer Machado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à toda minha família, que desde o começo sempre me apoiou nesse projeto. Obrigada por todo suporte ofertado nos momentos mais difíceis dessa trajetória

À minha orientadora, Andrea Kern, que aceitou esse desafio e me acompanhou com muito carinho e dedicação ao longo desse processo, para que esse projeto pudesse se tornar real.

A todos os amigos e colegas que torceram por mim, e que me incentivaram a nunca desistir.

Aos mestres, por repassarem todo seu conhecimento, atuando de variadas maneiras, sempre buscando contribuir da melhor forma para nosso crescimento profissional e pessoal.

E a todos aqueles que de alguma forma participaram dessa evolução e contribuíram para que a realização dessa etapa fosse cumprida.

RESUMO

Associada aos três pilares da sustentabilidade, a economia circular (EC) se apresenta como uma ferramenta eficaz para redução dos impactos ambientais da construção civil, visto que propaga uma ideia cíclica para os materiais e resíduos de construção e demolição (RCD). Baseada no princípio dos 9Rs (recusar, repensar, reduzir, reusar, repara, recondicionar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar), a metodologia possibilita uma redução (ou não geração) desses materiais e a minimização da extração de novos recursos da natureza. Este estudo analisou os resíduos de construção e demolição sob ótica da EC em Porto Alegre/RS. Através de uma análise exploratória, a pesquisa analisou quatro fases distintas (produção de resíduos, órgãos públicos, transporte e destinação final dos resíduos), que englobam os principais fluxos que os RCD percorrem, ao longo do seu ciclo de vida. Foram abordadas questões ambientais, sociais e econômicas. Os resultados indicam que o setor da construção civil porto alegreense ainda atua, em grande parte, de forma linear. Apesar de ter sido observada conexão entre etapas, ainda ocorrem quebras no fluxo, o que dificulta o retorno dos RCD à origem da cadeia de produção. Como principais falhas, o trabalho aponta: a dificuldade de acesso à informação (geração e transporte); o descarte como principal abordagem em campanhas de conscientização, o que o torna o principal destino; falhas no processo de controle e fiscalização e divergências na legislação. O comércio em lojas físicas de materiais usados desempenha função econômica e social, porém em alcance limitado, enquanto as plataformas digitais têm expressivo alcance. Ambos atendem obras de reforma de particulares.

Palavras-chave: Economia Circular. Resíduos de Construção e Demolição. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Associated with the three pillars of sustainability, the circular economy (CE) presents itself as an effective tool for reducing the environmental impacts of the construction industry, as it propagates a cyclical concept for construction and demolition materials and waste (CDW). Based on the principle of the 9Rs (refuse, rethink, reduce, reuse, repair, recondition, remanufacture, repurpose, recycle, and recover), the methodology enables a reduction (or non-generation) of these materials and minimizes the extraction of new resources from nature. This study analyzed construction and demolition waste from the perspective of the CE in Porto Alegre, RS, Brazil. Through exploratory analysis, the research examined four distinct phases (waste production, public entities, transportation, and final waste disposal) that encompass the main flows that CDW goes through during its life cycle. Environmental, social, and economic issues were addressed. The results indicate that Porto Alegre construction sector still operates, in most part, in a linear economy model. Although connections between stages were observed, there are still disruptions in the flow, making it difficult to return CDW to the origin of the production chain. The main shortcomings identified in this study include: difficulty in accessing information (generation and transportation); disposal as the primary approach in awareness campaigns, which makes it the primary destination; deficiencies in the control and monitoring process, and inconsistency in legislation. Physical stores selling used materials play an economic and social role but have limited reach, meanwhile digital platforms have a significant reach. Both serve private renovation projects.

Key-words: Circular Economy. Construction and Demolition Waste. Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre os fluxos da economia circular e linear.....	23
Figura 2: A estrutura circular dos 9Rs em ordem de prioridade	24
Figura 3: Diagrama esquemático de materiais de construção e demolição do início ao final do uso/disposição final.....	27
Figura 4: Estimativa de geração de RCD por município do Rio Grande do Sul, para o ano de 2014	32
Figura 5: A hierarquia dos resíduos de acordo com a Diretiva 2008/98/CE.....	45
Figura 6: Esquema da economia circular de resíduos da construção civil	49
Figura 7: Delineamento da etapa 1 da pesquisa.....	51
Figura 8: Delineamento da etapa 2 da pesquisa.....	55
Figura 9: Delineamento da etapa 3 da pesquisa.....	57
Figura 10: Delineamento da etapa 4 da pesquisa.....	58
Figura 11: Assessorias regiões da FEPAM.....	76
Figura 12: Circularidade dos processos dos RCD de Porto Alegre.....	89
Figura 13: Quebras evidenciadas nas fases propostas pelo delineamento da pesquisa.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem das atuações dos entrevistados	54
Gráfico 2: Fontes geradoras de acordo com as suas origens na amostra pesquisada	62
Gráfico 3: Comparativo dos registros dos RCD entre os setores público e privado ..	63
Gráfico 4: Comparativo entre origens, por documentação emitida referente aos RCD	64
Gráfico 5: Relação dos entrevistados que realizam um acompanhamento dos seus resíduos após transporte para destinação final.....	66
Gráfico 6: Quantidades, em toneladas, para cada tipo de destinação final dos resíduos	77
Gráfico 7: Correlação entre arrecadação, número de dependentes e gastos fixos por empresa	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conceitos de economia circular	22
Quadro 2: Barreiras da economia circular na construção civil.....	25
Quadro 3: Aspectos de Economia Circular durante o ciclo de vida do edifício	35
Quadro 4: Principais resoluções nacionais referentes a EC na construção civil	37
Quadro 5: Classificação dos RCD de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA	40
Quadro 6: Correlação das políticas públicas brasileiras com a estrutura dos 9R.....	41
Quadro 7: Legislações sobre resíduos sólidos na UE, EUA e Japão.....	43
Quadro 8: Relação de normativas de demolição.....	44
Quadro 9: Empresas de comércio de materiais de construção usados visitadas.....	59
Quadro 10: Classificação das medidas de retorno de RCD	67
Quadro 11: Iniciativas a respeito dos resíduos sólidos publicadas pelo SENGE	68
Quadro 12: Iniciativas de incentivo e divulgação das práticas de EC por secretaria.	73
Quadro 13: Identificação dos empreendimentos de revenda de materiais participantes da pesquisa.....	79
Quadro 14: Materiais comercializados nos empreendimentos estudados	79
Quadro 15: Fonte de aquisição dos materiais revendidos	80
Quadro 16: Público-alvo dos estabelecimentos de revenda de materiais	82
Quadro 17: Caracterização dos negócios estudados.....	82
Quadro 18: Motivação dos negócios estudados.....	83
Quadro 19: Escolaridade dos entrevistados.....	83
Quadro 20: Avaliação da principal fonte de renda dos proprietários dos negócios estudados.....	84
Quadro 21: Média de arrecadação dos empreendimentos	84
Quadro 22: Relação de dependentes por renda dos empreendimentos estudados..	85
Quadro 23: Tipo de instalação do empreendimento.....	86
Quadro 24: Relação de familiares atuantes no negócio.....	86
Quadro 25: Relação de funcionários por empreendimento	87
Quadro 26: Relação dos resultados identificados no estudo com as barreiras a EC sinalizadas por Munaro e Tavares (em amarelo)	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa de resíduos de construção e demolição por países	29
Tabela 2: Coleta de RCD pelos municípios na região Sul.....	31
Tabela 3: Geração estimada de RCD por mesorregião do Estado para o ano de 2014	31
Tabela 4: Tipos de destinação adotadas para RCC	39
Tabela 5: Amostragem de acordo com a origem e fonte dos RCD	52
Tabela 6: Classificação do porte das empresas de acordo com o SEBRAE.....	53
Tabela 7: Usinas e cooperativas de reciclagem selecionadas, por localidade	60
Tabela 8: Percentuais de documentação de RCD por origem	63
Tabela 9: Perfil dos agentes da construção civil que acompanham a destinação final dos seus resíduos	65
Tabela 10: Estimativas de volumes de resíduos gerados no RS, de acordo com o MTR	76
Tabela 11: Número de anúncios <i>online</i> de revenda de materiais.....	80

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
BS	British Standard
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
EC	Economia Circular
EUA	Estados Unidos da América
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
MTRCC	Manifesto de Transporte de Resíduos da Construção Civil
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NH	Novo Hamburgo
NR	Norma Regulamentadora
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEMPA	Cia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre
RCC	Resíduos da construção civil
RCD	Resíduos da construção e demolição
RD	Resíduos de demolição
RS	Rio Grande do Sul
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SENGE	Sindicato de Engenheiros
SGR	Sistema de Gestão de Resíduos
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos
SL	São Leopoldo
SMAMUS	Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	17
1.3 PROBLEMA	17
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo geral	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 JUSTIFICATIVA	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 ECONOMIA CIRCULAR.....	22
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.3 ESTRATÉGIAS DE ECONOMIA CIRCULAR PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	33
2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS À ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	37
2.5 PERPECTIVAS SOCIAIS DA ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL	46
3 METODOLOGIA	48
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	48
3.1.1 Etapa 1 – Produção de RCD	50
3.1.2 Etapa 2 – Órgãos públicos	54
3.1.3 Etapa 3 - Transporte	56
3.1.4 Etapa 4 – Destinação.....	57
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
4.1 INFORMAÇÕES QUANTO À GERAÇÃO DE RCD	61
4.2 REDE PÚBLICA ATUANTE NA GESTÃO DE RCD.....	69
4.3 TRANSPORTE.....	74
4.4 IMPACTOS SOCIAIS, ECÔNOMICOS E AMBIENTAIS DA RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO DOS RCD	78
4.4.1 Revenda de materiais.....	78
4.4.2 Reciclagem de materiais	87
4.5 DIAGNÓSTICO DA EC APLICADA NA GESTÃO DE RESÍDUOS EM POA	88
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93

REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE A – ESQUEMATIZAÇÃO ETAPAS DE PESQUISA.....	103
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ÓRGÃOS PÚBLICOS	105
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO REVENDA DE MATERIAIS.....	107
APÊNDICE D – FICHA TÉCNICA USINAS E COOPERATIVAS DE RECICLAGEM	110

1 INTRODUÇÃO

Embora apresente grande contribuição econômica para o país, com importante participação no Produto Interno Bruto (PIB), o que representa ganhos sociais e econômicos, na parte ambiental o setor da construção ainda apresenta uma série de impactos negativos, principalmente no que se diz respeito a consumo de recursos e geração de resíduos sólidos (ESPINELLI *et al.*, 2004; MEDEIROS; DURANTE; CALLEJAS, 2018).

Um grande desafio ambiental desse setor é a redução da geração de resíduos, conhecido como resíduos de construção e demolição (RCD), ou resíduo de construção civil (RCC), que é gerado nas atividades de construção, reformas e demolição. Estima-se que pelo menos 35% desses materiais são destinados à aterros sanitários e não passam por qualquer tratamento adequado antes do seu descarte. Atividades de construção, demolição e reformas geram grande volume de resíduos, acarretando à natureza diversos efeitos adversos. Sem o devido gerenciamento podem apresentar uma contribuição significativa para o aquecimento global e a ocupação/destruição do solo. (COLORADO; MUÑOZ; MONTEIRO, 2022).

A geração de resíduos em grandes volumes pode ser entendida como uma consequência direta do modelo de produção linear, conhecido como “extrair-produzir-consumir-descartar”. Esse modelo de produção é tradicionalmente utilizado pela indústria da construção e por diversas outras indústrias. Contribui em dois impactos ambientais negativos: na extração de matérias primas e recursos naturais e na geração de resíduos.

Como contraponto à lógica de produção linear, a economia circular (EC) propaga uma ideia cíclica para os materiais e resíduos da construção com diversas vantagens, como: minimização dos custos ambientais e econômicos dos resíduos, minimização da extração de matérias-primas, minimização de taxas de aterro e transporte de resíduos e redução do despejo ilegal dos mesmos. (SHOOSHTARIAN *et al.*, 2022; HAN; KALANTARI; RAJABIFARD, 2021).

No Brasil e em muitos países, a implementação da metodologia da EC ainda enfrenta algumas barreiras. As categorias políticas e tecnologias ainda são os principais obstáculos para a adoção da ferramenta de forma integral no setor brasileiro, devido à complexidade da cadeia de valor da construção, a falta de

políticas públicas claras e o desconhecimento das diretrizes da EC. (MUNARO; TAVARES, 2022^a).

Neste contexto, esse estudo identifica como o conceito de economia circular pode ser aplicado na gestão dos resíduos de construção civil, utilizando dados da cidade de Porto Alegre/RS como objeto de estudo, através da identificação das etapas do ciclo que estão efetivamente concluídas e quais possuem falhas e oportunidades de melhorias ao encontro do processo circular desses materiais.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Considerando os princípios da economia circular, a dificuldade de quantificação e documentação dos resíduos em cada etapa da construção civil e a complexidade do fluxo dos materiais, a pesquisa foi aplicada para obras de construção, reformas e demolições da cidade de Porto Alegre/RS.

1.3 PROBLEMA

A temática ambiental referente às atividades da construção civil tem sido objeto das pesquisas ao longo dos últimos anos, abordando os impactos ambientais, suas causas e possíveis estratégias de minimização e solução. O setor da construção representa 36% da utilização final de energia e 39% das emissões globais de dióxido de carbono, sendo um dos principais alvos da sustentabilidade ambiental. Além disso, o setor é o maior consumidor mundial de matéria-prima, gerando até 35% dos resíduos em aterros urbanos. (MUNARO; TAVARES, 2022^b).

Diretamente associado ao crescimento populacional e à urbanização, a geração de resíduos da construção e demolição tem se evidenciado como principal fonte de resíduos brutos da sociedade atual, principalmente em grandes economias como China, Estados Unidos (EUA) e União Européia (UE). (ZHANG *et al.*, 2022). Nesse sentido, os resíduos da construção e demolição são um desafio social devido ao seu volume crescente e aos impactos ambientais associados, já que no Brasil representam mais de 60% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados nas cidades. (MUNARO; TAVARES, 2022^b).

Diferentes legislações, normatizações e trabalhos acadêmicos tratam sobre a quantidade de resíduos sólidos gerados e a correta gestão e gerenciamento para

minimização dos danos que podem acarretar ao meio ambiente, bem como a diminuição do volume desses resíduos. O grande volume de RCD é resultado do atual modelo econômico linear, demonstrando que o setor precisa implementar estratégias para reduzir esse problema e adotar práticas mais sustentáveis.

Embora esforços para a minimização da quantidade desses materiais têm crescido ao longo dos anos, a geração de RCD no Brasil ainda atinge elevados números, chegando a uma estimativa de 44,5 milhões de toneladas/ano. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021). Soluções como reciclagem e reutilização, práticas que possibilitam a redução de RCD descartados, e por consequência a redução de impactos como ocupação do solo e consumo de matérias-primas (DING *et al*, 2021), ainda são escassas no país.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral investigar os resíduos de construção e demolição sob a ótica do conceito de economia circular na cidade de Porto Alegre/RS.

1.4.2 Objetivos específicos

Este estudo tem por objetivos específicos os seguintes tópicos.

- a) Investigar quais as documentações atuais e informações a respeito dos resíduos são emitidas pelos geradores e como essas informações são utilizadas de base para a gestão de RCD de acordo com os preceitos da EC.;
- b) Verificar quais as políticas públicas atuais de fomento à economia circular e o grau de envolvimento dos órgãos públicos no processo de gestão, controle e fiscalização dos resíduos;
- c) Analisar a logística de transporte desses materiais;

- d) Investigar os impactos econômicos, sociais e ambientais da prática de reaproveitamento, reutilização e reciclagem de materiais oriundos de obras de demolição;

1.5 JUSTIFICATIVA

Com um crescimento significativo observado nas últimas décadas, principalmente em função do rápido desenvolvimento da indústria da construção, aceleração da urbanização e renovação urbana, o volume de geração global de resíduos provenientes das atividades de construção e demolição chegou a aproximadamente 3,0 bilhões de toneladas por ano. Em países como China, Estados Unidos e Noruega, somente os resíduos de demolição (RD) apresentam uma taxa de 50% dos resíduos gerados no setor da construção. (DING *et al.*, 2021).

Referente as gerações ocorridas no Brasil, em 2019 os números estimados para a geração de RCD chegaram a mais de 44 milhões de toneladas no país. Dados gerados pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), mostram que desde o ano de início de implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, em 2010, até o ano de 2019, a quantidade de resíduos da construção civil aumentou em cerca de 1,12 milhões de toneladas por ano. (MUNARO; TAVARES, 2022^b).

A geração desses resíduos é uma das principais causas dos impactos ambientais atribuídos às atividades do setor. Aliada à fabricação de materiais de construção, a indústria da construção civil é nociva ao meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida, com destaque para as fases de operação e fim de vida. Dentre esses impactos podem-se citar: degradação da terra, esgotamento de aterros, emissões de carbono e gases causadores do efeito estufa, poluição da água, alto consumo de energia e esgotamento de recursos. (LÓPEZ RUIZ; ROCA RAMÓN; GASSÓ DOMINGO, 2020).

O assunto “resíduos de construção e demolição” tem sido amplamente abordado em estudos que analisam métodos de geração, causas, quantificação e gerenciamento, principalmente para os resíduos gerados na etapa de construção. Tratando-se da etapa de fim de vida (demolição), ainda é um tema pouco explorado, com poucos dados disponíveis em literatura. Práticas como reuso e reciclagem, apesar de iniciativas propostas, em muitos casos ainda são insuficientes, tornando o

processo de gestão de resíduos insatisfatório e ocasionando em grandes volumes de RCD destinados a aterros ou despejados em locais impróprios para seu descarte. (JUNIOR, 2017; LÓPEZ RUIZ; ROCA RAMÓN; GASSÓ DOMINGO, 2020).

Dessa forma, a reestruturação da cadeia produtiva é necessária, adotando-se uma dinâmica “do berço ao berço” em contrapartida à filosofia “pegar-fazer-consumir-descartar”. A adoção de um fluxo de materiais em um circuito fechado, possibilita a recuperação de materiais já extraídos e utilizados e melhora a eficiência dos recursos. Também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, principalmente aos Objetivos 09 (indústria, inovação e infraestrutura), 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e 12 (consumo e produção responsáveis). (HAN; KALANTARI; RAJABIFARD, 2021).

Metodologias como a economia circular (EC) e desconstrução aparecem como alternativa de grande influência nos três pilares da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), pois possibilitam minimizar a geração de RCD através da recuperação de materiais, reutilização, reciclagem e remanufatura, além de contribuir para o crescimento econômico. (LÓPEZ RUIZ; ROCA RAMÓN; GASSÓ DOMINGO, 2020).

Em sua maioria, os estudos atuais que evidenciam as vantagens da EC na construção civil têm sido desenvolvidos na China, em função da grande quantidade de resíduos que o país produz e sua dificuldade de gerenciamento e disposição final. No Brasil a implementação da metodologia no setor ainda é inicial e apresenta diversas barreiras. Entre elas, pode-se citar a falta de compreensão dos princípios da ferramenta, a inexistência de legislações e embasamentos técnico para a aplicação desses conceitos na prática, bem como questões econômicas e institucionais. (MUNARO; TAVARES, 2022^a).

Dessa maneira, a inserção de práticas que possibilitem a utilização de recursos de forma mais consciente, reduzindo desperdícios e maximizando o valor dos materiais no setor de construção brasileiro é urgente. A adoção da metodologia de economia circular permite que a cadeia produtiva e fluxo de materiais gere benefícios sociais e econômicos concomitantes com os ambientais. (MARAFÃO; CORADI, 2021).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A crescente atenção dada ao meio ambiente e a eminente necessidade pelo desenvolvimento sustentável têm se mostrado cada vez mais presentes na sociedade atual. De acordo com o Relatório Brundtland¹ das Nações Unidas (1987), a capacidade de ação cooperativa e engenhosidade técnica sempre foram as fontes do progresso humano. Estas qualidades têm sido frequentemente utilizadas construtivamente para alcançar o desenvolvimento e o progresso ambiental. Questões como a qualidade do ar e controle da poluição da água, por exemplo, têm ganhado destaque, bem como o aumento da eficiência do uso de materiais e energia.

Nesse contexto, a indústria da construção civil despertou sobre a magnitude dos seus impactos no meio ambiente. Observou-se uma crescente busca por métodos que atendam às necessidades contemporâneas sem provocar deficiências às gerações futuras, acarretando às certificações ambientais um maior enfoque. (CBIC, 2014).

Atualmente, um dos maiores desafios ambientais desse setor é a redução da geração dos resíduos oriundos dos processos de construção e demolição. A falta de planejamento e gestão das obras e falhas nos processos de projeto e produção são alguns dos principais fatores apontados como responsáveis pela geração desse tipo de material. (KERN *et al.*, 2015; BOHANA *et al.*, 2016; MEDEIROS DURANTE; CALLEJAS, 2018).

Baseada na política denominada de “três R” (reuso, reciclagem e recuperação), a economia circular entra no cenário da construção visando promover o desenvolvimento sustentável através da transformação dos resíduos. A ferramenta auxilia na minimização dos resíduos incorporando circuitos fechados, possibilitando assim o equilíbrio do desempenho econômico e ambiental. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021; PAPASTAMOULIS *et al.*, 2021).

¹ Relatório emitido em 1987 pela comissão da ONU, liderada por Gro Harlem Brundtland, antiga Primeira Ministra da Noruega, após a primeira conferência sobre ecodesenvolvimento em Estocolmo na Suécia. Este relatório foi baseado na World Commission on Environment and Development. (ONU, s.d).

2.1 ECONOMIA CIRCULAR

Buscando a redução da intensidade do uso de materiais, a economia circular defende a implantação de circuitos fechados, adotando processos regenerativos e restauradores, tentando conciliar o desempenho econômico e ambiental. Baseada na política denominada de “três R” (reuso, reciclagem e recuperação), essa ferramenta promove o desenvolvimento sustentável através da transformação dos resíduos (PAPASTAMOULIS *et al*, 2021). Atuando nos níveis micro e macro, a metodologia permite a criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social. (MARAFÃO; CORADI, 2021; OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

Um dos conceitos mais utilizados sobre EC foi definido pela Fundação Ellen MacArthur, onde retrata a metodologia como “uma economia industrial que é restauradora ou regenerativa por intenção e projeto”. Do ponto de vista de cadeia de suprimentos, se apresenta como um fluxo fechado de materiais. Já do ponto de vista de valor de utilidade, define uma atividade restauradora, onde os componentes e materiais se mantêm em sua mais alta utilidade de valor, ao longo de todo o ciclo. Em âmbitos econômicos, o lucro gerado no sistema é fundamentado no uso eficiente dos recursos naturais, incluindo os produtos e/ou seus componentes. (SPIŠÁKOVÁ *et al.*, 2022).

Lacerda e Leitão (2021) compilam os principais conceitos estabelecidos para a economia circular definidos em diversos estudos. O Quadro 1 apresenta esses conceitos e seus respectivos autores.

Quadro 1: Conceitos de economia circular

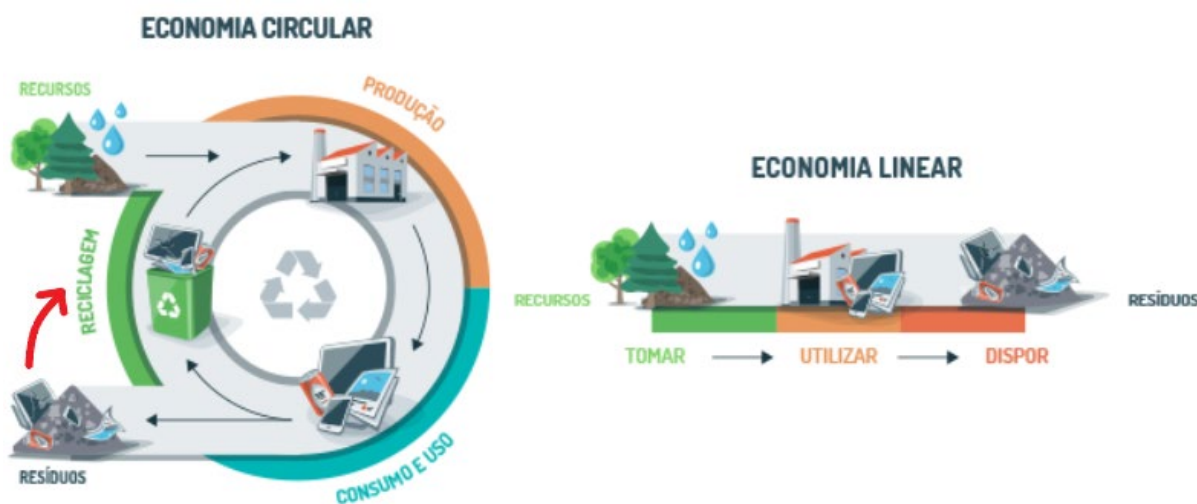
Conceito	Fonte
“Nova estratégia de desenvolvimento que visa aliviar a contradição entre o rápido crescimento econômico e a escassez de recursos, matérias-primas e energia.”	Parry <i>et al.</i> , 2005
“Trabalha para obter um ciclo contínuo, a partir de operações alimentadas não mais por meio da apropriação dos recursos naturais virgens, mas da recuperação dos recursos “secundários”, decorrente do reuso ou reciclagem dos resíduos.”	House of Commons, 2014
“Sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o desperdício, a emissão e o vazamento de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento de loops de material e energia.”	Geissdoerfer <i>et al.</i> , 2017
“Ideia de restauração e circularidade que substitui o conceito tradicional de fim de vida, mudando para energias renováveis, eliminando o uso de produtos químicos tóxicos, visando a eliminação de resíduos através do design superior de materiais, produtos, sistemas e modelos de	Michellini, 2017

negócios.”	
“Sistema industrial intencionalmente reparador e regenerativo, que traz benefícios operacionais e estratégicos, bem como um enorme potencial de inovação, geração de empregos e crescimento econômico.”	Sehnm; Pereira, 2019
“Modelo econômico destinado ao uso eficiente de recursos por meio da minimização de resíduos, retenção de valor em longo prazo, redução de recursos primários e ciclos fechados de produtos, peças e materiais dentro dos limites de proteção ambiental e benefícios socioeconômicos.”	Morseletto, 2020

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Lacerda e Leitão (2021)

A partir desses conceitos, neste estudo, entende-se por economia circular a prática de desenvolvimento econômico e social conciliada à preservação ambiental de recursos e energia. Ocorre através de um modelo cíclico dos recursos, expandindo sua vida útil em comparação ao sistema linear, onde materiais voltam à cadeia de consumo após práticas como reciclagem e/ou recuperação. A Figura 1 apresenta o comparativo entre as metodologias. Dessa forma o consumo de matérias-primas virgens extraídas da natureza e a geração de resíduos sólidos das atividades da construção civil são minimizados, garantindo o desenvolvimento do setor e reduzindo seus impactos ao meio ambiente.

Figura 1: Comparação entre os fluxos da economia circular e linear

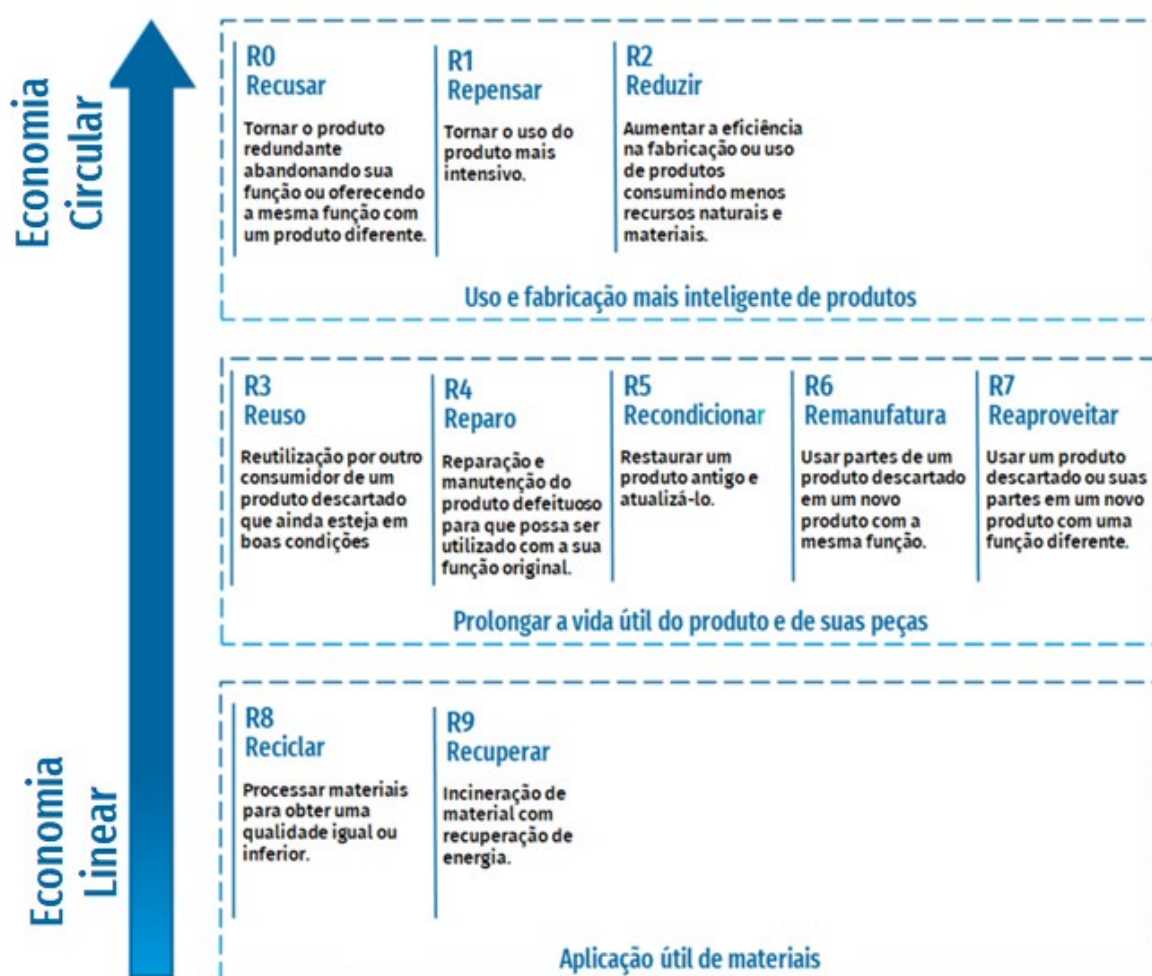


Fonte: Adaptado de Terra Ambiental (2023)

Este estudo se refere à aplicação deste conceito no gerenciamento dos resíduos através da reinserção no ciclo, por reciclagem ou reuso, diminuindo o volume destinado ao aterro (seta em vermelho).

Baseada inicialmente em três práticas (reuso, reciclagem e recuperação), os conceitos de EC foram ampliados por estudiosos, primeiramente adicionando três novos conceitos, como remanufatura, redesenho e recuperação. Posteriormente os princípios de recusar, reformar e reaproveitar foram incorporados. A nova estrutura é organizada de acordo com uma hierarquia de circularidade, apresentada conforme a Figura 2, e tem como principal objetivo a maximização dos valores dos materiais ao longo do ciclo de vida da construção. (MUNARO; TAVARES, 2022^b).

Figura 2: A estrutura circular dos 9Rs em ordem de prioridade



Fonte: Adaptado de Potting *et al.* (2017) apud Munaro, Tavares (2022^b)

Visando alcançar uma maior eficiência de recursos, com foco na reformulação e reorganização de materiais, informações e fluxo de energia, a EC tem se disseminado como uma ferramenta de estratégia integral para o desenvolvimento sustentável. A ferramenta proporciona reduções nos custos ambientais e econômicos de ações como manutenção de aterros sanitários, extração de matérias

primas, taxas de aterros sanitários, custos de transporte e despejo ilegal. (SHOOSHTARIAN *et al.*, 2022).

Contudo, o conceito de EC requer uma mudança de mentalidade e cultura, onde os resíduos são considerados recursos potencialmente úteis e não um problema que requer gestão e descarte. Defende a mudança de padrões lineares para padrões circulares, reconfigurando conceitos estabelecidos na indústria e inserindo ideias como o “do berço ao berço”. (GINGA; ONGPENG; DALY, 2020; SHOOSHTARIAN *et al.*, 2022).

De acordo com Munaro e Tavares (2022^a) a aplicação da metodologia de economia circular ainda enfrenta algumas barreiras no setor da construção civil. O Quadro 2 demonstra essas limitações, segregadas em cinco categorias distintas.

Quadro 2: Barreiras da economia circular na construção civil

Categoria	Grupo	Barreiras	
Econômica	Falta de incentivo em negócios circulares	1	Alta disponibilidade e baixos custos de matérias-primas virgens
		2	Subdesenvolvimento/falta de mecanismos de mercado para materiais secundários
		3	Altos custos de desconstrução, separação, tratamento, transporte e armazenamento de RCD
		4	Preços elevados de materiais/produtos reciclados/reutilizáveis
		5	Falta de esquemas de recompensa e penalidade para operações de gestão de RCD
		6	Negligência dos custos ambientais nos preços dos produtos
	Falta de ajuda financeira	7	Aversão financeira e risco para modelos de negócios circulares
		8	Cultura de retornos rápidos sobre o investimento e preços altos para edifícios verdes
		9	Custo para desenvolvimento de certificações de produtos
		10	Altos custos de investimento de tecnologias de resíduos
Informacional	Falta de pesquisa, educação e informação	1	Percepção pública negativa
		2	Aspectos sociais e comportamentais do consumismo moderno
		3	Falta de publicidade e campanhas de informação
		4	Programas e instalações de gestão ambiental limitados em instituições acadêmicas
Institucional	Falta de visão estratégica e plataformas colaborativas	1	Cadeias de suprimentos conservadoras, competitivas e fragmentadas
		2	Cultura de produto ao invés de serviço
		3	Falta de informações sobre Design for Deconstruction (DFD), design verde e produtos em fim de vida
		4	Falta de conhecimento sobre ferramentas circulares
		5	Aplicação insuficiente da hierarquia de resíduos (foco na reciclagem)
		6	Falta de orientação e ferramentas para a implantação/avaliação de edifícios circulares
Política	Falta de instrumentos regulatórios	1	Falta de incentivo e suporte para projetar para fim de vida
		2	Falta de flexibilidade nos códigos e regulamentos de construção

		3	Falta de padronização internacional das DAPs
		4	Falta de sistema de responsabilidade baseado no produtor e estrutura regulatória para incentivar o gerenciamento integrado de recursos
		5	Falta de um código de resíduos para orientar a gestão de RCD e desencorajar o aterro
	Ausência de ações fiscais	6	Falta de um sistema tributário e qualidade padrão para materiais recuperados

Fonte: Munaro e Tavares (2022^a)

Ginga, Ongpeng e Daly (2020) também destacam a logística (41%), custo (29%) e regulamentações (12%) como obstáculos nos quais a implantação da EC ainda encontra, apesar do reconhecimento que a ferramenta tem ganhado referente à introdução de RCD nos processos de construção.

Na fase de demolição em específico, um dos principais desafios da etapa é permitir que essa fase seja inteiramente seletiva, possibilitando a desmontagem em partes ou em totalidade dos elementos de uma edificação. Na sua total eficácia, esse princípio permite que os componentes da construção atinjam maiores taxas de reciclagem, e quando não for possível, de valorização, devido à prévia segregação e gerenciamento dos mesmos. (CONAMA, 2018).

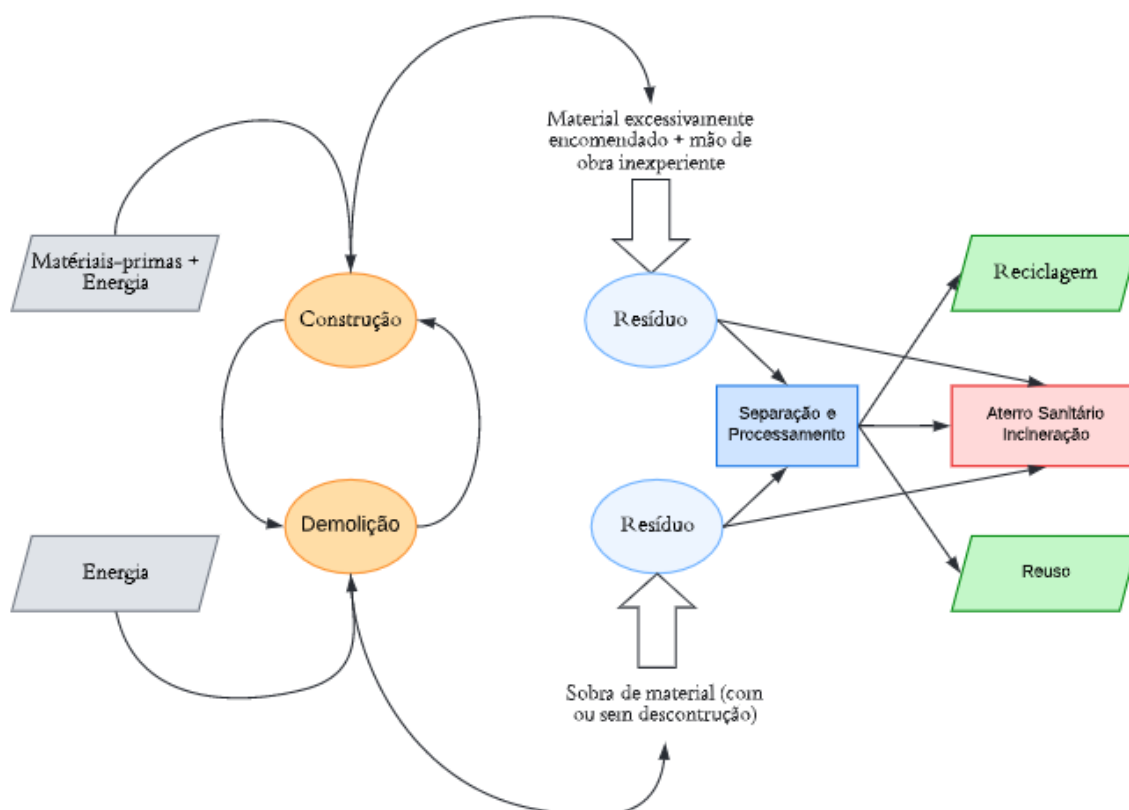
Visando enfrentar os desafios relacionados a recursos e sistemas, a economia circular baseia-se em três princípios fundamentais. A Figura 3 representa a principal estratégia da EC, baseada nessas convicções. (LÓPEZ RUIZ; ROCA RAMÓN; GASSÓ DOMINGO, 2020; MARAFÃO; CORADI, 2021) Esses princípios visam:

1. Preservar e aumentar o capital: enfatiza a importância de gerenciar com responsabilidade recursos finitos e garantir um fluxo equilibrado de recursos renováveis. Reconhece que a natureza fornece a base para a vida humana e para a produção econômica. Ao reutilizar materiais, evitando a extração desnecessária e conservando os recursos por períodos mais longos, podemos promover o crescimento econômico sustentável;
2. Otimização da produção de recursos: se concentra na circulação de produtos, componentes e materiais dentro dos ciclos técnicos e biológicos. Envolve práticas como remanufatura, renovação e reciclagem para garantir que os recursos continuem a contribuir para a economia. Nesse princípio o ciclo biológico é responsável pelos

processos naturais que regeneram materiais, com ou sem intervenção humana e o ciclo técnico visa preservar o valor embutido nos materiais e componentes, maximizando sua vida útil e promovendo a reutilização.

- Promoção de sistemas eficazes: envolve a identificação e exclusão de externalidades negativas dos projetos. Abrange a redução de danos a produtos e serviços essenciais dos quais os seres humanos dependem, como alimentação, mobilidade, moradia, educação, saúde e entretenimento. Além disso, inclui o gerenciamento de fatores externos, como uso da terra, poluição do ar, da água e sonora. O objetivo é buscar continuamente um fluxo circular de recursos, minimizando os impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

Figura 3: Diagrama esquemático de materiais de construção e demolição do início ao final do uso/disposição final



Fonte: Adaptado de Ginga, Ongpeng e Daly (2020)

A adoção de modelo de negócios fundamentados a partir das convicções da ferramenta pode acarretar vantagens significativas nos âmbitos econômicos e

ambientais. Como alguns desses benefícios podem-se citar: conservação de recursos naturais; valorização econômica dos resíduos, geração de empregos e novas oportunidades de atividades econômicas; redução do consumo de energia e emissões dos gases do efeito estufa; redução de custos e encargos ambientais e aumento da resiliência de negócios e da comunidade. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

A economia circular atua como uma ferramenta crucial para promover o desenvolvimento sustentável, minimizando o consumo de recursos, reduzindo a geração de resíduos e promovendo o crescimento econômico sustentável e padrões sustentáveis de consumo e produção. Alinha-se estreitamente com alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, principalmente com os objetivos 08 (trabalho decente e crescimento econômico), 09 (indústria, inovação e infraestrutura) e 12 (consumo e produção responsável), destacando seu potencial para gerar resultados ambientais, sociais e econômicos positivos. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar de apresentar grande contribuição econômica para o país, possuindo em 2021 uma parcela de 9,7% do PIB nacional (CBIC, 2002^b) e de ser responsável pela geração de empregos, correspondendo a 2,352 milhões de postos no ano de 2021 (CBIC, 2022^a), a indústria da construção civil é responsável por um consumo considerável de materiais, seja em quantidade ou diversidade. (ESPINELLI *et al*, 2004). Atualmente, um dos maiores desafios ambientais desse setor é a redução da geração de resíduos sólidos, oriundos dos processos de construção e demolição. Esses resíduos representam uma grande parte de todos os resíduos sólidos gerados no mundo, apresentando índices entre 40% a 70% da produção mundial (MEDEIROS; DURANTE; CALLEJAS, 2018; POON, 2007).

A Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) define resíduos sólidos da construção civil como:

“Os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

Já a Resolução N° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (2002) complementa a definição da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e exemplifica os materiais englobados, definindo RCD como:

“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.”

De acordo com Poon (2007) há duas possíveis classificações para esses materiais: inertes e não inertes. Os classificados como inertes ainda podem ser subdivididos em macios (solos, terra e lama) e duros (rochas e concreto). Já os não inertes, podem ser classificados como resíduos que apesar de não apresentarem um grau de periculosidade ou toxicidade, ainda podem acarretar danos ao meio ambiente, como os metais, madeira, plásticos e embalagens.

Com um crescimento considerável, a geração global de RCD atingiu números significativos. Estudos atuais trazem que há cerca de onze anos atrás, no ano de 2012 mais especificamente, 3 bilhões de toneladas desses materiais foram geradas. Essa marca foi superada em 2014, totalizando 1,13 bilhões de toneladas em 2014, e tornando a China o país que lidera os índices de RCD no mundo. A Índia também apresenta grandes números referentes à apuração de geração de resíduos da construção e demolição, estimando-se cerca de 10 a 12 milhões de toneladas por ano. (FARUQI; SIDDIQUI, 2020). A Tabela 1 apresenta as quantificações de RCD para outros países.

Tabela 1: Estimativa de resíduos de construção e demolição por países

País	Quantidade de RCD (milhões de toneladas)
Estados Unidos	569
Alemanha	324,38
Líbano	9,6
Egito	3,65

Fonte: Adaptado de Elshaboury; Marzouk (2021)

Só no Brasil, no ano de 2020, houve um crescimento de 5,5% na coleta de RCD, o que representa um total de 221,2 kg de resíduos por habitante/ano. Já para o ano de 2021, houve um aumento de 2,9% em relação ao ano anterior, obtendo a marca de mais de 48 milhões de toneladas de RCD coletado no ano de 2021.

Ainda de acordo com o Panorama Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), tratando-se de quantidades de resíduos, a região com maior destaque é a região Sudeste, representando aproximadamente 52% na participação da coleta no país. Já em termos de coleta per capita, a região Centro-Oeste se evidencia, apresentando um total de 323 kg de RCD por habitante/ano no ano de 2021, aumentando a quantidade de resíduos da região em relação ao ano anterior, onde exibiu um total de 319 kg/hab.ano. (ABRELPE, 2021, 2022). No entanto, há de ser considerada a grande informalidade característica do setor de construções, que desafia diagnósticos quali-quantitativos dos resíduos gerados.

De acordo com a ABRELPE (2021, 2022) a região sul (RS, SC e PR), nos últimos dois anos totalizou aproximadamente 13 milhões de ton/ano de RCD. Observa-se que houve um aumento da quantidade de RCD gerada na região de aproximadamente 3,09% no ano de 2021 em relação ao ano de 2020. A Tabela 2 apresenta os respectivos valores para os anos citados anteriormente. (ABRELPE, 2021, 2022).

Já a Pesquisa Setorial da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (Abrecon), lançada no ano de 2020, apresenta um total de 5,7 Mt/ano de resíduos gerados apenas no estado do RS. De acordo com os dados fornecidos pela instituição, as estimativas de geração desses materiais foram realizadas utilizando o indicador de 500 kg/habitante/ano. (ABRECON, 2020).

A divergências entre as estimativas elaboradas para as duas associações se dá em função do volume gerado por kg/habitante/ano. Para os anos de 2020 foi-se considerado cerca de 221,2 kg/habitante/ano e para o ano de 2021, 227 kg/habitante/ano nas estimativas da ABRELPE. (ABRELPE, 2021,2022). Já a ABRECON considera cerca do dobro, gerando estimativas muito superiores para os estados da região sul.

Tabela 2: Coleta de RCD pelos municípios na região Sul

Ano	T/RCD/ano
2021	6.572.920
2020	6.369.615

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Juntamente com as regiões metropolitanas de Recife, Salvador, Fortaleza, Brasília e Curitiba, o aglomerado urbano de Porto Alegre representa cerca de 30% da população brasileira. Por apresentar uma concentração populacional alta em áreas de pequena extensão, a gestão e descarte irregular de resíduos de construção são problemas graves evidenciados nessas regiões. (ABRECON; 2020).

Tratando-se dos dados especificamente do estado do Rio Grande do Sul (RS), o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS-RS) (2014), apresentou dados de geração de RCD para cada mesorregião e o total estimado para o estado no ano de 2014, conforme Tabela 3. Como o plano tem vigência até 2034, os dados apresentados ainda correspondem ao ano de criação do documento, não sendo encontradas atualizações referentes aos anos subsequentes. Devido à inexistência do controle ou registro da geração de resíduos em atividades de construções informais, impossibilitando a elaboração de um banco de dados real, a quantificação dos RCD é calculada com base na taxa de 520 kg/hab.ano, indicada pelo Guia para Elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos e na população urbana dos municípios. (PERS-RS, 2014).

Tabela 3: Geração estimada de RCD por mesorregião do Estado para o ano de 2014

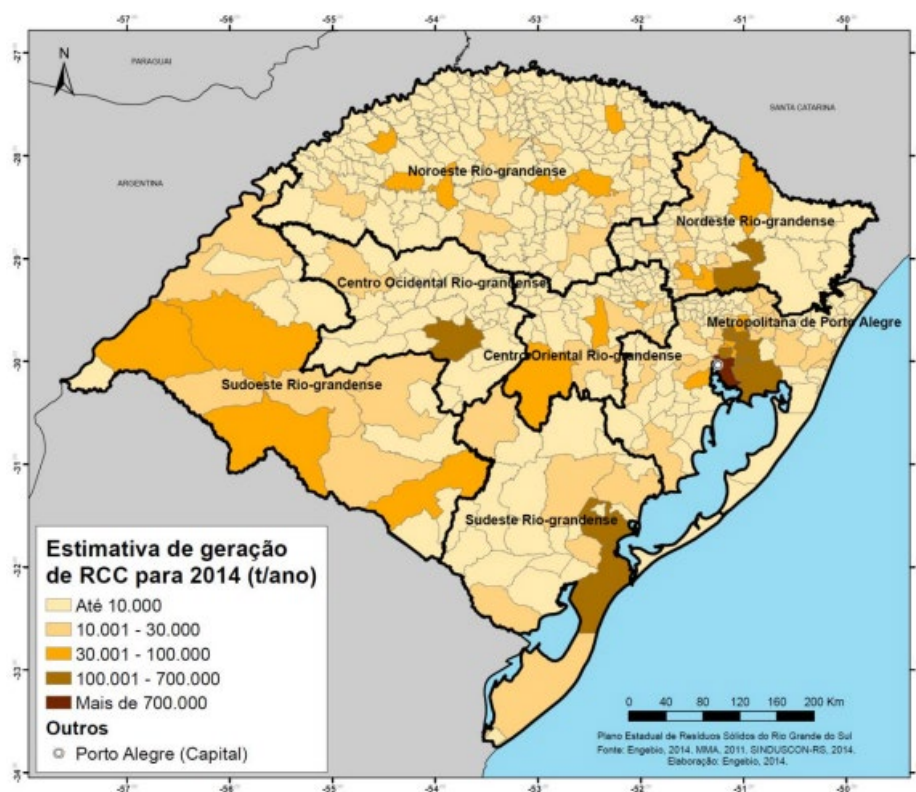
Mesorregião	População Urbana (2014)	Nº de municípios na Mesorregião	Geração de RCC (t/ano)	Geração Mesorregião
Centro Ocidental Rio-grandense	440.279	31	228.945	4,71%
Centro Oriental Rio-grandense	558.776	54	290.563	5,98%
Metropolitana de Porto Alegre	4.616.652	98	2.400.659	49,42%
Nordeste Rio-grandense	963.850	54	501.202	10,32%
Noroeste Rio-grandense	1.390.106	216	722.855	14,88%
Sudeste Rio-grandense	758.100	25	394.212	8,11%
Sudoeste Rio-grandense	614.378	19	319.476	6,58%

Total do Rio Grande do Sul	9.342.141	497	4.857.913	-
----------------------------	-----------	-----	-----------	---

Fonte: PERS-RS (2014) apud (MMA, 2011; SINDUSCON-RS,2014; ENGEBIO, 2014)

Tratando-se de dados de município, a região metropolitana de Porto Alegre apresenta uma geração de 100 a 700 mil ton/ano, de acordo com o PERS-RS. A Figura 4 exibe a geração estimada de resíduos sólidos da construção civil para os municípios do Rio Grande do Sul. De acordo com as informações do mesmo relatório, não há dados disponíveis referentes à composição dos resíduos de construção civil no Estado. (PERS-RS, 2014).

Figura 4: Estimativa de geração de RCC por município do Rio Grande do Sul, para o ano de 2014



Fonte: PERS-RS (2014) apud (MMA, 2011; SINDUSCON-RS,2014; ENGEBIO, 2014)

O principal método, segundo Poon (2007) para se alcançar a redução do desperdício (ou a não geração de resíduos) é através de mudanças nos conceitos de projeto e seleção dos materiais e métodos construtivos. Dentre essas medidas e conceitos de projeto pode-se citar: coordenação dimensional e padronização, minimização de obras temporárias, projeto com maiores níveis de detalhamento e redução de modificações tardias no projeto.

2.3 ESTRATÉGIAS DE ECONOMIA CIRCULAR PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A geração de resíduos de construção produz impactos ambientais, econômicos e sociais significantes, contudo possui grande potencial de reutilização e reciclagem de materiais como concreto, tijolos e madeira. Os resíduos podem ser categorizados em três grupos (resíduos sólidos municipais, resíduos líquidos e resíduos de demolição), o processo de gerenciamento e os impactos ambientais desses materiais devem ser definidos e avaliados individualmente. (LI *et al.*, 2022; SÖZER; SÖZEN, 2020).

Em diversos países, a gestão eficaz desses resíduos se tornou uma prioridade, principalmente devido ao fato de que o espaço físico disponível para a disposição final desses materiais é limitado. Em Hong Kong, por exemplo, cerca de 40% da capacidade dos aterros sanitários disponíveis já foi utilizada para gerenciar resíduos da construção civil (POON, 2007).

A quantidade de resíduos sólidos de construção e demolição e o correspondente processo de gestão desses materiais dependem e variam de país a país. Baseiam-se nas políticas e regulamentações vigentes em cada governo, além da infraestrutura disponível para o descarte adequado desses resíduos. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

A falta de políticas governamentais locais específicas de gestão desses materiais e o crescimento urbano desenfreado ainda são fatores que intensificam problemas de coleta, transporte e destinação desses resíduos. Esses coeficientes acentuam práticas como o descarte ilegal em locais públicos, cursos d'água e encostas, comumente observadas em países como o Brasil. (NUNES; MAHLER, 2020).

Tendo em vista essa preocupação referente aos efeitos ecológicos adversos da má gestão de RCD, autoridades da União Europeia têm demonstrado um crescente interesse em assegurar o crescimento sustentável e garantir a gestão correta dos resíduos de construção e demolição, não só a uma escala local, bem como a uma escala regional. Baseando-se na Diretiva 2008/98/CE, um dos seus principais objetivos dos governos europeus são a redução dos impactos ambientais associados à geração de resíduos, e aos espaços destinados aos aterros sanitários,

como também, à mitigação do esgotamento dos recursos naturais utilizados nas atividades do setor da construção civil. (BORGHI; PANTINI; RIGAMONTI, 2018).

Na indústria da construção civil, a economia circular garante uma redução de geração de resíduos além da preservação de recursos naturais (utilizados como matéria-prima). Embora mais consolidada em países da Europa e Ásia, no Brasil um dos principais impedimentos para disseminação da prática no setor é a falta de envolvimento dos governantes, visto que a ferramenta depende substancialmente de políticas nacionais. (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

Os estudos de Munaro e Tavares (2022^a), reforçam a falta de uma organização e regulamentação política sobre os aspectos da EC, aliada a questões técnicas para a transição circular, como os maiores obstáculos para a adoção da prática no setor da construção civil. Isso porque essas categorias enfatizam medidas como: necessidade de instrumentos regulatórios, ações fiscais, política de governança integrada à agenda de desenvolvimentos sustentável, falta de um plano de RCD integrado e de um sistema de gestão e informação nas cadeias de valor da construção.

Apesar dessas barreiras, várias estratégias podem ser adotadas para validar os princípios da economia circular na construção ao longo do ciclo de vida do edifício. Dentre as mais comuns pode-se citar (BARRETO NETO *et al.*, 2021):

- *Eco-Design*: metodologia que foca no desenvolvimento de produtos sustentáveis considerando fatores ambientais desde a fase de projeto.
- Avaliação do Ciclo de Vida: ferramenta que avalia os impactos ambientais de um produto ou serviço em todas as fases de sua vida, incluindo extração, produção, distribuição, uso e fim de vida.
- Servitização: estratégia que envolve a mudança de um modelo de propriedade para um modelo de serviço ou uso, permitindo o uso mais eficiente dos recursos.
- Reutilização em obra: visa minimizar o consumo de matérias-primas e reduzir as distâncias de transporte através da reutilização de materiais diretamente na obra.
- Manutenção: manutenção periódicas realizadas durante a fase de uso do produto garantem níveis mínimos de qualidade e prolongam sua vida útil.

- Reabilitação parcial: trata-se de intervenções em elementos específicos do sistema com base no seu estado de degradação, mantendo a identidade e o contexto do edifício.
- Reabilitação total: trata-se de uma reestruturação completa do sistema devido à deterioração significativa, preservando a identidade e o contexto do edifício.
- Desconstrução: desmontagem cuidadosa com o objetivo de maximizar a recuperação de materiais e componentes do sistema.
- Recuperação de energia: utilização do poder calorífico de materiais residuais para gerar energia.

O Quadro 3 apresenta a aplicação aspectos da economia circular para cada etapa do ciclo de vida das edificações. (FILHO; FRASSON; CONTI, 2019).

Quadro 3: Aspectos de Economia Circular durante o ciclo de vida do edifício

Estágio do ciclo de vida	Aspectos de Economia Circular
Projeto	Projetar visando à adaptabilidade e flexibilidade
	Projetar visando à padronização
	Projetar visando à redução de resíduos
	Projetar objetivando modularizações
	Especificar materiais recuperados
Manufatura e suprimentos	Utilizar conceito de “Eco-Design”
	Utilizar menos materiais – otimizar o uso destes
	Utilizar menos materiais perigosos (contaminantes)
	Utilizar materiais com maior vida útil
	Prever a desmontagem do produto
	Prever a padronização do produto
	Prever sistemas de devolução
Construção	Utilizar de logística reversa
	Reduzir a geração de resíduos
	Procurar reutilizar materiais
	Procurar reciclar materiais
Reformas	Utilizar peças pré-fabricadas
	Reduzir a geração de resíduos
	Reduzir a necessidade de manutenção
	Utilizar recursos de fácil reparação e substituição
	Promover adaptabilidade
Final de ciclo de vida	Promover flexibilidade
	Desconstrução
	Possibilitar demolição seletiva
	Reutilização de componentes
	Reciclagem de materiais

Fonte: Adams *et al* (2017) apud Filho, Frasson e Conti (2019)

As ações aplicadas no início da cadeia produtiva são de extrema importância e apresentam impactos relevantes nas etapas de fim de vida. A gestão dos materiais extraídos da demolição da edificação é superiormente efetiva quando abordada

durante a fase de concepção de um projeto. Apesar de reconhecerem a fase de projeto como o momento mais eficaz para lidar com esse problema, os especialistas apontam uma falta de clareza sobre as estratégias específicas que devem ser empregadas por projetistas e engenheiros. (AKANBI *et al.*, 2019).

O conceito de *design* para desconstrução tem sido abordado na tentativa de restaurar o uso dos materiais extraídos das práticas de demolição. Esse método altera o processo linear de gestão de RCD e se apresenta como uma importante técnica para reinserir materiais na cadeia produtiva, minimizando a necessidade de extração de novas matérias-primas. (RIOS; CHONG; GRAU, 2015).

Caracterizado como um processo de desmontar os componentes de uma construção de forma cuidadosa, a desconstrução é um método utilizado para desmontar elementos de construção durante a fase de demolição e visa causar o mínimo de danos possível. Tem como objetivo reutilizar alguns desses componentes após um processo de condicionamento ou reforma e contempla também a reciclagem dos materiais extraídos. Pode ocorrer durante uma reforma, na adaptação de um prédio para um novo uso ou no final da vida útil de uma construção. Para reutilizar esses elementos de forma integral, geralmente é necessário um plano de desconstrução ou reconstrução, e os tamanhos dos elementos devem ser padronizados para facilitar a reutilização. (OLIVEIRA; QUALHARINI, 2018).

Rios, Chong e Grau (2015) destacam que para uma eficaz implementação de um projeto para desconstrução, uma série de princípios deve ser adotados, sendo eles:

- Documentação adequada de materiais e métodos para desconstrução;
- Projeto as conexões acessíveis e métodos de junção para facilitar a desmontagem (por exemplo, minimizando as conexões químicas e de soldagem e usando conexões aparafusadas, aparafusadas e pregadas, usando estrutura pré-fabricada e/ou modular);
- Separar itens não recicláveis, não reutilizáveis e não descartáveis, como sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos;
- Projetar estrutura e formas simples que permitam a padronização de componentes e dimensões;
- Design que reflita práticas trabalhistas, produtividade e segurança.

Práticas já parcialmente utilizadas no setor como reciclagem, por exemplo, possibilitam a incorporação de materiais secundários em obras de engenharia. Dessa forma, há uma redução na necessidade de extração de novas matérias-primas na fonte, em especial aquelas não renováveis. (BORGHI; PANTINI; RIGAMONTI, 2018; OLIVEIRA; DE OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

Tratando-se das técnicas de reciclagem de entulhos gerados a partir das atividades de demolição, a segregação e reciclagem do material podem ser realizadas diretamente da obra, quando as condições forem favoráveis a esse processo, eliminando-se assim os custos com transporte. Esse processo pode ocorrer através de técnicas de baixo custo (com instalações e equipamentos mais simples) ou com o investimento de tecnologias mais sofisticadas. Contudo, as opções mais tecnológicas necessitam de uma escala maior de produção, exigindo áreas e equipamentos para seleção, trituração e classificação dos materiais. (RIBEIRO; DE MOURA; PIROTE, 2016).

2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS RELACIONADAS À ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente há uma série de leis, resoluções, normas, normativas e decretos que estabelecem diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos das atividades da construção civil. O Quadro 4 compila as principais legislações nacionais que podem ser relacionadas à economia circular no setor da construção civil.

Quadro 4: Principais resoluções nacionais referentes a EC na construção civil

	Política pública	Ano	Título	Objetivo
Leis Federais	Lei 9.795	1999	Política Nacional de Educação Ambiental	Desenvolvimento de um sistema integrado de compreensão do ambiente
	Lei 10.257	2001	Diretrizes Gerais da Política Urbana	Desenvolvimento das funções sociais da cidade e a propriedade urbana
	Lei 11.445	2007	Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico	Estabelecer diretrizes para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico
	Lei 12.187	2009	Política Nacional sobre Mudança do Clima	Desenvolvimento sustentável para enfrentar as mudanças climáticas e atender às necessidades da população
	Lei 12.305	2010	Política Nacional dos Resíduos Sólidos	Gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos

	Lei 14.026	2020	Atualiza o quadro jurídico para saneamento básico	Atualiza o marco legal da base de sistema de saneamento
	Portaria 280	2020	Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos	Implementar a ferramenta de gestão e documentação obrigatória de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos
Resoluções	Resolução n° 307	2002	Resolução CONAMA n° 307	Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção
	Resolução n° 348	2004	Resolução CONAMA n° 348	Incluir o amianto na classe de resíduos perigosos
	Resolução n° 431	2011	Resolução CONAMA n° 431	Estabelecer uma nova classificação para o gesso como pertencente à classe B
	Resolução n° 469	2015	Resolução CONAMA n° 469	Atualizar alguns requisitos da Resolução n° 307
	Resolução n° 448	2021	Resolução CONAMA n° 448	Atualizar alguns requisitos da Resolução n° 307
Planos	Plano de Ação	2011	Plano de ação para a produção e consumo sustentável	Estimular dinâmicas e ações que contribuem para o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira

Fonte: Adaptado de Munaro e Tavares (2022^a)

Dentre as leis citadas no quadro acima, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010):

“[...] reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos”

Baseia-se em uma série de princípios e objetivos que abordam as esferas ambientais, sociais e econômicas. Dentre eles pode-se citar (BRASIL, 2010):

- A prevenção e a precaução;
- A visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- A ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;

- O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; entre outros.

Já o Marco Legal de Saneamento (Lei nº14.026), estabelece a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), como entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A ANA atua como órgão de articulação entre o Plano Nacional de Saneamento Básico, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Esta lei estipula diversas diretrizes para o uso dos recursos hídricos do país, bem como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente. (BRASIL, 2020^a).

A Portaria 280/2020 estabelece o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) nacional como ferramenta de uso obrigatório pelos geradores de resíduos, visando ao rastreamento da massa de resíduos gerada. Trata-se de uma ferramenta online, emitida pelo Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), onde dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, controlando a geração, armazenamento temporário, transporte e destinação dos resíduos sólidos no Brasil. A Tabela 4 apresenta os dados disponibilizados pela ferramenta para destinação final de RCD gerados no país para o ano de 2019. (BRASIL, 2020^b).

Tabela 4: Tipos de destinação adotadas para RCC

Tipo de destinação	Massa (t)	%
Reciclagem	845.933,70	10,22
Aterro de Resíduos da Construção Civil (=inertes)	2.999.139,40	36,23
Aterro sanitário	2.871.573,40	34,69
Aterro controlado	611.169,10	7,38
Lixão	950.959,40	11,49
Totais	8.278.775,00	100

Fonte: SINIR (2021)

A Resolução do CONAMA nº 307 estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. A Resolução considera uma série de fatores como: os impactos ambientais gerados pelo RCD; o significativo percentual de RCD produzido nas áreas urbanas; a responsabilidade dos geradores de RCD produzidos nas atividades de construção, reformas, reparos

e demolições, assim como os benefícios de ordem social, econômica e ambiental que a gestão integrada de resíduos proporciona. (CONAMA, 2002).

Dentre as suas diretrizes, estabelece a classificação dos resíduos de construção e demolição. O Quadro 5 apresenta as divisões estabelecidas por essa resolução, exemplificando os resíduos pertinentes a cada classe, bem como descrevendo sua correta destinação, seja por meio de reciclagem, reutilização ou disposição final. (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2018).

Quadro 5: Classificação dos RCD de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA

Classe	Definição	Exemplo	Destinação
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis	- Resíduos oriundos de obras de infraestrutura; - Resíduos recicláveis, como: metais, vidros, papelão e etc.; - Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto.	Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações.	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias (cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno).	Devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem.	Resíduos de gesso.	Devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção.	Tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e etc.	Devem ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: CONAMA (2005) e CONAMA (2015) apud Loch, Stocker e Bertolini. (2018)

Tratando-se de diretrizes estaduais, o Rio Grande do Sul possui o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, elaborado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler (FEPAM). Visa compreender o cenário atual do Estado na geração e

tratativa de resíduos sólidos, bem como planejar ações para atendimento das metas de curto, médio e longo prazo na gestão desses resíduos. (PERS-RS, 2014).

O documento especifica a Resolução nº109/2005 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) como legislação estadual específica para os resíduos oriundos das atividades da construção civil. Porém salienta que essa diretiva é anterior a Resolução nº 307 do CONAMA e da elaboração do PNRS-RS, necessitando de revisões. (PERS-RS, 2014).

O texto apresenta um panorama dos resíduos sólidos para o estado do RS, abordando os atores estaduais (órgãos que auxiliam e atuam na região para melhoria de condições e manejo de RCD), os geradores desses materiais, a geração e composição dos RCD no estado e manejo desses resíduos. Aponta ainda que devido à inexistência de registros, principalmente em atividades da construção informais, há uma dificuldade de obtenção de dados reais para a quantificação de RCD no Rio Grande do Sul. Apresenta ainda aspectos econômicos e financeiros da gestão de RCD. (PERS-RS, 2014).

Embora as políticas públicas, já estabelecidas em território nacional, apresentem estratégias da economia circular (política dos 9Rs) o quadro jurídico do Brasil ainda possui uma ênfase em estratégias lineares. O Quadro 6 exhibe as características das leis citadas anteriormente segregadas de acordo com a escala do princípio dos 9R da economia circular.

A partir dessa classificação, é possível identificar que há uma concentração maior de leis e resoluções nas estratégias que são consideradas mais lineares. Como exemplo, não há nenhum documento focado no principal princípio: a não geração de resíduos. As Resoluções do CONAMA são um exemplo prático das estratégias adotadas, visto que ainda focam na separação e classificação dos RCD, em contrapartida da minimização dos mesmos. (MUNARO E TAVARES, 2022^a).

Quadro 6: Correlação das políticas públicas brasileiras com a estrutura dos 9R

Estratégias	Políticas públicas	Instrumentos circulares
Recusar (R0)	-	-
Repensar (R1)	Resolução 348	Ladrilhos e outros objetos e materiais que contenham amianto são materiais perigosos
Reduzir (R2)	Lei 11.445 e Lei 14.026	Redução e controle das perdas de água, incentivando a racionalização e promovendo eficiência energética; Adoção da medição individualizada do consumo da água.
	Plano de ação para a produção e consumo	Aproveita os recursos naturais do ambiente local; gerencia e economiza água e energia na

	sustentável	construção; promove o uso racional de materiais de construção.
	Lei 12.187	Redução das emissões de gases do efeito estufa.
Reuso (R3)	Lei 10.257	Uso de áreas urbanas não utilizadas, ou subutilizadas; usucapião de imóveis urbanos; regularização de edificações seguindo as atuais legislações.
	Lei 11.445 e Lei 14.026	Reaproveitamento de efluentes e aproveitamento de águas pluviais.
	Lei 12.305	Coleta seletiva, logística reversa e responsabilidade compartilhada.
Reparo (R4)	Lei 12.305	Plano de resíduos sólidos; coleta seletiva; logística reversa e responsabilidade compartilhada.
Recondicionar (R5)		
Remanufatura (R6)		
Reaproveitar (R7)		
Reciclar (R8)	Lei 11.445 e Lei 12.305	Gerenciamento de resíduos sólidos.
	Resolução n° 307 e n° 448	Classificação e destinação adequada de resíduos de construção. Plano de gestão de resíduos.
	Resolução n°431	Classifica gesso como resíduo reciclável classe B.
	Resolução n° 469	Logística reversa para embalagens de tinta vazias.
Recuperar (R9)	Lei 13.026	Extinção de lixões a céu aberto.

Fonte: Adaptado de Munaro e Tavares (2022^a)

Em termos de normas nacionais há uma série de documentos disponíveis que abordam os RCD e especificam diretrizes para manejo, reciclagem, reaproveitamento e disposição final desses resíduos. Dentre elas podem ser citados:

- ABNT NBR 15112 (2004): Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15113 (2004): Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15114 (2004): Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15115 (2004): Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação;
- ABNT NBR 15116 (2021): Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

Tratando-se especificamente de procedimentos e processos para a execução de normas de demolição, a NR-18 apresenta uma série de diretrizes focadas na

segurança, condições e no meio ambiente de trabalho nesse tipo de obra. Contempla diretrizes pré-demolição (como a recomendação do desligamento das linhas de água, eletricidade e gases inflamáveis e segurança das edificações vizinhas), assim como especifica processos para a remoção de entulhos das obras. (BRASIL, 2011).

Internacionalmente, há um acervo de leis, elaboradas por algumas das principais potências mundiais. O Quadro 7 abaixo apresenta um resumo de algumas dessas leis.

Quadro 7: Legislações sobre resíduos sólidos na UE, EUA e Japão

País/Bloco	Legislação	Descrição
União Europeia	Diretiva 75/442/CEE do Conselho da UE	Uniformização do tratamento dos RS nos Estados-membros.
	Diretiva 91/156/CEE, do Conselho da UE	Reutilização e reciclagem; prevenção ou redução da produção, da nocividade e periculosidade dos resíduos sólidos.
	Diretiva 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE	Prevenção e redução dos resíduos de embalagens e o seu impacto no ambiente.
	Diretiva 1999/31/CE, do Conselho da UE	Redução dos impactos sobre o ambiente relacionados aos resíduos que vão para os aterros.
	Diretiva 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE	Prevenção ou redução dos efeitos negativos da incineração e co-incineração de resíduos.
	Diretiva 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE	Enquadramento legal para o tratamento dos resíduos na comunidade.
	Diretiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE	Prevenção ou redução dos impactos da geração e gestão de resíduos e da utilização dos recursos.
Estados Unidos	Lei de Resíduos Sólidos (<i>Solid Waste Disposal Act</i>) – 1965	Define RS e indica métodos ecologicamente racionais para a disposição dos resíduos.
	Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (<i>Resource Conservation and Recovery Act – RCRA</i>) – 1976	Orientações para a gestão de RS não perigosos e autoriza a EPA para controlar os RS perigosos.
	Emendas de resíduos sólidos e perigosos (<i>Hazardous and Solid Waste Amendments – HSWA</i>) – 1984	Ampliam o âmbito e os requisitos do RCRA. Exigem da EPA regulamentação dos reservatórios subterrâneos. Estabelecem diretrizes e condições para operação e licenciamento da destinação de RS em aterros sanitários.
Japão	Lei básica do Meio Ambiente	Protege o meio ambiente.
	Lei para a utilização eficiente de recursos	Rege a utilização dos RS e prevê reciclagem e reutilização.
	Lei Fundamental para o estabelecimento do “Ciclo de Materiais”	Estabelece a Material Cycle Society (SMC), fornecendo os princípios para gestão de resíduos japonesa.
	Lei de Gestão de	Redução na produção de resíduos, tratamento de

	Resíduos e Limpeza Pública	RS, instalação de estações de tratamento, regulamento sobre empresas de serviços para resíduos, criação de normas de tratamento de resíduos, etc.
--	----------------------------	---

Fonte: Jucá *et al* (2014) apud Bohana (2020)

Nos EUA, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) desenvolveu uma série de normas aplicadas a cada etapa de demolição, apresentados no Quadro 8, baseada nas normas direcionadas as atividades de construção. De acordo com a instituição, os processos de demolição envolvem riscos adicionais devido a riscos desconhecidos, tornando assim a execução dessas atividades um processo perigoso. (OSHA, [s. d.]

Quadro 8: Relação de normativas de demolição

Número	Título
1926:850	Operações preparatórias
1926:851	Escadas e passagens
1926:852	Calhas
1926:853	Remoção de materiais através de aberturas
1926:854	Remoção de paredes, seções de alvenaria e chaminés
1926:855	Manual de remoção de pisos
1926:856	Remoção de paredes, pisos e materiais com equipamentos
1926:857	Armazenamento
1926:858	Remoção das estruturas de aço
1926:859	Demolição mecânica
1926:860	Demolição seletiva por explosivos
Norma base: 1926 Subpart T	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), adaptado de OSHA (s.d)

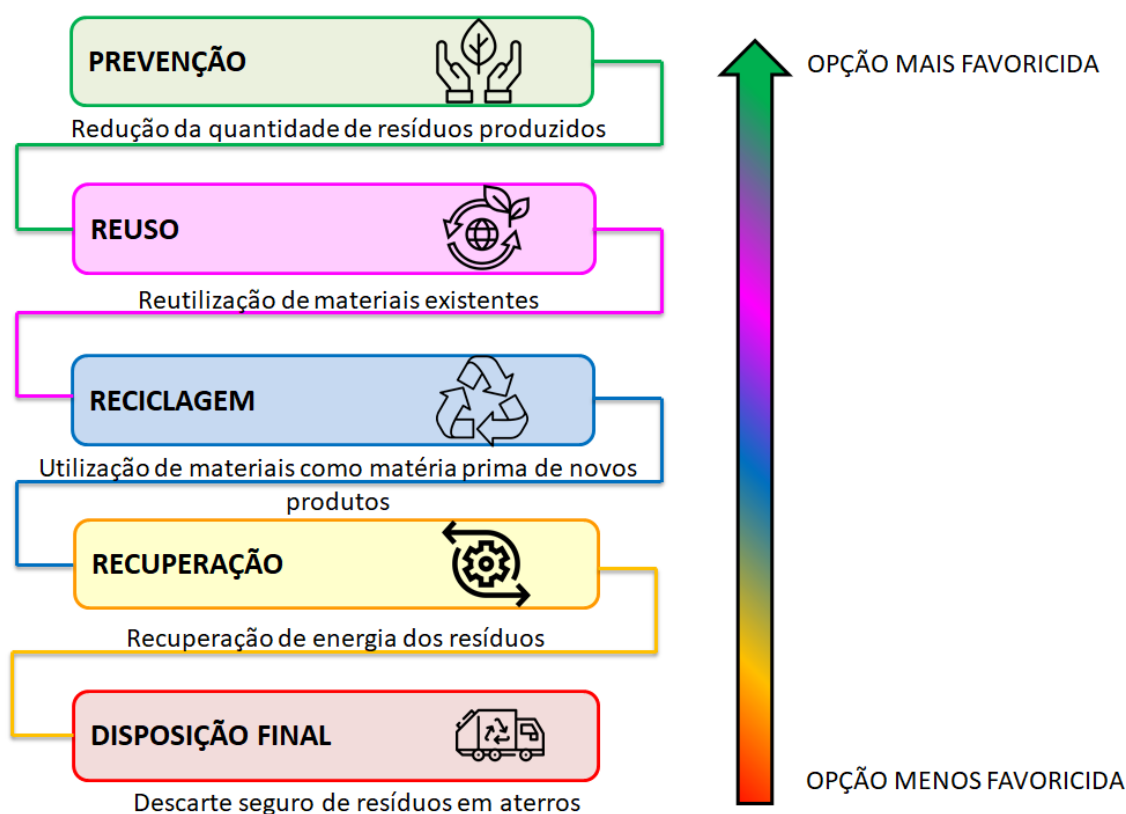
O Protocolo e Diretrizes de Resíduos de Construção e Demolição da UE, desenvolvido pela Comissão Europeia, recomenda melhorias na identificação de resíduos, separação e coleta na fonte, logística, processamento e gestão da qualidade. Este protocolo cita que um plano integral de gestão de resíduos sólidos urbanos deve conter um relatório de gerenciamento de resíduos (na fase de projeto) e um plano de gerenciamento de resíduos no local. Esse modelo deve incluir (IODICE *et al.*, 2021; RUIZ; RAMÓN; DOMINGO, 2020):

- Procedimentos de demolição/desconstrução;
- Classificação dos resíduos gerados;
- Medidas preventivas para redução de resíduos;
- Procedimentos de transporte;

- Identificação do tratamento final dos RCD gerados (reutilização, recuperação ou disposição final);
- Medidas para segregação obrigatória no local;
- Plantas de instalações de tratamento de RCD;

A Diretiva 2008/98/CE que estabelecia metas para a reutilização, reciclagem ou recuperação de no mínimo de 70% (em peso) de RCD até 2020, teve seus objetivos revisados em 2018. A nova versão do documento propõe novos intuitos para os RCD e suas frações específicas até 2024, apresentando a hierarquia para gestão dos resíduos, conforme Figura 5. (IODICE *et al.*, 2021).

Figura 5: A hierarquia dos resíduos de acordo com a Diretiva 2008/98/CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), adaptado de Comissão Europeia (s.d) e Cole *et al.* (2014)

Já a norma britânica British Standard (BS) 6187:2011 apresenta recomendações de boas práticas para obras de demolição total e parcial, de edifícios, instalações e estruturas. Aborda métodos e técnicas de demolição buscando gerenciar questões ambientais e os riscos à saúde e segurança nessas

atividades. É indicada para procedimentos de demolição realizados como parte de uma reforma estrutural e abrange também o descomissionamento. (BS 6187, 2011).

2.5 PERSPECTIVAS SOCIAIS DA ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Referente aos impactos sociais que a economia circular acarreta, vários estudos apontam a geração de empregos como uma das vantagens principais de se adotar a metodologia no setor da construção civil. No Brasil, apenas nas atividades de reciclagem de materiais (gestão, separação e destinação), o ganho em termos de empregabilidade pode resultar em cerca de 150 mil novas vagas. Esse dado se dá com base na capacidade de produção das usinas, que produzem entre 3 mil e 6 mil metros cúbicos de agregado reciclado, e podem empregar sete trabalhadores. (TORRES, [s. d.]).

A adoção de práticas de desconstrução em preferência à demolição também acarreta benefícios no âmbito social, visto que, permite que a mão-de-obra não necessite de qualificação específica, favorecendo assim a contratação de minorias e garantindo o acesso a emprego e renda dessa classe. Isso é possível em função da desconstrução não necessitar de equipamentos pesados de habilidade técnicas, o que possibilita a inserção de trabalhadores não especializados no mercado de trabalho, apenas com o treinamento necessário para a realização das atividades. (RIOS; CHONG; GRAU, 2015)

Ainda referente à geração de empregos, a EC proporciona uma cadeia de processos, nos quais diversas vagas podem ser alocadas. Baseando-se no ciclo dos resíduos, o fluxo de geração de empregos se daria através de contratações subsequentes: o empreiteiro contrata a empresa de demolição, que por sua vez contrata uma empresa de transporte e, que no ciclo atual, destina o entulho aos aterros. (OVERSTREET, 2023).

Overstreet (2023) destaca que nesse processo diversos materiais poderiam ser reaproveitados ou recuperados. Portas, janelas, acabamentos e materiais de grande porte, como louças, poderiam ser mais bem geridos, garantindo assim fonte de renda através da revenda das peças, e por consequência evitando-se o montante desses materiais em aterros em função da sua reutilização.

Em termos sanitários e preservação de espaço físico, a economia circular potencializa a redução do descarte inadequado de RD. Isso por sua vez proporciona

que eventos como alagamentos, deslizamento de encostas, proliferação de vetores de doenças, poluição, degradação de espaços públicos e demais prejuízos urbanos sejam evitados ou acentuados. Espalha benefícios nos gastos públicos e destinação de recursos públicos que seriam empregados para contornar esses acontecimentos. (FAGURY; GRANDE, 2007).

Em termos econômicos a economia circular, através da desconstrução, gera vantagens no custo dos materiais de construção, quando inseridos no mercado elementos reaproveitados/reciclados de obras de demolição. A utilização de materiais recuperados incentiva um novo mercado, oferece uma oportunidade de redução de taxas de descarte, equipamentos pesados e agrega valor de revenda. Essa prática reduz a quantidade de matérias-primas extraídas da natureza, diminui o descarte de elementos (muitas vezes em plena condição de uso) em aterros, garante fonte de renda e reduz o custo comparado a um material cem por cento novo. (RIOS; CHONG; GRAU, 2015).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado para a elaboração deste estudo. O procedimento metodológico utilizado foi o estudo de caso. Possui análise qualitativa e de caráter exploratório.

Este método é definido por Costa e Costa (2011) como um estudo detalhado e profundo, limitado a uma ou poucas unidades. Yin (2015) ainda salienta que essa metodologia é empregada em casos em que o pesquisador possui pouco ou nenhum controle sobre o comportamento da pesquisa, e ainda, busca responder principalmente as questões de “como” ou “por quê” o estudo está sendo realizado, apresentando como foco da proposta um fenômeno contemporâneo.

Essa metodologia pode abranger casos únicos ou múltiplos, pode ser limitado a evidências quantitativas e pode ser uma técnica útil em casos que se deseja fazer uma avaliação. É capaz de atender diversos objetivos, sendo eles: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; preservar o caráter unitário do objeto estudado; descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; formular hipóteses ou desenvolver teorias e explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. (GIL, 2002; YIN, 2015).

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa compreende quatro fases principais, relacionadas com principais cada objetivo específico do estudo, sendo elas: produção de resíduos, órgãos públicos, transporte e destinação final dos resíduos. Cada fase possui subdivisões, as quais representam o fluxo que os resíduos seguem (ou devem seguir) para completar o ciclo da economia circular, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6: Esquema da economia circular de resíduos da construção civil



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A fase 1 aborda a produção dos resíduos da construção civil. Sinaliza as fontes e origens da geração desses resíduos, e busca entender como os geradores (agentes e empresas da construção civil), têm atuado na gestão dos RCD, de acordo com os princípios da economia circular.

Já a etapa 2 refere-se aos atores públicos responsáveis pela gestão e gerenciamento dos resíduos gerados. Essa fase tem como principal objetivo entender como os órgãos competentes têm atuado, para o controle e fiscalização do ciclo dos RCD na cidade. Busca também levantar quais políticas públicas atuais fomentam os princípios da EC.

O terceiro estágio da pesquisa (etapa 3) aborda a questão do transporte de materiais. Visa estudar como essa movimentação ocorre, buscando identificar quais informações a respeito da coleta e entrega dos RCD são efetivamente declaradas. Essa fase busca identificar se ocorre a quebra do ciclo com o descarte dos materiais em aterros sanitários.

Visando responder às questões socioeconômicas dos objetivos da pesquisa, a etapa 4 compreende a investigação sobre a venda de materiais de demolição.

Nessa etapa pretende-se entender como funciona o fluxo de materiais retirados de obras de demolição, se os mesmos são reaproveitados nesse tipo de comércio, qual o público-alvo desses empreendimentos e qual o retorno social, econômico e ambiental dessa atividade. Ainda, aborda esses aspectos referentes ao processo de reciclagem de RCD, buscando entender se há algum sistema de reciclagem desses materiais, identificando como e onde esse processo acontece.

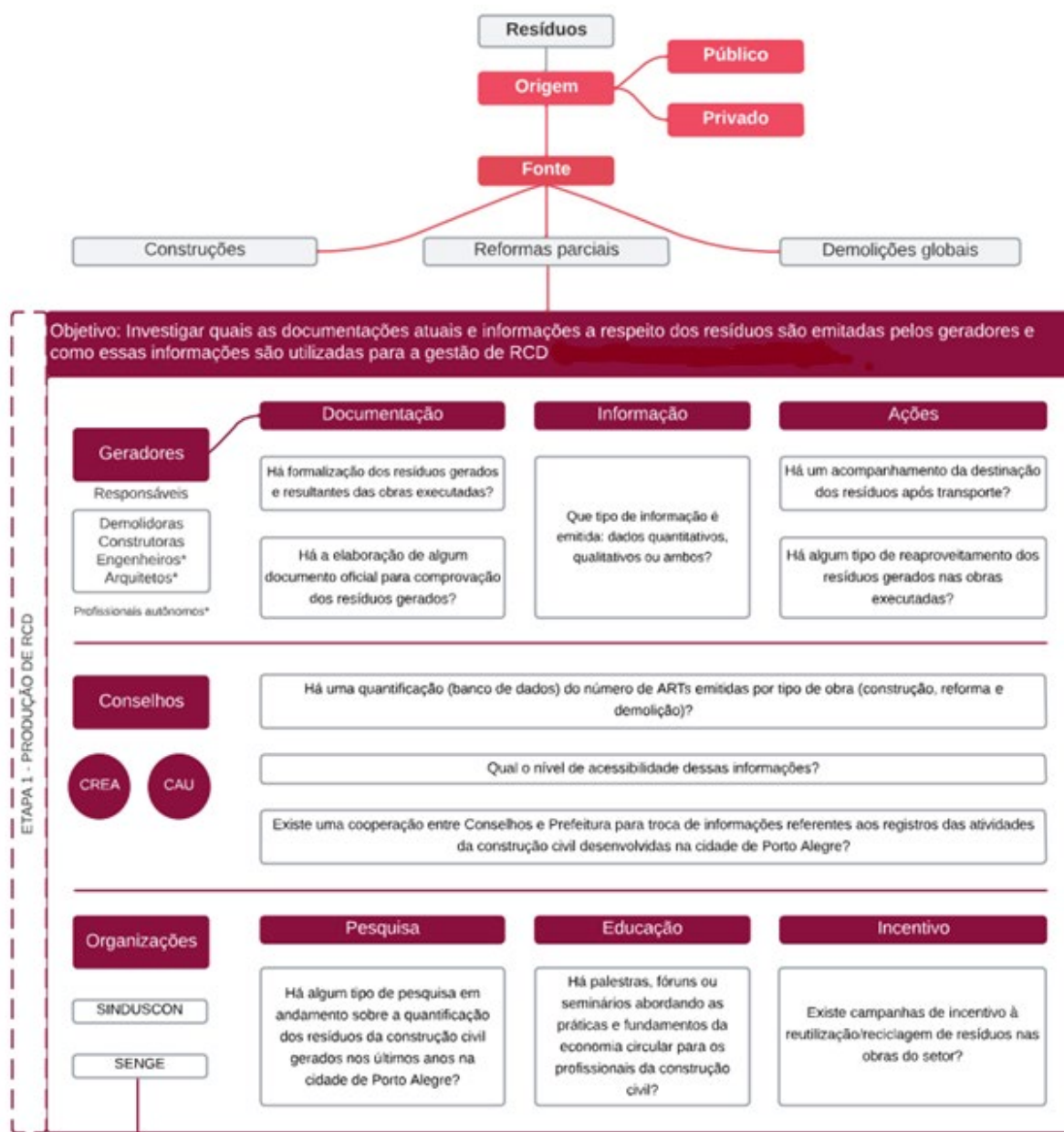
A esquematização completa e detalhada das questões abordadas em cada etapa descrita acima é apresentada no Apêndice A.

E por fim, visa apresentar e discutir os resultados obtidos, referindo-se ao ciclo dos resíduos da construção civil produzidos na cidade de Porto Alegre/RS e se os mesmos operam em uma economia circular na região.

3.1.1 Etapa 1 – Produção de RCD

De acordo com as leis vigentes, no município de Porto Alegre, a responsabilidade da gestão e gerenciamento, bem como a destinação adequada dos resíduos gerados é obrigação integral da fonte geradora. Desse modo, essa etapa da pesquisa visa compreender a atuação dos produtores no ciclo dos resíduos. A Figura 7 apresenta a esquematização dessa etapa.

Figura 7: Delineamento da etapa 1 da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com o objetivo de levantar o perfil dos agentes atuantes na geração de resíduos da construção, as questões de pesquisa citadas na Figura 7, foram respondidas através de formulário via *Google Forms* com geradores de diferentes portes. Dentre as informações levantadas destacam-se quais os tipos de obras que executam, qual tipo de serviço prestam e principalmente, quais informações relacionadas à geração de resíduos em suas obras emitem. Ao todo, 29 profissionais responderam as questões propostas pelo estudo.

A respeito da origem, foram abrangidas obras do setor privado e do setor público. Para as fontes dos resíduos foram abordadas as três principais atividades executadas no setor da construção civil: construções novas, reformas parciais, e demolições globais. Os serviços de terraplanagem e movimentação de solo também foram abordados nessa etapa. Considerando-se que a mesma empresa pode fornecer mais de um tipo de serviço, a Tabela 5 apresenta as representações de cada origem e fonte consideradas na amostra total da pesquisa.

Tabela 5: Amostragem de acordo com a origem e fonte dos RCD

Fonte/Origem	Obras Privadas	Obras Públicas
Construções novas	19	07
Reformas parciais	08	05
Demolições globais	02	02
Terraplanagem e movimentação de solo	03	05
Totais	32	19

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para o grupo de obras privadas, as fontes dos RCD foram segregadas por atividade executada pelos geradores. Entre essas atividades se encontram a execução de obras de habitação popular, obras residenciais de médio/alto padrão, comercial de pequeno/médio porte e comercial de grande porte. Para as obras públicas foram consideradas basicamente obras de infraestrutura, pavimentação e saneamento.

Para os geradores, a categoria foi subdividida em três grupos: produtores, conselhos e organizações. Considerou-se como produtores todas as fontes diretas de atores ou atividades que geram resíduos, como por exemplo: empresas de demolição, construtoras, engenheiros e arquitetos autônomos. Os conselhos e organização foram levantados devido à influência que exercem nos produtores diretos de RCD. No grupo dois foram considerados o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) e o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) do Rio Grande do Sul. E por fim o grupo três aborda organizações atuantes nas atividades da construção civil, como o Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON) e o Sindicato de Engenheiros (SENGE).

Da amostra total de entrevistados na pesquisa, os profissionais foram subdivididos de acordo com as áreas de atuação no mercado: construtoras de

pequeno e médio porte, construtoras de grande porte, engenheiros (a) civis autônomo e arquitetos (a) autônomos. As empresas atuantes somente no ramo de demolição, onde o resultado direto da atividade é a geração de resíduos, não demonstraram interesse em participar do estudo.

Os conceitos para segregar as empresas de pequeno, médio e grande porte foram utilizados de acordo com as definições do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a partir do número de funcionários contratados. Essa definição foi utilizada visto que, a maior parte dos entrevistados não possuía acesso às informações sobre os faturamentos das empresas que trabalham, impossibilitando adotar a classificação pela receita das mesmas, de acordo com as definições do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). A Tabela 6 classifica o porte considerado de acordo com as contratações.

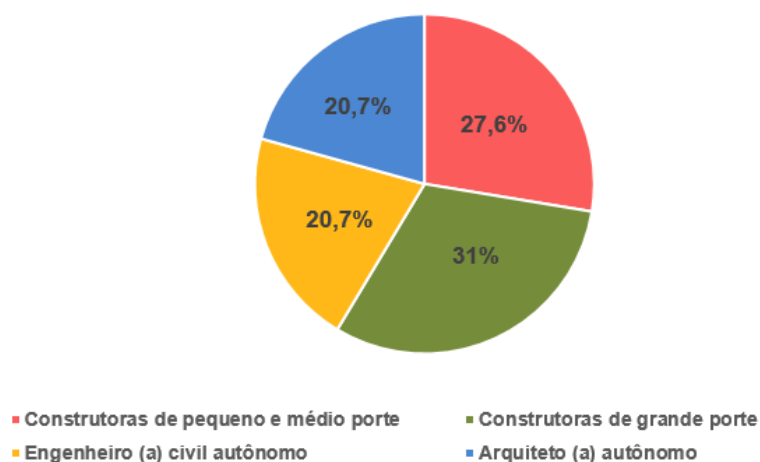
Tabela 6: Classificação do porte das empresas de acordo com o SEBRAE

Classificação	Número de empregados (indústria)
Microempresa	Até 19 empregados
Pequena empresa	De 20 a 99 empregados
Média empresa	De 100 a 499 empregados
Grande empresa	500 ou mais empregados

Fonte: SEBRAE, 2013.

Ao todo participaram da pesquisa oito (08) funcionários de construtoras de pequeno e médio porte, nove (09) funcionários de construtoras de grande porte, seis (06) engenheiros (a) civis autônomos e seis (06) arquitetos (a) autônomos. O Gráfico 1 apresenta os percentuais de cada categoria de profissionais considerada na pesquisa em relação aos 29 entrevistados.

Gráfico 1: Porcentagem das atuações dos entrevistados



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para responder as questões de pesquisa referentes aos conselhos e organizações, os representantes dos sindicatos e organizações foram contatados através de entrevistas. Foram realizadas visitas as sedes do CAU e SINDUSCON e contato via e-mail e telefone ao CREA e SENGE.

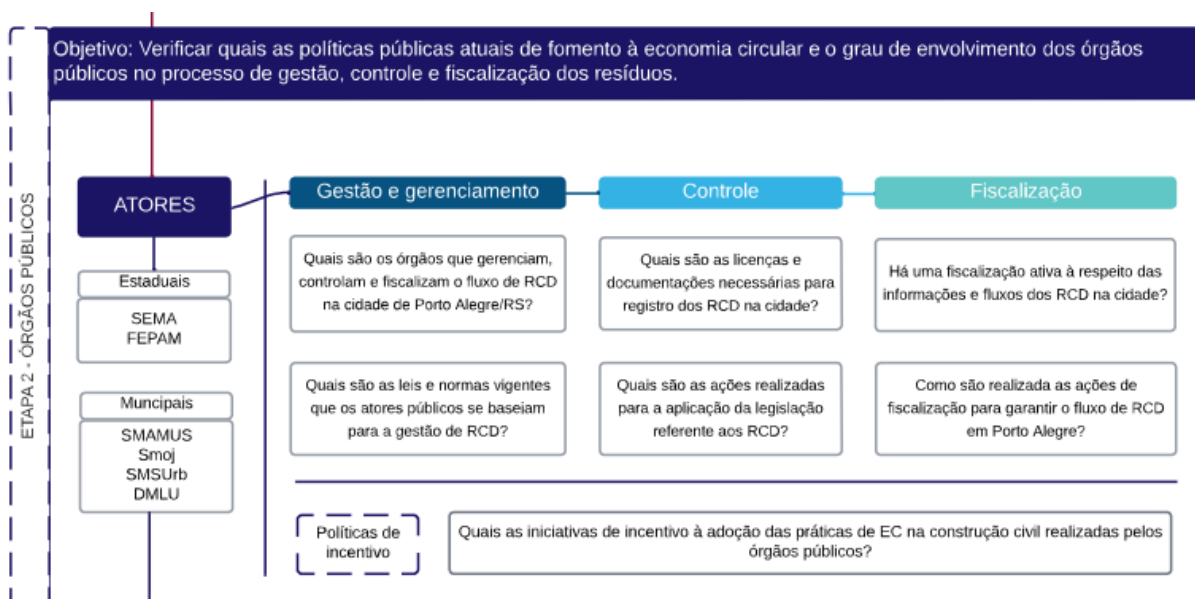
Os sites institucionais do SINDUCON e SENGE foram consultados para levantar as ações de fomento a adoção da economia circular. Foram pesquisados os temas “economia circular”; “economia linear”; “resíduos de construção”; “resíduos”; “recusar”; “repensar”; “reduzir”; “reuso”; “reparo”; “recondicionar”; “ramanufaturar”, e “reaproveitar”. Inicialmente foi-se estabelecido o período de publicações entre agosto de 2021 a agosto de 2023, porém em vista do baixo retorno, ampliou-se intervalo para maio de 2021 a agosto de 2023.

3.1.2 Etapa 2 – Órgãos públicos

Para o levantamento do setor público no regime de gestão de RCD na cidade de Porto Alegre/RS, segregou-se os atores públicos em três classes, de acordo com cada processo envolvido para o seu funcionamento. Foram elas: gestão e gerenciamento, controle e fiscalização. A Figura 8 apresenta as questões de pesquisa consideradas em cada classe, buscando entender o fluxo atual dos resíduos e os processos englobados para o gerenciamento desses materiais.

As iniciativas de incentivo à adoção as práticas da economia circular também foram consideradas nessa etapa. Para tal, buscou-se nos diretórios *online* de cada secretaria e departamento notícias, divulgações, fóruns e palestras, que abordassem as palavras chaves “reduzir”, “reuso” e “reciclar”, aliadas ao termo “resíduos da construção civil”, no período de agosto de 2021 a agosto de 2023.

Figura 8: Delineamento da etapa 2 da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As análises do primeiro grupo (gestão e controle) foram feitas através de pesquisas nos *sites* institucionais dos órgãos municipais que atuam no âmbito ambiental e urbano da cidade. Foram pesquisadas as secretarias, diretorias, departamentos e unidades que possuem ligação com a manipulação e documentação dos RCD na cidade, de acordo com as atribuições relatadas na descrição nas páginas de cada órgão. Os serviços e legislações correspondentes a cada setor também foram identificados nesse processo, através do Portal Legislação Municipal de Porto Alegre, locado no *link* <https://leismunicipais.com.br/prefeitura/rs/porto-alegre>.

Instituições públicas estaduais, como a FEPAM, que também atuam de forma significativa no gerenciamento de resíduos, foram consultados. Igualmente aos órgãos municipais citados anteriormente, em primeiro momento as buscas se deram através de pesquisa *online*, e posteriormente, através de contato via e-mail para sanar questões que os sites das instituições não abrangiam.

Para uma compreensão maior do fluxo de materiais da construção civil da cidade, as questões de pesquisa abrangidas pelas classes de controle e fiscalização, foram sanadas através de entrevista presencial com o Diretor de Licenciamento e Monitoramento Ambiental da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS), conforme questionário apresentado no Apêndice B, realizada no dia 24 de julho de 2023. A Cia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre (PROCEMPA) também foi consultada, via meios digitais (*WhatsApp*), bem como o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), através de entrevista *online* (realizada no dia 28 de junho de 2023), para aplicação do mesmo questionário realizado com o responsável pela SMAMUS.

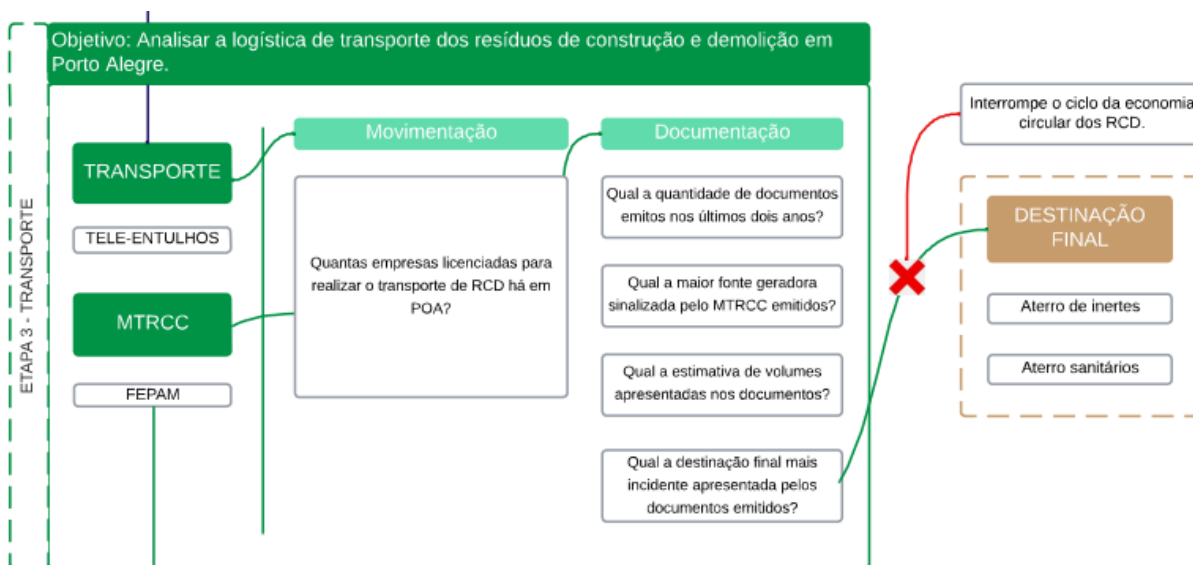
3.1.3 Etapa 3 - Transporte

A nível estadual, o inciso II, Art. 4º, da Portaria FEPAM nº 087/2018 (alterada pela Portaria FEPAM nº 12/2020), torna desobrigado do registro no Sistema MTR *Online* da FEPAM para os resíduos da construção civil. Apenas os resíduos classificados como perigosos (Classe D) são exceção.

Porém, de acordo com o Decreto nº 20.368 de 02 de outubro de 2019, o Manifesto de Transporte de Resíduos da Construção Civil *Online* (MTRCC *ONLINE*) é obrigatório para toda movimentação de resíduos sólidos da construção civil no município de Porto Alegre, salvo aqueles definidos pelo Decreto nº 18.481 (2013) como pequenos geradores. Conforme o documento, são isentos da emissão do Manifesto de Transporte, os geradores que descartam uma quantidade de até 0,5 m³ de RCD por dia.

Visto esta obrigatoriedade no município, buscou-se sanar as questões de pesquisa da etapa 3 através de buscar diretamente ao sistema MTRCC *Online*. Foi-se realizado cadastro para acesso público, tanto na plataforma da FEPAM, quanto no Sistema de Gestão de Resíduos (SGR) da cidade de Porto Alegre. A Figura 9 apresenta as principais questões de pesquisa abordadas para essa fase.

Figura 9: Delineamento da etapa 3 da pesquisa



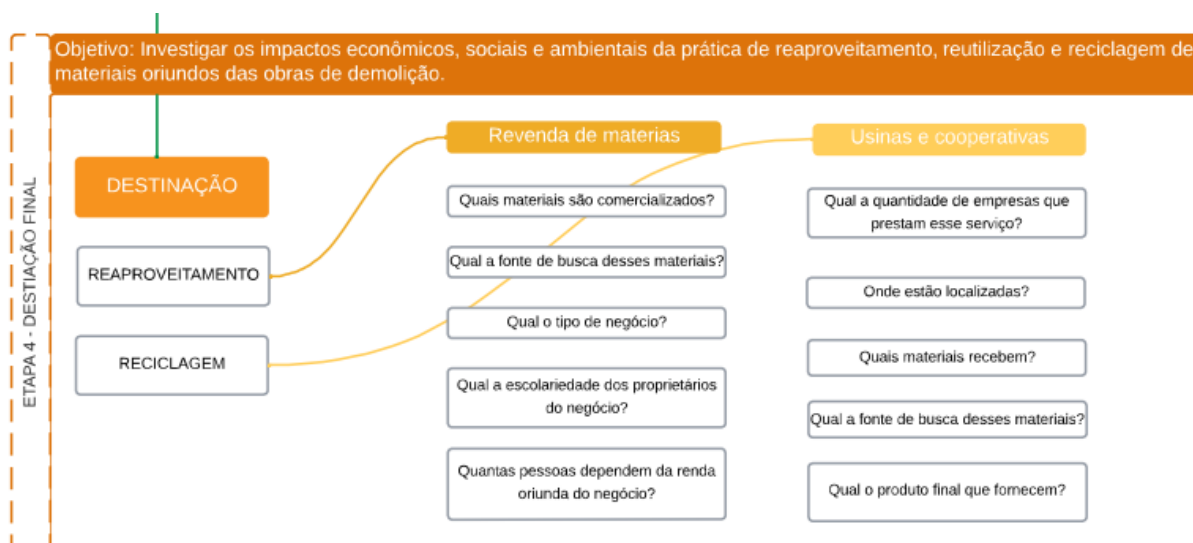
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Buscou-se identificar dados como quantidade de empresas licenciadas para o transporte de RCD na cidade, principal fonte geradora (construção, reforma ou demolições), atividade da construção civil (residencial, comercial, saneamento ou infraestrutura) com maior índice de geração de resíduos, estimativas dos volumes produzidos e principal destino desses materiais. As buscas em ambas as plataformas foram limitadas no período de agosto de 2021 a agosto de 2023.

3.1.4 Etapa 4 – Destinação

Buscando entender a destinação dos resíduos de demolição gerados no objeto de estudo, essa etapa foi segregada em dois grupos. O primeiro considerando o reaproveitamento dos materiais (balizado no R3 da estrutura circular dos 9R) onde o produto é reutilizado por outro consumidor, com o mesmo fim original. Já o segundo refere-se ao R7 apontado na Figura 2, onde o produto original (ou parte dele) é utilizado como base para a geração de novos produtos com usos diferentes do original. A Figura 10 apresenta as questões de pesquisa abordadas para os dois grupos da etapa 4.

Figura 10: Delineamento da etapa 4 da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a coleta dos dados qualitativos referentes ao grupo um, foram realizadas visitas em empresas de comercialização de materiais de construção usados, nas cidades de Porto Alegre/RS e Sapucaia/RS, bem como a análise do mercado digital desse comércio. Os empreendimentos físicos foram selecionados através de busca na ferramenta *Google Maps*. Em função da maior parte desses empreendimentos serem informais, sem registro de CNPJ, a identificação do número desses prestadores de serviço por parte do *Google Maps* se torna limitada. Devido a essa limitação, o número de amostra dos comércios estudados se deu em função do número de empreendimentos encontrados pela ferramenta e da disposição dos mesmos na participação dessa pesquisa. O levantamento de dados ocorreu através de visitas presenciais aos locais e contato telefônico, no período de novembro de 2022, e contou com a ajuda de bolsista de iniciação científica.

Já a busca digital ocorreu dentro de duas principais plataformas de compras *online*, sendo elas *OLX* e *Facebook Market*, e consistiu em anúncios de materiais como portas, janelas, louças, revestimentos, estruturas e telhas. Foram considerados os anúncios com localização na capital e em cinco das principais cidades metropolitanas: Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo (SL) e Novo Hamburgo (NH).

No total foram entrevistados cinco empreendimentos, conforme Quadro 9 abaixo, através da aplicação do questionário apresentado no Apêndice C. Divido em três âmbitos distintos, as perguntas foram classificadas em: perguntas de cunho

geral (cinza), perguntas de âmbito social (verde) e perguntas de âmbito econômico (laranja).

Quadro 9: Empresas de comércio de materiais de construção usados visitadas

Empreendimento	Local	Contato
A	Porto Alegre	Presencial
B	Porto Alegre	Presencial
C	Porto Alegre	Presencial
D	Sapucaia	Telefone
E	Sapucaia	Telefone

Fonte: Elaboro pela autora (2023)

A coleta de dados para o grupo dois (reciclagem) foi baseado nos estudos de Filho, Frasson e Conti (2019). Objetivou-se levantar a quantidade de cooperativas e usinas de reciclagem de RCD na região, abordando quesitos como localização geográfica, tipo de materiais que recebem, origem dos insumos, tipo de triagem utilizada, equipamentos utilizados e recursos humanos empregados.

A busca das instituições foi realizada através da ferramenta *Google*, através da utilização dos termos “usinas de reciclagem construção civil”, “reciclagem construção civil”, “reciclagem resíduos de construção”, “reciclagem materiais de demolição”, “usinas reciclagem de materiais de demolição”, entre outros. Foram considerados os resultados apenas localizados na capital e nas cidades da região metropolitana de Porto Alegre.

Também foram consultadas as usinas e cooperativas de reciclagem descritas no PERS-RS e na página da SMAMUS, para catalogar os locais licenciados. Para a região de Porto Alegre, o PERS-RS apresenta apenas duas unidades de triagem, tratamento e disposição final de RCD licenciadas pela FEPAM. De acordo com o documento os dois empreendedores trabalham com as atividades de aterro de inertes com triagem e beneficiamento, porém com suas licenças de operação eram válidas apenas até agosto de 2016 e setembro de 2017. Já os locais descritos na página da SMAMUS resultaram apenas para usinas e cooperativas de resíduos sólidos urbanos.

Visto a dificuldade em localizar empreendimentos que recebessem e reciclassem apenas materiais oriundos da construção civil, a busca foi ampliada para locais que trabalhassem com resíduos em geral. Foram excluídos apenas

locais onde os resíduos recebidos não possuíam qualquer conexão com a pesquisa, como empreendimentos que reciclavam sucatas de automóveis.

Ao todo foram encontrados 11 locais que recebem resíduos sólidos na região metropolitana de Porto Alegre. A Tabela 7 apresenta as quantidades e localidades desses empreendimentos. Desse total foram selecionados aqueles que receberem algum tipo de RCD, excluindo-se os que operam exclusivamente com resíduos sólidos urbanos, totalizando quatro usinas e cooperativas.

Tabela 7: Usinas e cooperativas de reciclagem selecionadas, por localidade

Quantidade de recicladoras/usinas de reciclagem	Localidade
07	Porto Alegre
02	Canoas
02	São Leopoldo

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os contatos com os empreendimentos selecionados foram realizados através de telefone e via e-mail. Buscando-se responder as questões de pesquisa abordadas nesse grupo, a ficha técnica apresentada no Apêndice D foi elaborada.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo visa apresentar os dados e resultados obtidos nas análises executadas através da ferramenta de estudo, discriminando as etapas realizadas para a obtenção dos mesmos, destacando os processos atuais da economia circular nos resíduos de demolição identificados na pesquisa.

4.1 INFORMAÇÕES QUANTO À GERAÇÃO DE RCD

De acordo com o PERS-RS (2004), os geradores de resíduos da construção civil são responsáveis diretos pela sua gestão e gerenciamento. O mesmo documento especifica que o Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGRS) só é obrigatório em casos em que o poder público exige a elaboração do mesmo.

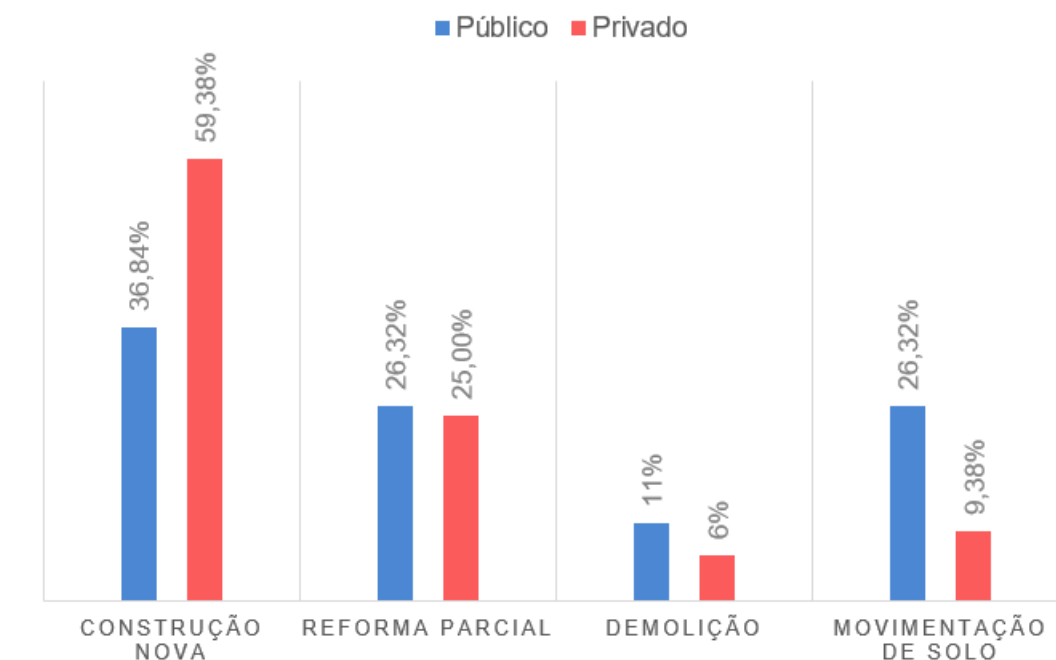
A Lei Ordinária 10.847/2010 (Porto Alegre, 2010), define que aos pequenos geradores a segregação, coleta e transporte dos resíduos gerados são de inteira responsabilidade do gerador. Ao Município fica incumbida a responsabilidade de receber e destinar esses materiais. Para empreendimentos de maior porte (que descartam uma quantidade superior a 0,5 m³ de RCD por dia), o artigo 8º da mesma lei, determina a elaboração obrigatória do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de acordo com o Apêndice C do documento.

Tratando-se da origem dos resíduos, na amostragem geral, identifica-se que 70% são de origem privada e apenas 30% dos entrevistados prestam serviços para obras públicas. Em relação às fontes geradoras, o Gráfico 2 apresenta as porcentagens registradas para cada classe, de acordo com a sua origem.

As construções novas se apresentam como a principal fonte tanto para as obras de cunho privado, quanto para as obras de cunho público. Na sequência aparecem as reformas parciais. No caso de obras de origem pública, esse dado é similar com os serviços de terraplanagem e movimentação do solo se destacam. Isso ocorre, pois, os serviços prestados nas obras públicas (infraestrutura, pavimentação e saneamento) envolvem, em sua maioria, atividades de escavação.

As demolições aparecem com o menor percentual nas duas origens dos resíduos. Esse dado pode ter resultados menores visto que, as empresas que efetuam exclusivamente os serviços de demolição não aceitaram participar do estudo.

Gráfico 2: Fontes geradoras de acordo com as suas origens na amostra pesquisada



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em relação aos RCD gerados nas obras dos entrevistados, no total, 60% responderam que os materiais receberem algum tipo de registro e controle no decorrer das atividades. Dentre esses registros se encontram a separação e quantificação dos resíduos. Já 26,67% responderam que não efetuam qualquer documentação referente a esses materiais, mesmo que a lei determine que o gerenciamento dos mesmos seja de inteira responsabilidade do gerador e o Decreto nº 21.936 de 06 de abril de 2023 estabeleça as Licenças de Obras de Simples Natureza. O restante dos entrevistados (13,33%), responderam que efetuam a averbação dos RCD somente às vezes.

Dentro da amostragem geral do setor público, observa-se que 78% dos profissionais que atuam nesse tipo de obras, documentam as suas gerações de resíduos. Quando comparado com a amostragem do setor privado, observa-se uma taxa de documentação de 26% superior, visto que cerca de 52% dos entrevistados no setor privado registram seus resíduos. Contudo, visto que a amostra representativa do setor privado é superior os prestadores de serviço público, esse dado pode não ser totalmente real. A Tabela 8 apresenta as quantidades e porcentagens encontradas para ambas as origens dos resíduos estudados.

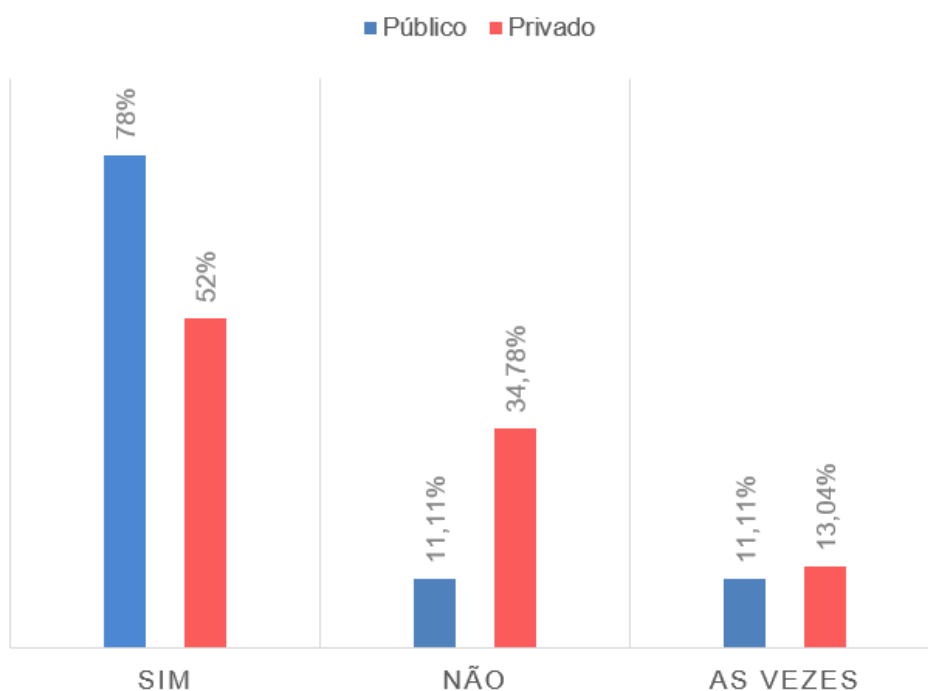
Tabela 8: Percentuais de documentação de RCD por origem

Documentação dos RCD	Sim	Não	Às vezes	Total da amostra
Público	7	1	1	9
%	78%	11,11%	11,11%	100%
Privado	12	8	3	23
%	52%	34,78%	13,04%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Apesar disso, as porcentagens de ambas as origens são superiores em comparação aos geradores que não emitem nenhuma documentação, ou aqueles que registram suas atividades apenas as vezes. O Gráfico 3 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 3: Comparativo dos registros dos RCD entre os setores público e privado



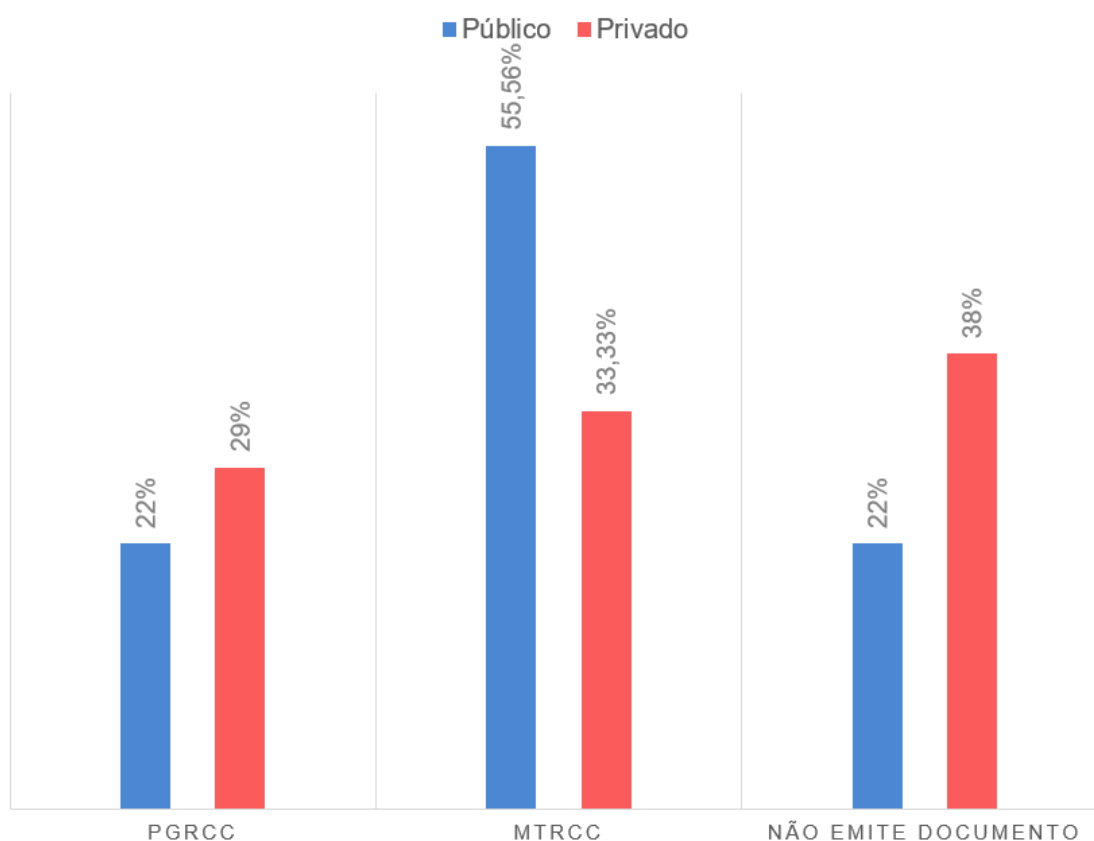
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os principais documentos emitidos pelos entrevistados que responderam que registram os resíduos gerados nas suas obras são o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), com 40% das respostas, e o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCC), com 26,67% das respostas. Dos 20 participantes da pesquisa que gerenciam seus resíduos, 60% emitem o primeiro documento citado, 40% elaboram o PGRSCC.

Visto a dimensão dos empreendimentos estudados, os resultados obtidos divulgam que todas as edificações se enquadrariam na obrigatoriedade da emissão do MTRCC. Já o PGRSCC é mandatório para empreendimentos de maior porte. Visto que 100% das obras estudadas se enquadram na definição de grandes geradores pela Lei Ordinária 10.847/2010, 26,66% apenas elaboram o Plano de Resíduos Sólidos dos materiais gerados em suas obras.

Comparando-se os tipos de documentação por origem dos resíduos, se obtém que as porcentagens por documento para o setor privado são superiores para o PGRCC e para o MTRCC. Contudo, as taxas para ambas as origens são quase igualitárias nas emissões do PGRCC. Enquanto 29% do setor privado emite o PGRCC, 22% do setor público emite o documento. Para o MTRCC essa taxa já é mais divergente, onde 33,33% do setor privado e 55,56% do setor público emitem a documentação. Contudo, a taxa dos agentes privados que não emitem qualquer documentação dos RCD é superior se comparada as atividades públicas. O Gráfico 4 identifica os comparativos por documentação e pela falta da mesma.

Gráfico 4: Comparativo entre origens, por documentação emitida referente aos RCD



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quanto à natureza dos dados levantados pelos geradores de RCD, foi questionado aos entrevistados qual tipo de informação é fornecida sobre os resíduos gerados: qualitativa, quantitativa ou ambas. Considerando-se dados qualitativos como tipo de resíduo, classificação dos resíduos e a destinação final dos mesmos. Já os dados quantitativos tratam do volume de resíduo gerado em si. Dos 18 participantes que alegam documentar os RCD gerados, cinco emitem apenas dados qualitativos, seis apenas dados quantitativos e sete emitem ambos os tipos de dados.

Contudo, os dois documentos solicitam ambos os tipos de dados (quantitativo e qualitativo). Tanto para o MTR quanto para o PGRSCC são solicitadas informações referentes à caracterização (tipo e etapa de obra), classificação, materialidade, volumes estimados e dados sobre a destinação final dos resíduos. Desse modo, apenas 28,57% dos gerados que registram de alguma maneira os RCD produzidos, emitem informações completas a respeito desses materiais aos órgãos competentes.

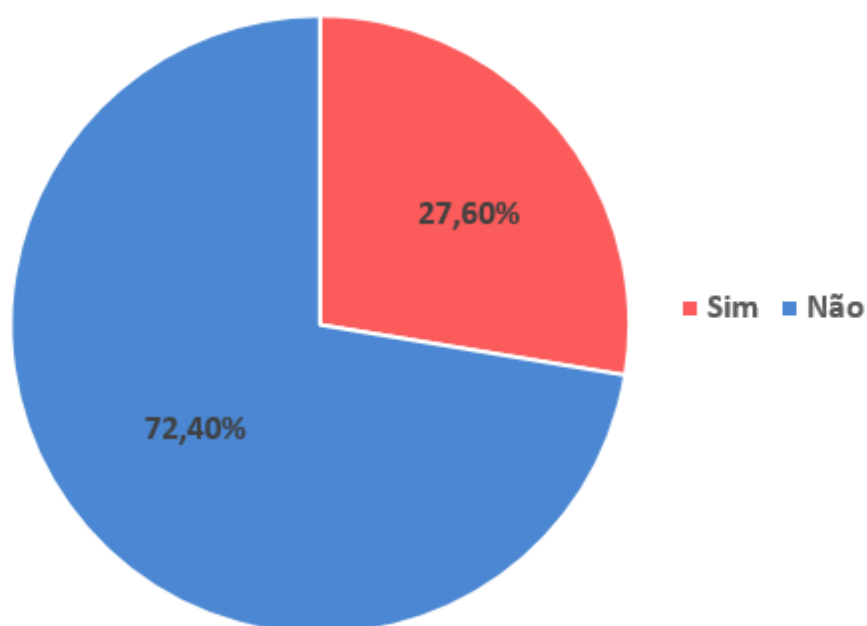
Quanto ao acompanhamento das contratadas pelas fontes geradoras, para transporte e destinação final dos resíduos de construção e demolição, o Gráfico 5 apresenta a relação dos participantes que acompanham ou não o trajeto dos seus resíduos. A maior parte dos entrevistados (72,4%) alegou não acompanhar a trajetória dos seus resíduos após a entrega para a prestadora de transporte. Apenas 27,6% responderam que há um acompanhamento e verificação da correta destinação final desses materiais por parte da contratada. A Tabela 9 classifica o perfil dos entrevistados que responderam se acompanham ou não a destinação dos seus resíduos.

Tabela 9: Perfil dos agentes da construção civil que acompanham a destinação final dos seus resíduos

	Construtoras de médio e pequeno porte	Construtoras de grande porte	Engenheiro (a) autônomo	Arquiteto (a) autônomo
Acompanham	2	4	1	1
Não acompanham	6	5	5	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Gráfico 5: Relação dos entrevistados que realizam um acompanhamento dos seus resíduos após transporte para destinação final



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Buscando-se entender se atualmente há uma política baseada nos fundamentos dos 9Rs da economia circular, e qual grau de implementação dessas ações são inseridas nos processos de construção e demolição, questionou-se aos entrevistados que medidas adotam em suas obras. Para isso considerou-se um comportamento linear como reciclar e recuperar e circular como reusar, reparar, reaproveitar e ramanufaturar. Apenas 13,33% dos profissionais alegaram implementar ações de retorno dos RCD gerados. Contudo, 30% deles afirmaram que realizam essas ações, porém não de forma frequente. E por fim 56,67% responderam que não adotam nenhuma medida de recirculação dos RCD, destinando-os para o descarte final de imediato.

O Quadro 10 apresenta as medidas adotadas pelos participantes da pesquisa. Classificando-as de acordo com as especificações da Figura 2, é possível notar que o comportamento dos agentes geradores já apresenta características mais ligadas à economia circular do que linear. Grande parte dos participantes utilizam técnicas de reuso e de reaproveitamento de materiais em suas obras, garantindo uma redução desses materiais em locais de descarte final.

Quadro 10: Classificação das medidas de retorno de RCD

Ação	Classe	Classificação
Reutilização de piso basáltico	R3 - Reuso	Circular
Utilização de materiais em acessos provisórios	R8 - Reciclagem	Linear
Reutilização de corrimão de madeira retirado de uma edificação em outra.	R3 - Reuso	Circular
Reaproveitamento de madeira	R7 - Reaproveitamento	Circular
Reaproveitamento de tubos de concreto como caixas de passagem	R7 - Reaproveitamento	Circular

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A respeito das atividades do setor que funcionam como fontes geradoras, execução de obras residenciais de médio e alto padrão possuem a maior incidência entre os entrevistados. No total 48,27% responderam que atuam nessa atividade, sendo as construtoras de grande porte seus principais executores, seguidas pelos profissionais autônomos (engenheiros civis e arquitetos). As obras comerciais de grande porte aparecem na sequência, com 24,13% das respostas, seguidas das obras comerciais de pequeno e médio porte (17,24%) e obras de habitação popular (10,34%).

Observando-se os relatos relacionados à emissão de documentação dos resíduos gerados por esses agentes, nesta atividade, nota-se que as construtoras de grande porte são as que mais emitem relatórios com as informações dos RCD gerados. Das nove participantes desse grupo, quatro responderam que emitem o PGRCC e cinco o MTR. Contudo, apenas 44% emitem os dois tipos de dados (qualitativos e quantitativos) a respeito dos resíduos gerados.

Para os profissionais autônomos, o índice de documentação dos resíduos gerados em obra é baixíssimo. De 12 profissionais atuantes na execução de residências de médio e alto padrão, apenas 25% emitem informações a respeito dos resíduos. Nenhum deles emitem as Licenças de Simples Natureza especificadas pela prefeitura.

Quanto à atuação dos conselhos a pesquisa teve por objetivo identificar se há uma troca de informações referente ao controle das responsabilidades técnicas emitidas. De acordo com o CAU-RS, até a data de 24 de julho de 2023, havia registros de 3.652 RRT para a atividade de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; 1.289 RRT para a atividade de implantação de sistema de coleta de resíduos e 1.667 RRT para a atividade de projeto de sistema de coleta de resíduos sólidos emitidas pelos profissionais de arquitetura e urbanismo. Esses dados não

foram possíveis de serem validados junto ao CREA-RS. Embora os dados referentes ao número de profissionais registrados sejam públicos, as quantidades de RRTs expedidas por atividade é privado e depende de solicitação ao setor responsável do conselho.

Ambos os conselhos declararam que atualmente não há qualquer parceria com a prefeitura para uma colaboração de banco de dados. Ambos CREA E CAU possuem os registros e realizam o controle e a fiscalização das obras que ocorrem ser responsável técnico adequado. Porém a compilação das RRT, demais licenças, MTR e PGRSCC cadastrados nos órgãos públicos não se cruzam.

Já os sindicatos que atuam no setor não se mostraram muito receptivos a pesquisa. Por contato telefônico o SENGE apenas informou que possui palestras e fóruns eventuais sobre o tema ambiental, expostas na página virtual do sindicato. Porém em consulta ao *website* da entidade, de acordo com o período e termos definidos, foram encontradas apenas duas iniciativas relacionadas com resíduos. Entretanto, nenhuma das ações são voltadas exclusivamente para os conceitos da economia circular na construção civil, e abordam resíduos sólidos no geral. Os retornos obtidos na pesquisa as páginas virtuais do sindicato, são descritos no Quadro 11.

Quadro 11: Iniciativas a respeito dos resíduos sólidos publicadas pelo SENGE

Data da publicação	Descrição	Link
12/05/2021	Curso de gestão de resíduos	https://senge.org.br/cursos/reciclagem-5-0-brasil-uma-solucao-inovadora-na-gestao-dos-residuos-solidos-3a-edicao-16-horas-online/?doing_wp_cron=1692329119.5935730934143066406250
08/10/2021	Semana do lixo zero	https://senge.org.br/noticias/semana-lixo-zero-acontece-de-25-a-31-de-outubro-em-porto-alegre/?doing_wp_cron=1692329643.7316699028015136718750

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em tentativa de contato presencial ao SINDUSCON, foi solicitado o encaminhamento das perguntas por e-mail, porém até a data de conclusão desse estudo, não foi obtido nenhum retorno. No site da organização também não foram

encontradas quaisquer publicações a respeito da metodologia e dos conceitos da EC.

Um dos fatores que podem ser responsáveis pela baixa adesão das premissas da economia circular no setor da construção civil, pode ser a falta de conhecimento da ferramenta e seus princípios. Visto que, a porcentagem dos geradores entrevistados que registram, documentam e adotam práticas de recirculação dos seus resíduos ainda são baixas, pode-se associar os resultados à não divulgação, disseminação e incentivo às práticas de EC no ramo pelos órgãos atuantes na construção civil.

4.2 REDE PÚBLICA ATUANTE NA GESTÃO DE RCD

Referente aos órgãos públicos que operam no gerenciamento, controle e fiscalização dos resíduos da construção civil em Porto Alegre, há uma atuação de órgãos estaduais e municipais. Quanto às entidades estaduais, pode-se citar a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). Tratando-se dos órgãos municipais apresentam-se a Secretaria do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade; Secretaria de Serviços Urbanos (SMSUrb); Secretaria de Obras e Infraestrutura (Smoi) e o DMLU.

As atribuições da SEMA no município se dão de forma menos abrangente quanto aos resíduos gerados em Porto Alegre. Porém, é o órgão responsável pela FEPAM, no qual tem atribuições como planejamento, implementação, execução e controle da Política Ambiental do Estado, bem como o monitoramento e fiscalização do meio ambiente no Rio Grande do Sul. Além disso, a FEPAM tem participação direta na elaboração do PERS-RS, instrumento do Plano Nacional dos Resíduos Sólidos e funciona como auxílio para elaboração do Plano Estadual dos Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, firmado pela SEMA com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) através da Lei 12.305/2010. Também é a entidade que estabeleceu a obrigatoriedade do MTR no Estado, através da Portaria FEPAM nº 87/2018. Em consulta com a secretaria também foi possível identificar a existência de um setor responsável pelo gerenciamento dos RCD, denominado Divisão de Resíduos e Áreas Contaminadas.

No âmbito municipal a SMAMUS é a principal secretaria que atua na gestão dos resíduos na cidade. É responsável pelos processos de licenciamento ambiental

no município. Já a SMSUrb é a secretaria que supervisiona os serviços do DMLU, departamento encarregado da coleta e manejo dos resíduos sólidos urbanos de POA. A Smoi é diretamente responsável pelas obras públicas realizadas no município, e atua em conjunto com a SMAMUS para controle e fiscalização das atividades ambientais desse setor.

Em termos de gerenciamento de resíduos, além das normas federais, a cidade de Porto Alegre possui uma gama de legislações municipais sobre o tema. Quanto aos resíduos da construção civil, todas as instituições citadas anteriormente se baseiam nas leis, diretivas, portarias e decretos citados abaixo:

- **Decreto 11.753/1997:** institui as tarifas de coleta, armazenagem e destinação final de resíduos industriais, comerciais, provenientes de prestadores de serviços, construção civil e de serviços de saúde, nos termos da lei complementar nº234/1990.
- **Lei Ordinária 10.847/2010:** institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre, estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil e outras providências;
- **Decreto 18.481/2013:** regulamenta a lei nº 10.847 (2010), que institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre, estabelecendo as diretrizes, os critérios e os procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil e outras providências;
- **Decreto 18.705/2014:** altera o inciso VI do artigo 1º, o artigo 16 e inclui os artigos 16-A, 16-B, 16-C, 16-D, 16-E, 16-F e 16-G ao Decreto nº 18.481 (2013);
- **Decreto 18.623/2014:** dispõe sobre o processo administrativo de aprovação e licenciamento de edificações, obras, vistoria prediais, numeração e manutenção das edificações, uniformizando os procedimentos e especificando a sua dispensa e revoga os artigos 47 e 48 do Decreto nº 12.715 (2000), e o Decreto nº 16.708 (2010).
- **Decreto 20.368/2019:** regulamenta a Lei nº 10.847 (2010), que institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre, altera e revoga dispositivos do Decreto

nº 18.481 (2013) estabelecendo o procedimento denominado de Manifesto de Transporte de Resíduos da Construção Civil *Online*;

- **Lei Ordinária 12.921/2021:** Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Porto Alegre – PMRS-POA;
- **Ordem de serviço 1/2021:** dispõe sobre os procedimentos a serem adotados pelos órgãos da Administração Direta e Indireta para implementar a correta segregação dos resíduos gerados para fins de destinação ambientalmente adequada do Município de Porto Alegre;

Embora apresente uma lista considerável de políticas públicas voltadas para recuperação, reciclagem e reuso de resíduos sólidos urbanos, o município ainda não aplica a suas legislações a filosofia da economia circular. Todos os documentos especificam que a responsabilidade pelo transporte e destinação final são da fonte geradora, porém não apresenta políticas de incentivo à circularidade dos resíduos oriundos da construção civil. Hoje não há programas como incentivo fiscal aos geradores que reduzam a geração dos seus resíduos, ou adotem práticas de reuso, recuperação e reciclagem dos mesmo por exemplo.

Quanto ao controle dos RCD gerados nas atividades da construção civil, atualmente há uma série de licenças obrigatórias expedidas pela SMAMUS. Denominadas de Licenças de Simples Natureza, são aplicadas as atividades de: andaimes, demolição parcial, demolição total, desmembramento ou unificação de economias, reciclagem de uso parcial, reformas em fachadas, reformas em prédio inventariado ou tombado e na execução de tapumes. Todos esses documentos são expedidos de forma digital, diretamente da página da secretaria.

Contudo, apesar das documentações serem utilizadas para a finalidade de controle dos resíduos, diversas atividades geradoras são dispensadas da obrigatoriedade da emissão das licenças. Segundo o *website* da secretaria, entre elas estão: rebaixamento de forros com materiais leves e facilmente removíveis; demolições de edificações existentes, regulares ou irregulares, em lotes com projeto válido aprovado e licenciado que prevejam a sua demolição; reforma interna, inclusive para instalação ou modernização de elevadores em edificações existentes; reforma interna ou externa para fins de adequação às normas de acessibilidade nas edificações existentes, exceto quando tombadas; substituição de paredes de madeira por alvenaria em edificações regulares e existentes nos termos do PDDUA

que não impliquem em aumento de área construída e reforma interna em imóveis inventariados de compatibilização.

Destaca-se a não obrigatoriedade das reformas internas na emissão das licenças expedidas pela prefeitura, embora essa foi uma das principais fontes de geração de resíduos identificadas na amostra da etapa 1. Isso mostra que grande parte dos RCD gerados poderiam ser melhores documentados e controlados caso essa atividade fosse pertencente ao grupo obrigatório.

O setor de licenciamento e monitoramento ambiental da SMAMUS é a repartição responsável diretamente pela emissão desses registros. Contudo não são utilizadas como forma de fomento à um banco de dados das obras dessa natureza existentes na cidade, nem para controle das quantidades dos volumes de RCD gerados nas mesmas. Para esse fim, de acordo com o Diretor da repartição, atualmente é utilizado as emissões do Manifesto de Transporte declaradas pelas fontes geradoras e pelo PGRSCC.

Para tal, a SMAMUS conta com o auxílio da Projeto de Desenvolvimento do Sistema de Gestão de Resíduos, desenvolvido pela PROCEMPA. O sistema abrange três módulos:

- i. Manifestos de Transporte de Resíduos da Construção Civil (MTRCC) – SMAMUS;
- ii. Grandes Geradores – DMLU;
- iii. Gestão de Descarga de Resíduos (GDR) – DMLU.

Apesar de todo registro dos RCD dependerem dos geradores desses materiais, a prefeitura atua na fiscalização das informações decretadas. Hoje há uma fiscalização através da Unidade de Fiscalização Ambiental (UFISC). Essas conferências ocorrem de forma aleatória e através de denúncias a respeito das fontes geradoras. Também são realizadas conferências na etapa de Termo de Recebimento Ambiental, efetuada previamente à liberação do habite-se das edificações, onde são realizadas as correlações dos dados disponibilizados com as ocorrências reais.

Quando há essas denúncias por parte de destinação inadequadas dos RCD, o DMLU atua no recolhimento desses materiais apenas em terrenos de ordem pública. Nessa ocorrência é realizada a identificação dos responsáveis pelo descarte inadequado e efetuada a aplicação de multa. Para o descarte em terrenos baldios privados, a limpeza e correta destinação é de ordem do proprietário.

Nestes casos, os materiais recolhidos são destinados pelo DMLU para aterros sanitários comuns. Não foi possível identificar, entretanto, se há áreas especiais dentro do terreno para a recepção desse tipo de material, ou se ele acaba sendo descartado juntamente com os demais resíduos sólidos. De acordo com o antigo chefe da equipe de resíduos especiais do departamento, não há mais aterros de inertes no município. A repartição também não conta com o convênio de nenhuma cooperativa de reciclagem licenciada para destinação desses materiais, embora havia a ideia da implementação dessa iniciativa.

Embora haja um cadastro de 17 cooperativas de reciclagem divulgadas na página *online* da prefeitura de Porto Alegre, abrangem somente organizações que receberem resíduos sólidos urbanos. Para materiais provenientes da construção civil, não há esse cadastro. Esse fato demonstra que apesar de existirem políticas de incentivo à economia circular, elas são atualmente empregadas apenas para esse tipo de resíduo.

Quanto ao incentivo as práticas da economia circular, nas páginas das instituições foram encontradas apenas duas referências diretas à economia circular. Contudo, os dois programas publicados têm foco nos resíduos sólidos no geral, e um deles especialmente voltado para a economia circular dos plásticos. Apesar disso, o projeto intitulado “Rede de Inovação para Economia Circular” tem por objetivo aplicar os conceitos de logística reversa e interligar o setor industrial com os municípios, facilitando assim a conectividade de geradores com recicladores. O Quadro 12 apresenta todas as iniciativas encontradas, com menções aos resíduos sólidos da construção civil.

Quadro 12: Iniciativas de incentivo e divulgação das práticas de EC por secretaria

Iniciativa	Data da publicação	Secretaria responsável	Link	Descrição
Sema e Fepam participarão da 9ª edição da Fiema em Bento Gonçalves.	08/05/2023	SEMA E FEPAM	https://www.fepam.rs.gov.br/sema-e-fepam-participam-da-9-edicao-da-fiema-em-bento-goncalves	Construções Sustentáveis
Projeto da Sema sobre economia	22/05/2023	SEMA	https://www.sema.rs.gov.br/projet-o-da-sema-sobre-economia-circular-e-tema-de-evento-em-	Economia circular resíduos

circular é tema de evento em Caxias do Sul.			caxias-do-sul	sólidos urbanos
Fiscalização de descarte irregular de resíduos.	10/06/2022	SMAMUS	https://prefeitura.poa.br/carta-de-servicos/fiscalizacao-descarte-irregular-de-residuos	-
Premiação e Certificação em Sustentabilidade Ambiental	26/06/2023	SMAMUS	https://prefeitura.poa.br/carta-de-servicos/premiacao-e-certificacao-em-sustentabilidade-ambiental	Programa que incentiva ações sustentáveis em edificações tendo em vista a redução dos impactos ambientais, a redução e reciclagem de resíduos sólidos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os retornos que abordam especificamente o termo “resíduos da construção civil”, abordam apenas o descarte e destinação final desses materiais. Isso evidencia que a correta destinação dos RCD ainda é um desafio à gestão pública, e que não há um foco na não geração dos mesmos, contrariando os princípios da EC.

4.3 TRANSPORTE

Visto que Manifesto de Transporte é o principal documento referente ao transporte dos resíduos gerados, a pesquisadora realizou cadastro para acesso público no sistema da prefeitura de Porto Alegre, buscando-se identificar as principais características dos transportadores desses materiais. Contudo, a acessibilidade dos dados sobre os transportadores, volumes de resíduos e principais destinações não é acessada. Os relatórios gerados pela plataforma dizem a respeito apenas ao CPF/CNPJ cadastrado, não sendo possível acessar informações emitidas

por outros usuários do sistema. Assim, não foi possível identificar informações sobre os resíduos transportados especificamente dentro do município.

Já referente aos dados cadastrados pela FEPAM, em consulta através do acesso público é possível extrair algumas informações. Na plataforma, é possível identificar as quantidades de resíduos, por classe e por macrorregião; quantidade de usuários cadastrados e total de MTRs; usuários por perfil; usuários por perfil – acumulado; recebimento de resíduos por macrorregião; resíduos destinados por tecnologia e resíduos acumulados por tecnologia – acumulado.

Porém, os dados encontrados referem-se ao transporte de resíduos sólidos estaduais no geral, visto que para o poder público, os RCD são englobados nessa categoria. Portanto, os dados obtidos não tratam especificamente dos resíduos de construção e não apresentam segregação por município e nem por tipo de resíduo. A emissão do documento focado nos resíduos da construção civil, é obrigatória apenas dentro do município de Porto Alegre, e os dados não são acessíveis.

De acordo com o relatório da FEPAM, emitido através do acesso público ao MTR *Online*, no período de 01/08/2021 à 23/08/2023 eram cadastrados 31.033 usuários no geral no sistema. Desses 29.617 cadastrados como geradores, 1.861 transportadores e 1.099 destinadores.

Tratando-se dos resíduos gerados por macrorregião, os resultados apresentam um total de 8.123.928 toneladas de resíduos gerados apenas por parte da Gerência Regional - Sede (GERSED). Contudo, além da região metropolitana de Porto Alegre, engloba os municípios: Arambaré, Barão do Triunfo, Barra do Ribeiro, Camaquã, Cerro Grande do Sul, Chувиска, Dom Feliciano, Harmonia, Lindolfo Collor, Mariana Pimentel, Morro Reuter, Nova Hartz, Pareci Novo, Picada Café, Presidente Lucena, Santa Maria do Herval, São José do Hortêncio, Sentinela do Sul, Sertão Santana, Tapes e Três Coroas. A Figura 11 ilustra a região contemplada pela macrorregião GERSED.

Figura 11: Assessorias regiões da FEPAM



Fonte: FEPAM (2023)

Como os resíduos da construção civil são classificados como Classe II-B, selecionou-se as quantidades apresentadas pela plataforma, para a macrorregião de Porto Alegre, no período do terceiro trimestre de 2021 ao terceiro trimestre de 2023. A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 10: Estimativas de volumes de resíduos gerados no RS, de acordo com o MTR

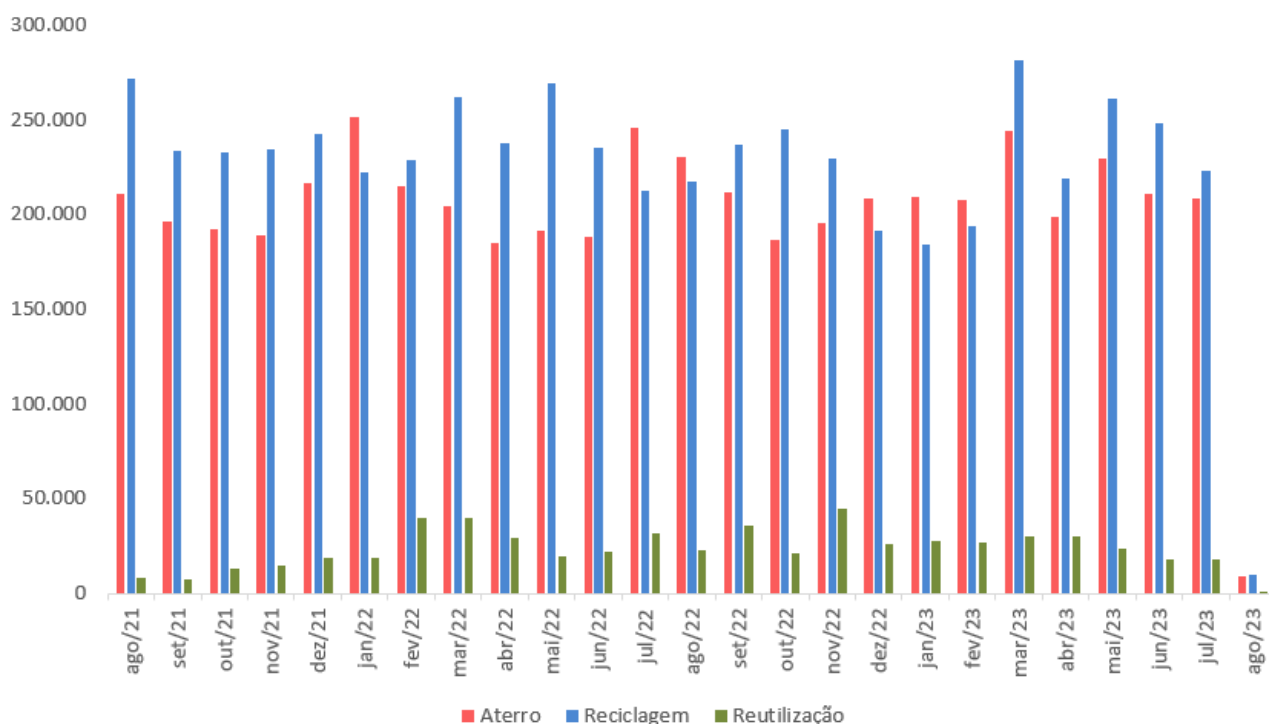
Ano	Período	Quantidade gerada (t)
2021	Terceiro trimestre	263.373,15
2021	Quarto trimestre	604.789,97
2022	Primeiro trimestre	1.589.553,47
2022	Segundo trimestre	349.764,83
2022	Terceiro trimestre	218.830
2022	Quarto trimestre	387.421,69

2023	Primeiro trimestre	356.987,35
2023	Segundo trimestre	244.333,88
2023	Terceiro trimestre	Sem dados

Fonte: Elaborado pela autora (2023), baseado nos dados de FEPAM (2023)

Para a destinação dos resíduos, o relatório emitido pelo MTR contempla as quantidades, em toneladas, destinadas a aterros, reciclagem e reutilização. O Gráfico 6 apresenta os números referente à cada categoria, no período estimado de agosto de 2021 a agosto de 2023.

Gráfico 6: Quantidades, em toneladas, para cada tipo de destinação final dos resíduos



Fonte: FEPAM, 2023

Embora não contemple apenas a destinação final dos RCD, nota-se que no período estudado, a destinação à reciclagem supera os índices de aterro e reutilização, salvo nos meses de janeiro/2022, julho/2022, agosto/2022, dezembro/2022, janeiro/2023 e fevereiro/2023. Entretanto, apesar de ser uma prática mais sustentável em relação ao descarte em aterros sanitários, conforme definições da bibliografia, a reciclagem ainda é classificada como uma metodologia linear, de acordo com a Figura 2, o que pode ser discutido, pois evita a destinação

para aterro. Técnicas mais circulares, como a reutilização, ainda são inferiormente utilizadas no gerenciamento dos resíduos, e possuem adoção no setor quando comparadas a reciclagem.

Não foi possível identificar informações a respeito da fonte geradora que mais emite MTR na construção civil e nem sobre a quantidade de documentos gerados na cidade de Porto Alegre. Esses dados não pertencem às informações acessíveis na plataforma.

4.4 IMPACTOS SOCIAIS, ECÔNOMICOS E AMBIENTAIS DA RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO DOS RCD

4.4.1 Revenda de materiais

Apontada como uma das estratégias de maior grau hierárquico entre as diversas diretrizes de gestão de resíduos da construção, a reutilização de materiais é uma das principais estratégias da economia circular para fechamento do ciclo dos resíduos. Na análise desse mercado na cidade de Porto Alegre/RS foram identificados cerca de oito comércios ativos (exclusivamente de revenda de materiais de construção, excluindo-se aqueles que atuam na revenda de mobiliários), de acordo com a base de dados do *Google Maps*. A ferramenta foi a principal fonte de pesquisa para o inventário desses comércios, devido à natureza comumente informal dos mesmos, impossibilitando a identificação dos empreendimentos de uma maneira mais institucional.

A amostra dos empreendimentos se deu através da aceitação dos comerciantes em participar do estudo, através da resposta do questionário aplicado. Sendo assim, dos oito empreendimentos levantados, cinco deles se mostraram dispostos a corroborar com a pesquisa. O Quadro 13 abaixo apresenta os principais dados dos comércios participantes do estudo, identificando sua localização, idade e raça dos entrevistados (responsáveis pelo empreendimento) e o tipo de contato realizado para desenvolvimento da pesquisa.

Quadro 13: Identificação dos empreendimentos de revenda de materiais participantes da pesquisa

Nome	Idade	Raça	Local	Contato
A	24	Branco	POA	Presencial
B	71	Branco	POA	Presencial
C	79	Preto	POA	Presencial
D	Sem resposta	Sem resposta	Sapucaia	Telefone
E	Sem resposta	Sem resposta	Sapucaia	Telefone

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a pergunta número 1 do questionário apresentado no Apêndice B, o Quadro 14 apresenta os resultados obtidos. Os empreendimentos “D” e “E” apresentam a maior variedade de materiais comercializados, englobando diversas categorias. Já os empreendimentos “A” e “B” focam especificamente na revenda de revestimentos cerâmicos e o “C” atua principalmente com a comercialização de aberturas e louças.

Quadro 14: Materiais comercializados nos empreendimentos estudados

01 – Quais os materiais comercializados no empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Aberturas			C	D	E
Louças			C	D	E
Revestimentos	A	B			
Estruturas de madeira				D	E
Estruturas metálicas				D	E
Telhas				D	E

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com Bohana (2020), as sobras de demolição são responsáveis pela produção de 1,6% dos resíduos de madeira e 3,4% de metais, sendo esses materiais o quinto e sexto mais produzidos nessas atividades, respectivamente. Visto que tanto as estruturas de madeira, quanto as metálicas são revendidas por cerca de 20% dos comércios pesquisados, esses materiais têm retornado para o ciclo da cadeia de produção e consumo.

O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos para a pergunta 2, referentes à fonte de aquisição desses materiais pelas empresas estudadas. Apenas o

empreendimento “D” sinalizou que a busca desses componentes é realizada através de parceria com empresas de demolição atuantes na cidade. Em sua grande maioria, 90% dos entrevistados responderam que a troca acontece de forma espontânea através de oferta de atores informais da construção.

Quadro 15: Fonte de aquisição dos materiais revendidos

02 – Como são adquiridos os materiais vendidos no empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Empresas de demolição				D	
Oferta/procura espontânea	A	B	C		E
Comércio digital					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Esse dado apresenta uma realidade divergente as pesquisas no mercado digital, visto que a *internet* possui a capacidade de atingir um número significativo de pessoas nos dias atuais. O número de anúncios *online* por materiais de segunda mão é muito superior comparado à quantidade de comércios físicos identificados pelo *Google Maps*. A Tabela 11 apresenta o número de anúncios encontrados nas principais ferramentas de comércio *online*, para a cidade de Porto Alegre e cinco cidades metropolitanas da região, pesquisadas no mês de novembro de 2022 (mesmo período em que os levantamentos nas empresas físicas aconteceram).

Tabela 11: Número de anúncios *online* de revenda de materiais

Material	Plataforma	POA	Canoas	Esteio	Sapucaia	SL	NH
Portas	OLX	7508	2226	133	137	433	588
	FM	38	2	5	111	3	4
Total	-	7546	2228	138	248	436	592
Janelas	OLX	2360	473	37	39	130	108
	FM	131	69	28	98	22	29
Total	-	2491	542	65	107	152	137
Louças	OLX	976	72	4	1	19	11
	FM	33	20	2	2	7	0
Total	-	1009	92	6	3	26	11
Revestimentos	OLX	96	10	1	1	4	3
	FM	6	11	8	5	8	2
Total	-	102	21	9	6	12	5

Estruturas	OLX	214	44	7	3	13	23
	FM	14	13	6	6	9	41
Total	-	228	57	13	9	22	64
Telhas	OLX	1476	325	21	34	103	63
	FM	31	54	44	26	17	75
Total	-	1507	379	65	60	120	138

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Dentre os materiais pesquisados as portas lideraram o número de ocorrências, sendo a capital do RS a cidade com o maior retorno de anúncios. Em sequência as janelas, louças e telhas são os materiais mais anunciados. Esses resultados podem se dar pela facilidade de remoção desses materiais sem que haja um dano ao item na sua retirada. As aberturas e telhas também possuem o maior número de comércios físicos que revendem esses componentes, podendo a procura por esses materiais ser mais recorrente. As estruturas e revestimentos fecham a lista com os menores índices, potencialmente à dificuldade de remoção e ao alto índice de perdas (quebras e danos) no momento de sua demolição.

Referente ao público-alvo que consome as peças disponibilizadas no comércio físico de materiais de segunda mão, 100% dos empreendimentos responderam que consumidores individuais são a principal fonte de venda do comércio, conforme demonstrado no Quadro 16. Isso acontece devido a esses agentes serem responsáveis por pequenas reformas e reparos em suas residências, e ao fato desses estabelecimentos possuírem uma reserva de materiais que já não são produzidos e comercializados por lojas de materiais de construção. Apesar disso, a empresa “A” afirmou que construtoras de menor porte também procuram materiais disponibilizados por ela, pelo menos motivo dos proprietários de apartamentos e casas.

Quadro 16: Público-alvo dos estabelecimentos de revenda de materiais

03 – Qual o público alvo do empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Construtoras porte P e M	A				
Construtoras porte G					
Pessoa física	A	B	C	D	E
Outros					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tratando-se dos aspectos sociais da pesquisa, a questão quatro abrangeu a caracterização dos empreendimentos estudados. O Quadro 17 apresenta as respostas concedidas, caracterizando 60% dos estabelecimentos como comércios familiares, ou seja, onde a família do proprietário é responsável em parte ou integralmente pelas atividades executadas no negócio. Como resposta a questão cinco da pesquisa, a empresa “A” respondeu que três membros da família atuam no negócio e as empresas “B” e “C” responderam que duas pessoas da família são responsáveis pelas atividades do estabelecimento.

Contudo, a empresa “B” ainda respondeu que atua com o auxílio de mais dois funcionários, enquanto as empresas “A” e “C” são de âmbito exclusivamente familiar. Já 40% dos estabelecimentos responderam que o comércio atua de forma individual, sendo o proprietário responsável por todas as atividades do negócio. Isso mostra que apesar da revenda de materiais possibilitar a fonte de renda dos proprietários, a taxa de geração direta de empregos (carteira assinada) nesses comércios ainda é baixa. Visto que esse tipo de negócio ainda não é lucrativo a ponto de possibilitar receitas satisfatórias, a contratação de funcionários ainda não é viável.

Quadro 17: Caracterização dos negócios estudados

04 – Qual o tipo do empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Familiar	A	B			E
Individual			C	D	
Franquia					
Sociedade					

Fonte: Elabora pelo autor (2023)

Sobre a motivação dos negócios estudados, o Quadro 18 apresenta os resultados para a questão sete do questionário. Apenas o empreendimento “C” respondeu que a motivação do negócio foi puramente por sobrevivência, onde o proprietário enfrentou dificuldades para se alocar no mercado de trabalho, em função da idade e do grau de escolaridade. Os demais responderam que a motivação da abertura do negócio foi por oportunidade de empreendedorismo.

Quadro 18: Motivação dos negócios estudados

05 – Qual a motivação do negócio?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Empreendedorismo	A	B		D	E
Sobrevivência			C		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados da questão sete contrastam com os apresentados no Quadro 19 para a questão seis. Embora apenas um estabelecimento indicar a motivação por sobrevivência, cerca de quatro deles responderam que possuem apenas o ensino fundamental em algum nível (completo ou incompleto). Isso demonstra que esse fator pode não ser incisivo para a inserção no mercado do trabalho.

Apesar das respostas serem inconclusivas, visto que dois dos cinco estabelecimentos se opuseram a responder a idade e raça dos entrevistados, o fator dominante dentre os estudados para exclusão do mercado de trabalho se apresenta como a raça. A idade dos entrevistados nos empreendimentos “B” e “C” são próximas, contrastando apenas com o estabelecimento “A”. Já entre esses comércios, apenas o “C” se identifica como raça negra.

Quadro 19: Escolaridade dos entrevistados

06 – Qual o grau de escolaridade dos responsáveis pelo empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Ensino fundamental		B	C	D	E
Ensino médio					
Ensino médio incompleto	A				
Ensino superior					
Ensino superior incompleto					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os dados anteriores se relacionam com os estudos de Osorio (2019), onde o autor apresenta que pretos possuem 2,1 vezes maiores chances de serem pobres em relação aos brancos. Isso se apresenta nos resultados da questão dez desse estudo, onde 80% dos empreendimentos responderam que o comércio é a sua principal fonte de renda, conforme apresentado no Quadro 20, porém, o empreendimento “C” é o único no qual a renda total arrecadada com o negócio sustenta mais de cinco pessoas. Os demais responderam que duas pessoas (empreendimentos “B” e “D”), três pessoas (empreendimento “E”) e cinco pessoas (empreendimento “A”) dependem exclusivamente dessa renda.

Quadro 20: Avaliação da principal fonte de renda dos proprietários dos negócios estudados

07 – É a principal renda do proprietário do empreendimento?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Sim	A	B	C		E
Não				D	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quanto à arrecadação dos empreendimentos estudados, as respostas dos entrevistados são apresentadas no Quadro 21. Considerando o salário-mínimo como R\$1.200,00 (ano de referência: 2021), a empresa “D” alegou que sua receita gira até um salário-mínimo. Já as empresas “B”, “C” e “E” responderam que chegam à uma arrecadação de até três salários-mínimos. Com a maior renda se apresentou o empreendimento “A”, com uma arrecadação de mais de quatro salários-mínimos.

Quadro 21: Média de arrecadação dos empreendimentos

08 – Qual a arrecadação (receita) com esse comércio em média no mês?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Até um salário-mínimo				D	
Dois salários-mínimos					
Três salários-mínimos		B	C		E
Acima de quatro salários-mínimos	A				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Referente aos dependentes direitos das rendas citadas acima, o Quadro 22 apresenta o número de pessoas que vivem exclusivamente da renda gerada pelo comércio de materiais reutilizados. Para os empreendimentos “B” e “D” duas pessoas são dependentes. Nesse caso, a empresa “B” tendo uma renda de 1,5 salários mínimos por pessoa e o empreendimento “D” de meio salário mínimo por pessoa em uma média mensal. Contudo, de acordo com os dados do Quadro 20, a renda do negócio “D” é complementada por outra atividade. Para o comércio “E” são três pessoas dependentes da renda do negócio, totalizando um salário mínimo por pessoa e o empreendimento “A” apresenta cinco dependentes. Apesar da empresa “A” possuir um grande número de dependentes, é o comércio que possui maior arrecadação. Por fim o empreendimento “C” sinalizou que a renda do negócio abastece mais de cinco pessoas, com apenas três salário mínimo em média por mês, totalizando menos de meio salário mínimo por dependente. Esse empreendimento foi o único que sinalizou o negócio como meio de sobrevivência, e o que apresentou maior número de dependentes da renda.

Quadro 22: Relação de dependentes por renda dos empreendimentos estudados

09 – Quantas pessoas dependem da renda do negócio?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Uma					
Duas		B		D	
Três					E
Quatro					
Cinco	A				
Mais de cinco			C		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em relação às despesas de cada empreendimento, o Quadro 23 demonstra as respostas dadas em função do custo de operação do espaço físico destinado ao comércio de materiais. Apenas as empresas “B” e “E” sinalizaram que o espaço é próprio, sem despesas de aluguel mensal. Já os comércios “A”, “C” e “D” possuem custo de aluguel. Correlacionando-se a renda x nº de dependentes e custos com o negócio, o empreendimento “C” apresenta a menor média efetiva de renda por dependente.

Quadro 23: Tipo de instalação do empreendimento

10 – O espaço físico de instalação do empreendimento é:					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
Próprio		B			E
Alugado	A		C	D	
Doado					

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tratando-se de efetivações, três dos cinco empreendimentos sinalizaram o negócio é do ramo familiar. O Quadro 24 representa a quantidade de membros da família que atuam no negócio. Assim como demonstrado no Quadro 22, essas pessoas são dependentes da renda que a empresa gera. Em ordem de familiares atuantes na empresa, o empreendimento “E” sinalizou que uma pessoa atua, o “B” sinalizou que são duas pessoas e para o “A” são três pessoas da família atuando no negócio, além dos proprietários.

Quadro 24: Relação de familiares atuantes no negócio

11 – Quantas pessoas da família trabalham no negócio?					
Tipo	Respostas				
	POA	POA	POA	SAP	SAP
1					E
2		B			
3	A				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em relação à contratação de funcionários, o Quadro 25 sinaliza quais empreendimentos possuem admissão e geram uma fonte de emprego e quantos funcionários cada estabelecimento possui. O comércio “B” foi o único das cinco empresas estudadas que relatou possuir contratações, totalizando dois funcionários além dos familiares que atuam na empresa.

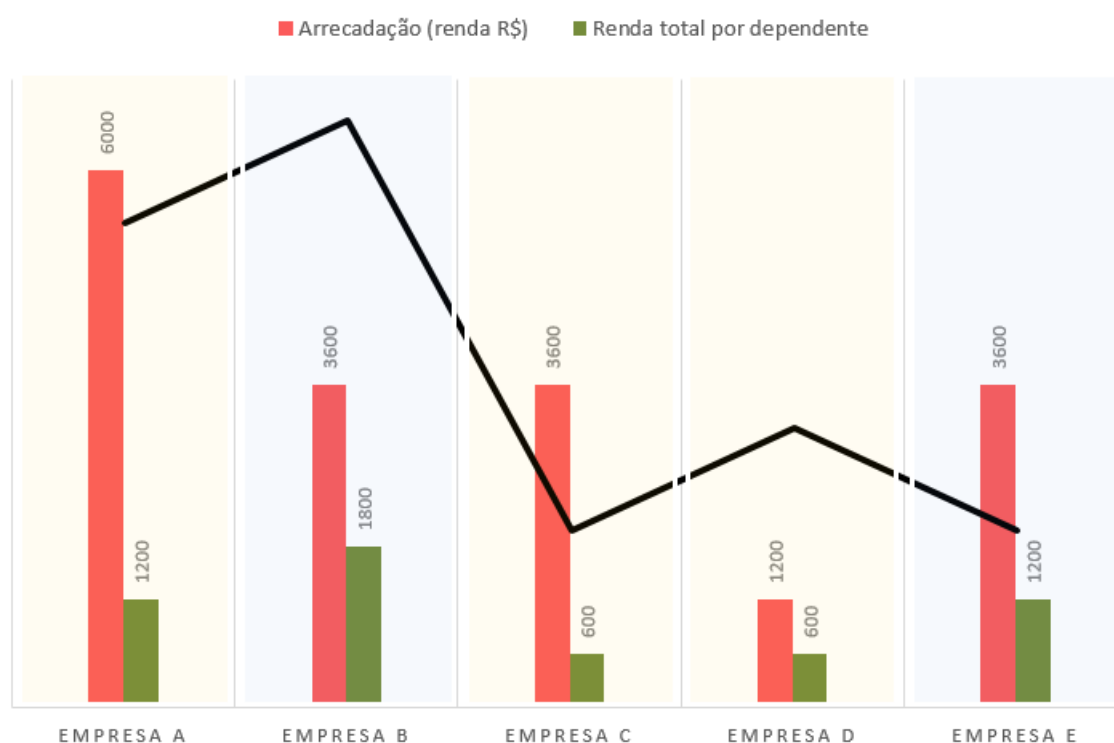
Quadro 25: Relação de funcionários por empreendimento

12 – O empreendimento possui funcionários?						
Tipo	Qtd.	Respostas				
		POA	POA	POA	SAP	SAP
Sim	2		B			
Não	0	A		C	D	E

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em resumo, o Gráfico 7 compila os dados arrecadados em relação ao número de dependentes, arrecadação, custos com aluguel e custos com funcionários dos empreendimentos estudados. As categorias em amarelo representam as empresas que possuem gastos fixos e as azul aquelas que não possuem esses gastos.

Gráfico 7: Correlação entre arrecadação, número de dependentes e gastos fixos por empresa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

4.4.2 Reciclagem de materiais

Em vista de compreender como os materiais de construção civil têm sido reciclados e onde são aplicados após esse processo, buscou-se cooperativas e

usinas de reciclagem aos redores da cidade de Porto Alegre. Das quatro empresas selecionadas (as quais efetivamente recebiam RCD), foram contatadas, via telefone, com sucesso três delas. As informações de telefone encontradas na plataforma *Google* (e na página do empreendimento) para a última empresa, apenas identificaram um único contato, que retornava como número existente.

As ligações foram efetuadas no dia 11 de julho de 2023, com o auxílio de bolsista de iniciação científica. Contudo, apesar dos três locais operantes responderem as chamadas, ao serem solicitados referente a pesquisa e as perguntas do Apêndice D, solicitaram outras alternativas de contato.

Duas delas solicitaram que o documento fosse enviado por e-mail. Uma retornou alegando que não trabalhava com esse tipo de resíduos e a outra, até o fim desse estudo, não retornou as mensagens enviadas. Já para a última empresa contatada, o contato inicial realizado por telefone foi com a secretária do local, que solicitou que a interação fosse realizada com o administrador do local. Foram realizados contatos com essa pessoa através de telefone e pelo aplicativo *Whatsapp*, porém em nenhuma das tentativas, se obteve êxito no retorno do responsável.

4.5 DIAGNÓSTICO DA EC APLICADA NA GESTÃO DE RESÍDUOS EM POA

Embora apresente algumas práticas apoiadas na política dos “três R” (base da economia circular) no ciclo de seus resíduos, o sistema linear ainda é muito evidenciado na cadeia dos RCD gerados na cidade de Porto Alegre. Apesar de haver adoções de práticas retornáveis no fim da cadeia, o ciclo dos RCD no município ainda não acontece de forma completa.

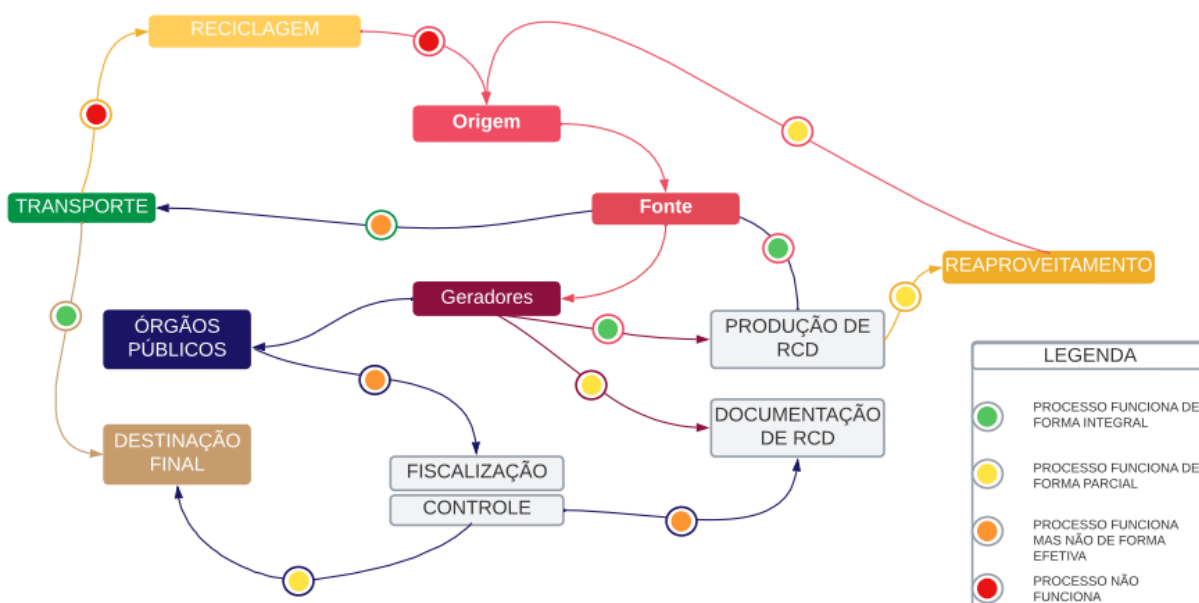
O consumo de recursos naturais e energia ainda ocorre de forma predominantemente linear, tendo como fonte direta o uso de materiais disponíveis na natureza. O setor da construção civil porto-alegrense ainda não implementa por completo a mentalidade de consumo, através da transformação dos resíduos e, ainda, não elabora estratégias onde o desenvolvimento sustentável ocorra através da reformulação e reorganização dos materiais, nos níveis micro e macro.

A primeira evidência da não ocorrência integral da economia circular nessa indústria é o fato de atualmente não haver um planejamento antecipado a respeito do ciclo desses materiais, por parte das fontes geradoras. Ou seja, baseando-se na

definição de EC pela Fundação Ellen MacArthur, ainda não há a intensão dos agentes da construção civil em elaborar estratégias prévias e intencionais que tenham como objetivo principal a minimização (ou a não geração) dos seus resíduos. Em termos de gestão de RCD, o que ocorre são adoção de práticas comuns aos conceitos de EC como medidas paliativas, após a produção dos materiais, visando, em alguns casos, a redução das quantidades descartadas desses materiais em aterros sanitários, reduzindo-se, assim, a escala dos 9Rs.

O sistema como um todo apresenta falhas, não funcionando de forma cíclica, portanto, os materiais gerados não retornam para a origem do processo. Apesar das esferas que o compõe se conectarem em diversas escalas, o ciclo é interrompido em múltiplas etapas durante o processo, não configurando um circuito fechado. A Figura 12 demonstra quais conexões ocorrem e o nível de funcionamento de cada uma delas.

Figura 12: Circularidade dos processos dos RCD de Porto Alegre



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Todas as categorias das barreiras (econômicas, informacional, institucionais e políticas) identificadas e apontadas nos estudos de Munaro e Tavares (2022^a), se evidenciam no município de Porto Alegre. O Quadro 26 correlaciona e destaca os obstáculos apresentados pelas autoras com os resultados observados nesse estudo. As descrições sinalizadas em amarelo no corpo do quadro identificam as

dificuldades encontradas para completa implementação da economia circular no município.

Quadro 26: Relação dos resultados identificados no estudo com as barreiras a EC sinalizadas por Munaro e Tavares (em amarelo)

Categoria	Grupo	Barreiras	
Econômica	Falta de incentivo em negócios circulares	1	Alta disponibilidade e baixos custos de matérias-primas virgens
		2	Subdesenvolvimento/falta de mecanismos de mercado para materiais secundários
		3	Altos custos de desconstrução, separação, tratamento, transporte e armazenamento de RCD
		4	Preços elevados de materiais/produtos reciclados/reutilizáveis
		5	Falta de esquemas de recompensa e penalidade para operações de gestão de RCD
		6	Negligência dos custos ambientais nos preços dos produtos
	Falta de ajuda financeira	7	Aversão financeira e risco para modelos de negócios circulares
		8	Cultura de retornos rápidos sobre o investimento e preços altos para edifícios verdes
		9	Custo para desenvolvimento de certificações de produtos
		10	Altos custos de investimento de tecnologias de resíduos
Informacional	Falta de pesquisa, educação e informação	1	Percepção pública negativa
		2	Aspectos sociais e comportamentais do consumismo moderno
		3	Falta de publicidade e campanhas de informação
		4	Programas e instalações de gestão ambiental limitados em instituições acadêmicas
Institucional	Falta de visão estratégica e plataformas colaborativas	1	Cadeias de suprimentos conservadoras, competitivas e fragmentadas
		2	Cultura de produto ao invés de serviço
		3	Falta de informações sobre DFD, design verde e produtos em fim de vida
		4	Falta de conhecimento sobre ferramentas circulares
		5	Aplicação insuficiente da hierarquia de resíduos (foco na reciclagem)
		6	Falta de orientação e ferramentas para a implantação/avaliação de edifícios circulares
Política	Falta de instrumentos regulatórios	1	Falta de incentivo e suporte para projetar para fim de vida
		2	Falta de flexibilidade nos códigos e regulamentos de construção
		3	Falta de padronização internacional das DAPs
		4	Falta de sistema de responsabilidade baseado no produtor e estrutura regulatória para incentivar o gerenciamento integrado de recursos
		5	Falta de um código de resíduos para orientar a gestão de RCD e desencorajar o aterro
	Ausência de ações fiscais	6	Falta de um sistema tributário e qualidade padrão para materiais recuperados

Fonte: Munaro e Tavares (2022a)

No início do ciclo, onde ocorre a produção dos RCD, nota-se que há falhas por parte da cadeia geradora em documentar e registrar seus resíduos. Apesar de haver emissões dos documentos obrigatórios, em muitas vezes, os dados emitidos não são completos. Há lacunas no acompanhamento desses materiais até a destinação final por parte dos produtores, o que acarreta na transferência de responsabilidade da correta gestão dos RCD, atribuída pela legislação aos geradores, para os transportadores.

A falta de disseminação dos conhecimentos e incentivo à adoção dos conceitos de EC, por parte das organizações que operam de forma significativa no setor, como os sindicatos, também demonstra uma quebra no processo como um todo. Visto que os agentes que operam no início do ciclo desconhecem as ferramentas disponíveis para aprimorar seus processos, a adoção de técnicas regenerativas e restauradoras fica prejudicada.

No âmbito político, o ciclo se interrompe especialmente nos processos de controle e fiscalização, que operam de forma ineficaz, uma vez que ocorrem de forma esporádica e aleatória. O fato de punições (multas) serem aplicadas apenas em casos de identificação de descarte em lugares impróprios desses resíduos, e quando é possível reconhecer o responsável pela ação, também não favorecem a metodologia de não geração ou minimização desses materiais. Como destacado no Quadro 26, incentivos fiscais motivariam os geradores a adotar práticas mais circulares. A elaboração de legislações claras e focadas especificamente nos conceitos de EC é outro fator que salienta o funcionamento de forma ineficiente da circularidade no setor.

Quanto à destinação final, há evidências de reaproveitamento, reuso e reciclagem dos RCD no município. Isso demonstra que existe uma parcela dos RCD que retorna à sua origem, apesar de não acontecer de forma planejada e intencional no início da cadeia. Contudo, a adoção desse tipo de prática ainda acontece em menores escalas, acarretando em grandes volumes de RCD destinados aos aterros.

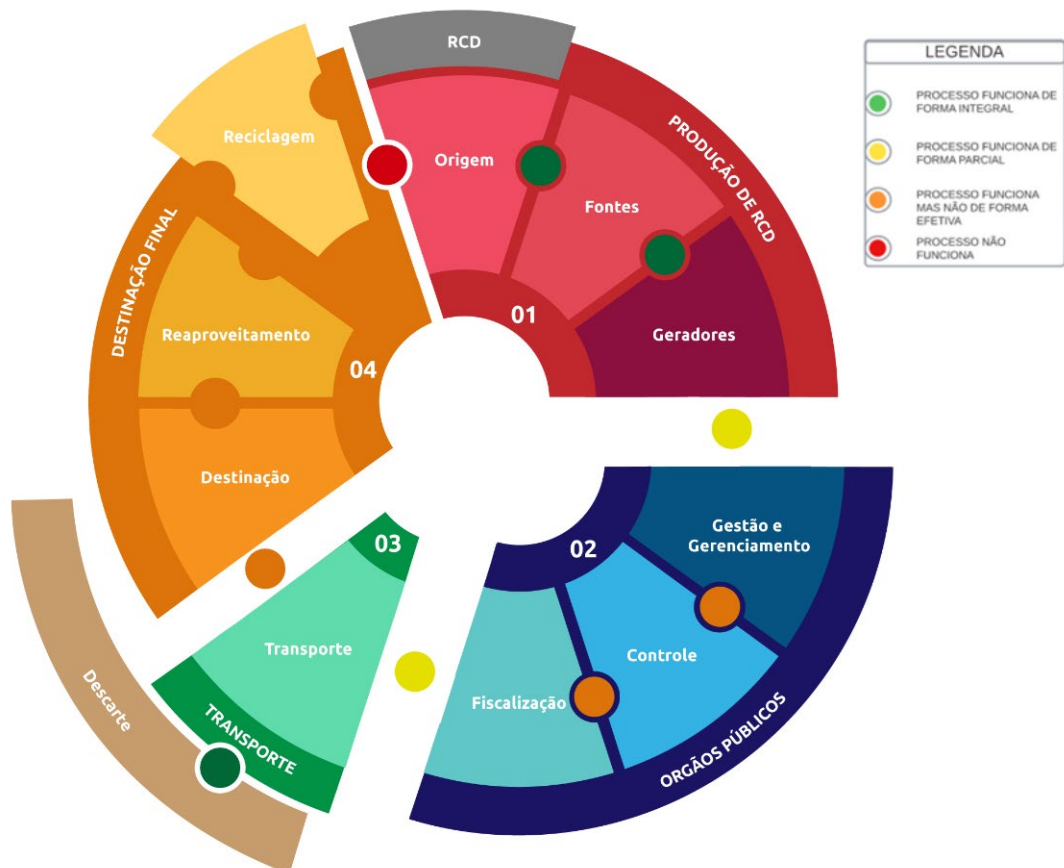
O reaproveitamento de materiais é representado em grande parte pelos comércios que revendem os materiais ainda possíveis de utilização. Referente ao reuso, alguns geradores aproveitam os RCD produzidos nas suas próprias obras, como fonte de matéria prima para outras atividades. E por fim a reciclagem, que se apresentou como a maior falha no processo de destinação dos RCD, visto que há

poucas usinas e recicladoras em Porto Alegre que operam exclusivamente com materiais oriundos da construção civil.

Por fim, a Figura 13 visa apresentar as fases abordadas no delineamento da pesquisa que quebram o fluxo circular e se destacam do processo. As etapas que se conectam, seguem a representação da Figura 12. As interseções da fase 01 ocorrem em pleno funcionamento. Quando conectadas a fase 02, apresentam uma escala parcial.

As subdivisões da fase 02 ocorrem atualmente, porém não operam de forma totalmente efetiva. Quando a fase 02 está associada com a fase 03, o ciclo opera novamente de forma parcial. Contudo, a fase 3 acontece predominantemente de forma integral em relação ao descarte, mas quando está associada a destinação final (reaproveitamento e reciclagem), não é eficiente. E no final do processo, a inserção dos RCD novamente à origem do ciclo apresenta uma escala não satisfatória.

Figura 13: Quebras evidenciadas nas fases propostas pelo delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente a responsabilidade sobre o gerenciamento e documentação dos resíduos gerados são de inteira responsabilidade da fonte geradora. Dentro da amostra do estudo, destacou-se que a origem de maior incidência é privada, com cerca de 70% das respostas.

Quanto a principal fonte, destaca-se as construções novas como a atividade de maior execução dentre os entrevistados. Uma das maiores dificuldades da pesquisa foi o acesso às empresas que trabalham exclusivamente com obras de demolição. Visto que o resultado direto dessa atividade é a geração de resíduos, tentou-se de forma persistente o contato com empresas do ramo para obtenção de dados, porém sem sucesso.

Outras barreiras encontradas no desenvolvimento do estudo foram o acesso aos dados referente ao transporte desses materiais e a destinação final dos mesmos (reaproveitamento ou reciclagem). Trando-se de dados de transporte foi-se possível obter apenas algumas informações através de consulta ao sistema da FEPAM. Contudo, a plataforma opera com a abordagem de resíduos sólidos no geral, e em nível estadual. Para os dados específicos de Porto Alegre, visto que no município há a obrigatoriedade de emissão do MTRCC, a prefeitura não permite o acesso sobre as informações coletadas.

Quanto ao registro dos RCD gerados, observou-se que há documentação das informações desses materiais. As obras executadas no setor público, se destacam nesse quesito quando comparado ao privado. Entretanto, apesar da legislação contemplar licenças municipais obrigatórias, esse tipo de documento não é emitido por nenhum gerador estudado. Os documentos mais citados são o MTRCC, seguido pelo PGRSS, porém ainda com índices baixos em relação à completa informação dos RCD.

Quanto à adoção de práticas mais voltadas à metodologia de EC, como reaproveitamento e reciclagem, o setor público apresenta índices mais incidentes. Contudo, o descarte ainda é a forma de destinação final mais utilizada entre os geradores. Além de não empregar ações mais associadas aos 9Rs da economia circular, o não acompanhamento dos resíduos após entrega às empresas de transporte por parte dos agentes da construção civil, evidencia a falha no ciclo dos resíduos.

Tratando-se das ações públicas, foram constatadas poucas movimentações por parte dos órgãos responsáveis abordando as práticas de EC na construção civil. As iniciativas existentes são em sua grande maioria sobre a conscientização para o correto descarte final desses materiais, evidenciando mais uma vez um padrão linear.

Atualmente o setor foca na minimização, reaproveitamento e reciclagem de resíduos sólidos urbanos. A maior parte das políticas públicas atuais é voltada para esse tipo de resíduo e não há incentivos fiscais ou benefícios para os agentes da construção civil que reutilizem, reciclem ou até mesmo, não gerem resíduos da construção.

O controle e fiscalização evidenciam outra quebra de ciclo, visto que é realizado de forma aleatória e através de denúncias, apesar de existir um setor responsável por essa prática. Os dados emitidos pelos geradores são conferidos com a realidade quando a suspeita de informações muito discrepantes.

Tratando-se das legislações vigentes, há divergências entre as diretrizes a respeito da obrigatoriedade da emissão dessas informações, na esfera estadual e municipal. Visto que órgãos como a FEPAM, determinam que obras residenciais e comerciais não possuem a obrigatoriedade de emitir o Manifesto de Transporte para seus resíduos, enquanto a prefeitura de Porto Alegre determina que esses geradores devem sim registrar suas gerações. O porte de cada gerador é discrepante entre as normas estaduais e municipais, o que pode acarretar em enganos por parte dos agentes da construção civil.

Por fim o comércio de materiais oriundos de obras de demolição, se mostrou a principal ferramenta para a minimização do descarte desses materiais em aterros, a partir da prática de reaproveitamento de RCD. O comércio *online*, entretanto, ganha destaque em função do número de ofertas.

Os consumidores individuais possuem mais incidência na procura por essa classe de materiais. Esse dado associa-se à segunda atividade mais exercida pelas profissionais atuantes na construção civil. Evidencia-se que há uma circularidade dos materiais, principalmente em obras residenciais e as reformas parciais, citadas pelos entrevistados como a segunda maior fonte de resíduos.

Porém, atualmente não se pode afirmar que há uma economia circular dos resíduos de construção e demolição. O ciclo desses materiais opera com quebras em diversas fases e, apesar de uma porcentagem dos resíduos retornar para a

origem do processo através de reuso, reaproveitamento ou reciclagem, essa circularidade não é realizada de forma prévia e intencional.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 15112. **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**, Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 15113. **Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**, Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 15114. **Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**, Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos**, Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 15116. **Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio**, Rio de Janeiro, 2021.
- ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Pesquisa setorial: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**, 2020.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2022.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2021.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2019.
- AKANBI *et al.* Disassembly and deconstruction analysis system (D-DAS) for construction in a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 223, p. 386-396, 2019.
- BARRETO NETO *et al.* Plataforma de gestão de resíduos para o fomento da economia circular na construção civil. *In: XII Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, 12., 2021, Maceió. Anais [...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/450>. Acesso em: 27 abr. 2023.
- BOHANA, Mirela Carvalho Ribeiro *et al.* Redução dos resíduos da construção civil: uma tendência para as novas construções. *In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Cruz das Almas: [s. n.], 2016. p. 1–6. Disponível em: <http://cobesa.com.br/2016/download/cobesa-2016/IVCOBESA-099.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- BOHANA, Mirela Carvalho Ribeiro. **Reutilização de resíduos de construção e demolição: proposta de fluxo de materiais para desconstrução de estruturas**

industrializadas de concreto. 2020. Dissertação (Mestrado em Planejamento Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2020.

BORGHI, Giulia; PANTINI, Sara; RIGAMONTI, Lucia. Life cycle assessment of non-hazardous construction and demolition waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 184, p. 815–825, 2018.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Dispõe sobre a atualização do marco legal do saneamento básico e alteração da Lei nº 9.984, de julho de 2000. Brasília, 15 de julho de 2020.

BRASIL. **NR-18 – Condições e Meio Ambiente de trabalho na Indústria da Construção,** 2011.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos,** 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BRASIL. **Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020.** Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos Nacional. Brasília, 30 de julho de 2020.

BS 6187. **Code of practice for full and partial demolition,** Reino Unido, 2011.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desenvolvimento com Sustentabilidade.** [S. l.: s. n.], 2014.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos do BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** In: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. [S. l.: s. n.], 2016.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Informativo Econômico - Empregos na Construção Civil.** [S. l.: s. n.], 2022a.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Informativo Econômico - PIB Construção Civil.** [S. l.: s. n.], 2022b.

COLORADO, MUÑOZ, MONTEIRO. Circular economy of construction and demolition waste: A case study of Colombia. **Sustainability,** Suíça, v. 14, 2022.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 307 de 05 de julho de 2002.** Ministério do Meio Ambiente.

COSTA, Marco Antônio F. da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Projeto de Pesquisa - Entenda e faça.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

COSTA, Patrícia Oliveira; QUALHARINI, Eduardo Linhares. O papel da desconstrução na sustentabilidade das edificações. In: **VI Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios.** Rio de Janeiro: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80490.pdf>. Acesso em: 27 abr 2023.

DING, Zhikun *et al.* An agent-based model approach for urban demolition waste quantification and a management framework for stakeholders. **Journal of Cleaner**

Production, [s. l.], v. 285, 2021.

Diretiva 2008/98/CE. Relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098&qid=1668555620215>

ELSHABOURY, Nehal; MARZOUK, Mohamed. Optimizing construction and demolition waste transportation for sustainable construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], v. 28, n. 9, p. 2411–2425, 2021.

ESPINELLI, Ubiraci *et al.* Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, p. 33–46, 2004. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3573/1978>. Acesso em: 16 nov. 2021.

FAGURY, Samir Costa; GRANDE, Fernando Mazzeo. Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) – aspectos gerais da gestão pública de São Carlos/SP. **Exacta**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 35-45, 2007.

FARUQI, M. Humam Zaim; SIDDIQUI, Faisal Zia. A mini review of construction and demolition waste management in India. **Waste Management and Research**, [s. l.], v. 38, n. 7, p. 708–716, 2020.

FILHO, João Alexandre Paschoalin; FRASSON, Sueli Aparecida; CONTI, Diego de Melo. Economia Circular: Estudo de casos múltiplos em usinas de reciclagem no manejo de resíduos da construção civil. **Desenvolvimento em Questão**, [s.l.], v. 17, n. 49, p. 136-157, 2019.

FUNDACIÓN CONAMA. Economía circular en el sector de la construcción. *In*: **Congreso Nacional del Medio Ambiente**, 2018, Madrid. Disponível em: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf. Acesso em: 14 mai. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4º Ediçãoed. São Paulo: [s. n.], 2002.

GINGA, Clarence P.; ONGPENG, Jason Maximino C.; DALY, Ma Klarissa M. Circular economy on construction and demolition waste: a literature review on material recovery and production. **Materials**, [s. l.], v. 13, n. 13, p. 1–18, 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 18.481 de 10 de dezembro de 2013**. Regulamenta a lei nº 10.847, de 9 de março de 2010, que institui o plano integrado de gerenciamento de resíduos de construção civil do município de Porto Alegre, estabelecendo as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (rccs) e dá outras providências. Porto Alegre, 10 de dezembro de 2013.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 18.623 de 24 de abril de 2014**. Dispõe sobre o processo administrativo de aprovação e licenciamento de edificações, obras, vistorias prediais, numeração e manutenção das edificações,

uniformizando os procedimentos e especificando a sua dispensa e revoga os arts. 47 e 48 do decreto 12715, de 23 de março de 2000, e o decreto nº 16.708, de 11 de julho de 2010. Porto Alegre, 24 de abril de 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 18.705 de 8 de julho de 2014**. Altera o inc. vi do art. 1º, o art. 16 e inclui arts. 16-a, 16-b, 16-c, 16-d, 16-e, 16-f e 16-g ao decreto nº 18.481, de 10 de dezembro de 2013, que regulamenta a lei nº 10.847, de 9 de março de 2010, que institui o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Porto Alegre. Porto Alegre, 08 de julho de 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 20.368 de 02 de outubro de 2019**. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil do Município de Porto Alegre. Porto Alegre, 4 de outubro de 2019.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 21.936 de 06 de abril de 2023**. Altera o caput de art. 1º e o art. 27 inclui os §§6º a 8º no art. 1º do Decreto nº 18.623 de 24 de abril de 2014; inclui os arts. 2º-A, 2º-B, 2º-C e 2º-D, o § 5º no art. 3º e o parágrafo único no art. 7º do Decreto nº 21.393 de 17 de fevereiro de 2022; e revoga os arts. 11 e 28 do Decreto nº 18.623 de 24 de abril de 2014, os arts. 5º ao 9º e os Anexos I ao VI do Decreto 19.741 de 12 de maio de 2017 e o art. 9º do Decreto nº 20.542 de 9 de abril de 2020. Porto Alegre, 06 de abril de 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.847 de 09 de março de 2010**. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil do Município de Porto Alegre, estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil e dá outras providências. Porto Alegre, 09 de março de 2010.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS-RS)**, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Portaria FEPAM nº 12 de 21 de janeiro de 2020**. Altera a portaria FEPAM nº87/2018. Rio Grande do Sul, 23 de janeiro de 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Portaria FEPAM nº 87 de 29 de outubro de 2018**. Aprova o Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos – Sistema MTR Online e dispõe sobre a obrigatoriedade de utilização do Sistema no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Rio Grande do Sul, 29 de outubro de 2018.

HAN, Dongchen; KALANTARI, Mohsen; RAJABIFARD, Abbas. Building information modeling (BIM) for construction and demolition waste management in Australia: a research agenda. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 23, 2021.

IODICE, Silvia *et al.* Sustainability assessment of construction and demolition waste management applied to an Italian case. **Waste Management**, [s. l.], v. 128, p. 83–98, 2021.

JUNIOR, Laelson de Andrade Amorim. **Classificação e quantificação dos resíduos de construção e demolição (RCD) e suas potencialidades de**

reciclagem ou reutilização em cinco obras de edificação na cidade do Recife. 2017. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Construção Civil - Edificações) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, 2017.

KERN *et al.* Waste generated in high-rise buildings construction: a quantification model based on statistical multiple regression. **Waste Management**, 2015.

LACERDA, Monique Silva; LEITÃO, Fabrício Oliveira. Desafios e oportunidades da economia circular: o caso dos resíduos do coco verde. **Toledo**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 164-181, 2021.

LI, Jiantao *et al.* RGB-D fusion models for construction and demolition waste detection. **Waste Management**, [s. l.], v. 139, p. 96–104, 2022.

LOCH, Patricia; STOCKER, Sandra Mara; BERTOLINI, Geysler Rogir Flor. Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil: uma revisão sistemática da produção científica brasileira de 2003 a 2016. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 300–321, 2018.

MADEIROS, Larissa Mendes; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Jpulio Apolonio. A contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 365 – 385, 2018.

MARAFÃO, Inaiê; CORADI, Clever. A economia circular na indústria da construção civil. *In: I Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo – Cidades Inteligentes e Sustentáveis*, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siau/article/download/28079/16382>. Acesso em: 16 abr 2023.

MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando. A economia circular na construção civil: principais barreiras e oportunidades para a transição do setor. **Revista Tecnologia Sociedade**, Curitiba, v. 18, n. 53, p. 54-71, seção temática, 2022a. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15726>. Acesso em: 23 de abril de 2023.

MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 129-142, 2022b.

NUNES, K. R.A.; MAHLER, C. F. Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA. **Waste Management and Research**, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 415–422, 2020.

OLIVEIRA, Maria do Perpétuo Socorro Lamego; DE OLIVEIRA, Evailton Arantes; FONSECA, Ana Margarida. Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 23, n. 9, p. 2713–2725, 2021.

OSHA. Demolition: Construction in Reverse, with Additional Hazards, [s.d].

Disponível em:
<https://www.osha.gov/demolition#:~:text=Demolition%20is%20the%20dismantling%20C%20razing,the%20hazards%20associated%20with%20construction.> Acesso em: 02 fev de 2023.

OVERSTREET, Kaley. Materiales de demolición, una nueva vida a través del reciclaje. 29 jul 2020. **ArchDaily en Español**, Santiago. Disponível em: <https://www.archdaily.cl/cl/944621/materiales-de-demolicion-una-nueva-vida-a-traves-del-reciclaje>. Acesso em: 20 mai de 2023.

PAPASTAMOULIS, Vasilios *et al.* Conceptualising the circular economy potential of construction and demolition waste: an integrative literature review. **Recycling**, [s. l.], v. 6, n. 3, 2021.

POON, C.S. Reducing construction waste. **Waste Management**, Hong kong, v. 27, p. 1715-1716, 2007.

RIBEIRO, Denise; DE MOURA, Larissa Santos; PIROTE, Natália Stéfanie dos Santos. Sustentabilidade: formas de reaproveitar os resíduos da construção civil. **Rev. Cienc. Gerenc.**, [s. l.], v. 20, n. 31, p. 41-45, 2016.

RIOS, Fernanda Cruz; CHONG, Wai K.; GRAU, David. Design for disassembly and deconstruction: challenges and opportunities. **Procedia Engineering**, Arizona, v. 118, p. 1296 - 1304, 2015.

RUIZ, Luis Alberto López; RAMÓN, Xavier Roca; DOMINGO, Santiago Gassó. The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020.

RUIZ, Luis Alberto López; RAMÓN, Xavier Roca; DOMINGO, Santiago Gassó. The circular economy in the construction and demolition waste sector: a review and an integrative model approach. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020.

SHOOSHTARIAN, *et al.* Transformation towards a circular economy in the Australian construction and demolition waste management system. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 89-106, 2022.

SINIR. Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, 2021. Disponível em: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/inventario-nacional/>. Acesso em: 19 jan de 2023.

SÖZER, Hatice; SÖZEN, Hüseyin. Waste capacity and its environmental impact of a residential district during its life cycle. **Energy Reports**, [s. l.], v. 6, p. 286–296, 2020.

SPIŠÁKOVÁ *et al.* Waste management in a sustainable circular economy as a part of design of construction. **Appl. Sci**, [s. l.], v. 12, 2022.

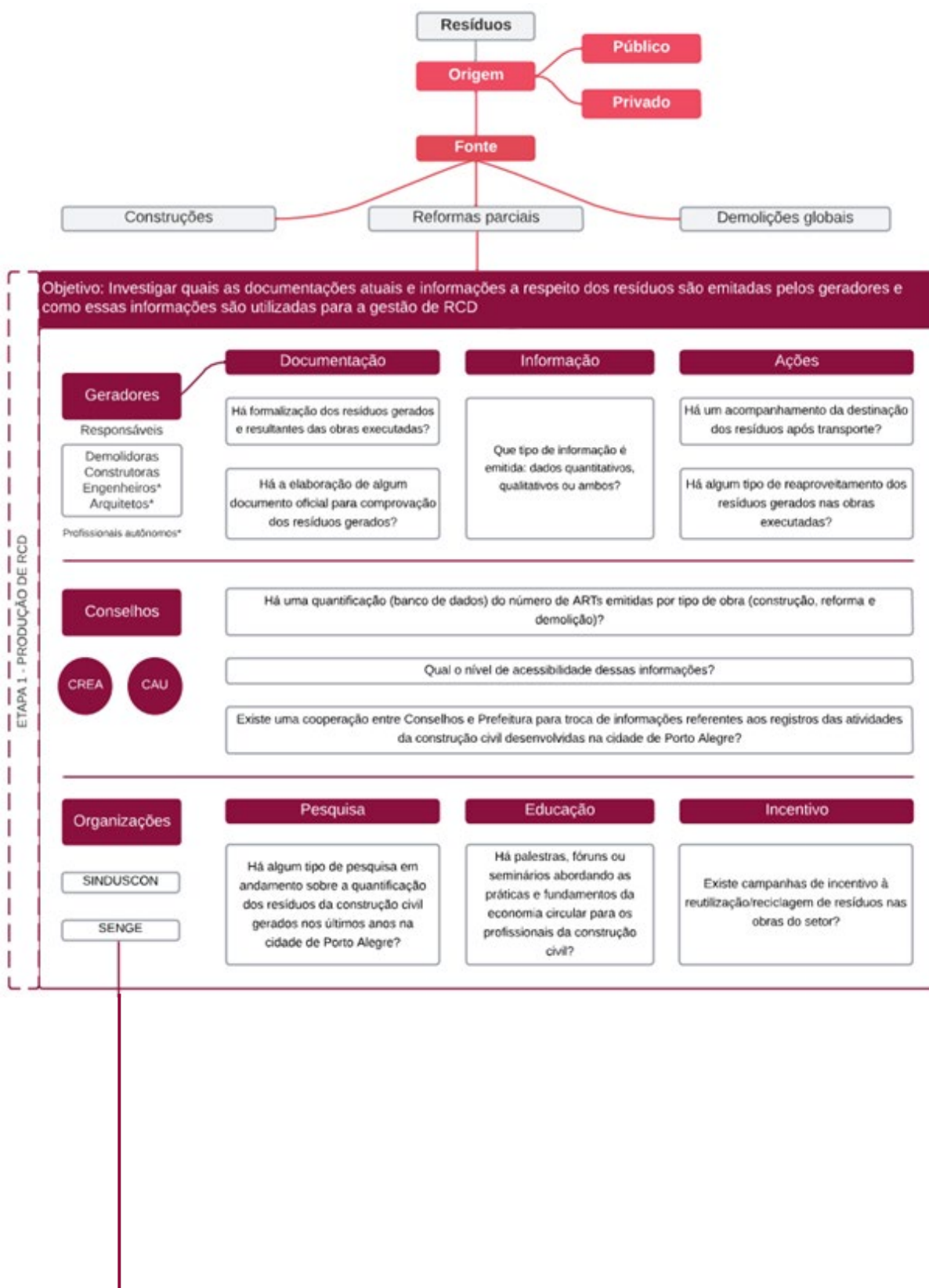
TERRA AMBIENTAL. Desenvolvimento sustentável: descubra a relação entre gestão de resíduos e economia circular, 2022. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/desenvolvimento-sustentavel-relacao-entre-gestao-de-residuos-e-economia-circular>. Acesso em: 28 ago de 2023.

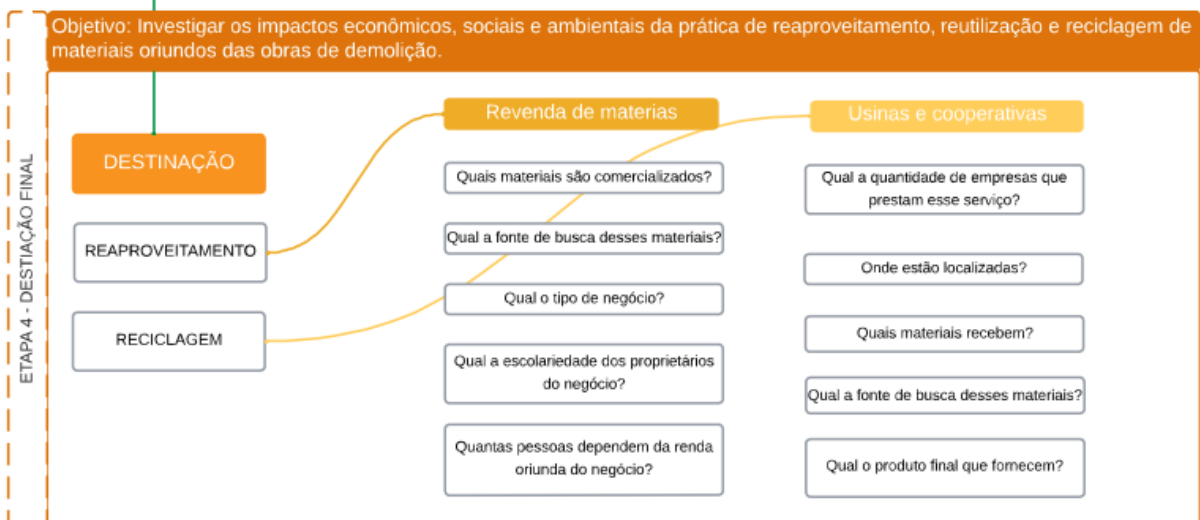
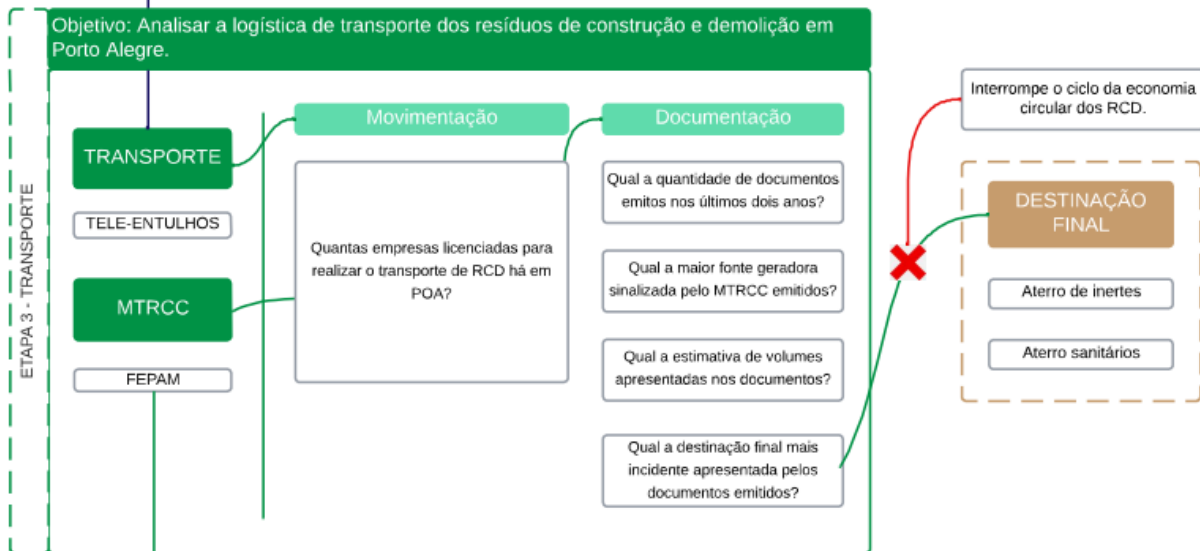
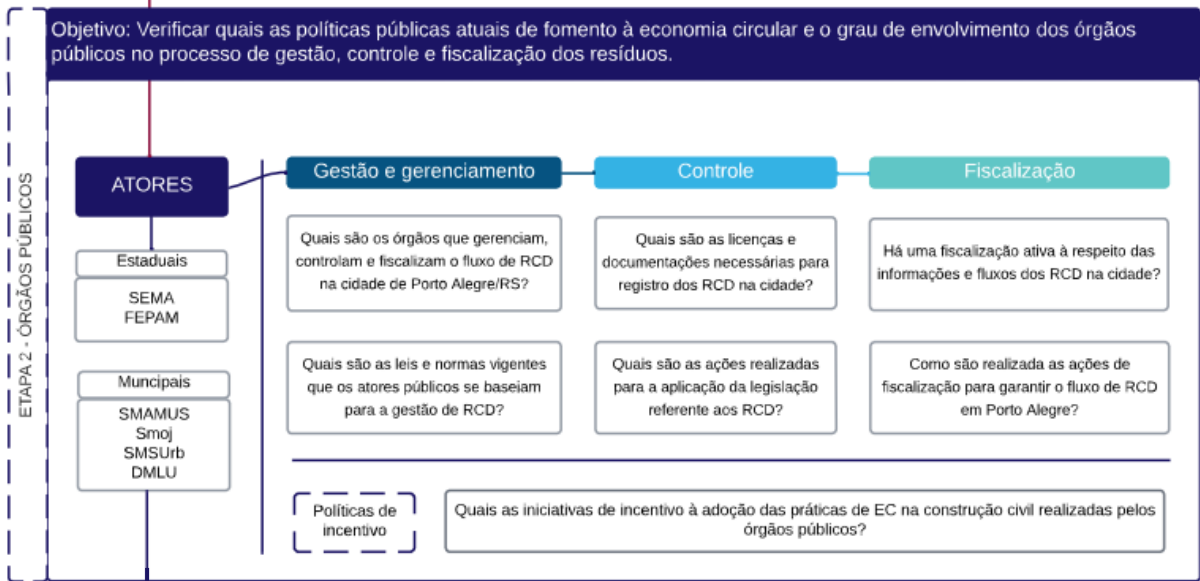
TORRES, Levi. Resíduos da construção e demolição: geração de emprego e renda, 2016. **Abrecon**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/artigos/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda>. Acesso em: 16 mai de 2023.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. *E-book*.

ZHANG, Chunbo et al. An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 803, p. 149892, 2022.

APÊNDICE A – ESQUEMATIZAÇÃO ETAPAS DE PESQUISA





APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO ÓRGÃOS PÚBLICOS

Dados de identificação do entrevistado
Função:
Órgão público:
Departamento:

Setorização
Existe alguma responsabilidade do seu departamento na gestão dos resíduos de construção e demolição?

Controle
1 – Hoje existem licenças de obras de simples natureza (demolição total, demolição parcial, reformas em fachadas, etc). Qual a obrigatoriedade dessas licenças?
2 – Atualmente essas licenças são utilizadas para qual finalidade?
3 – Há algum setor responsável pelo cadastramento e controle dessas licenças? Se sim, qual? Como atua?
4 – Existe um banco de dados com o cadastro das obras em andamento na cidade? Alguma relação com a quantidade de ARTs expedidas pelos conselhos?
5 – Quanto a elaboração do PERS-RS, com validade até 2024, há alguma intenção de revisão ou inserção dos princípios da economia circular?

Fiscalização
7 - A destinação dos resíduos atualmente é de responsabilidade da fonte geradora. A prefeitura atua de alguma forma para fiscalizar a correta destinação desses resíduos?
8 – Se sim, como funciona essa fiscalização atualmente? Há algum setor responsável? Qual?
9 – Em termos de reciclagem e reaproveitamento de materiais oriundos de obras de demolição, há alguma catalogação das usinas/cooperativas de reciclagem na cidade?
10 – A prefeitura atua de alguma forma para interação dos agentes geradores de resíduos e os recicladores desses materiais?

Incentivo
11 - Há alguma política de incentivo para os agentes da construção civil que utilizem materiais recicláveis/reutilizáveis em suas obras?

12 – Quais as ações que a prefeitura realiza para incentivar a economia circular na indústria da construção na cidade de porto alegre?

13 – Na execução de obras públicas como funciona a gestão de resíduos? Há aplicação de algum princípio da economia circular?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO REVENDA DE MATERIAIS

Dados de identificação do entrevistado
Idade:
Raça:

1. Quais os materiais comumente comercializados no empreendimento?
<input type="checkbox"/> Aberturas (portas e janelas)
<input type="checkbox"/> Louças
<input type="checkbox"/> Revestimentos (pisos, azulejos)
<input type="checkbox"/> Estruturas de madeira
<input type="checkbox"/> Estruturas metálicas
<input type="checkbox"/> Telhas
<input type="checkbox"/> Outros:

2. Como são adquiridos os materiais vendidos no empreendimento?
<input type="checkbox"/> Busca em empresas de demolição
<input type="checkbox"/> Oferta e procura espontânea (direto com proprietários)
<input type="checkbox"/> Via comércio digital

3. Qual o público alvo do empreendimento? (pessoas que usualmente compram no local)
<input type="checkbox"/> Construtoras de pequeno e médio porte
<input type="checkbox"/> Construtoras de grande porte
<input type="checkbox"/> Pessoa física (obras individuais – residências)
<input type="checkbox"/> Outros:

4. O empreendimento é de qual tipo?
<input type="checkbox"/> Familiar (propriedade de uma família)
<input type="checkbox"/> Individual (único dono)
<input type="checkbox"/> Franquia (mais de uma loja do mesmo dono)
<input type="checkbox"/> Sociedade (mais de um dono)

5. Qual a motivação do negócio?
<input type="checkbox"/> Empreendedorismo (a pessoa quis abrir a empresa)

<input type="checkbox"/> Falta de acesso ao mercado de trabalho (sobrevivência)

6. Qual o grau de escolaridade dos responsáveis pelo empreendimento?

<input type="checkbox"/> Ensino fundamental

<input type="checkbox"/> Ensino médio

<input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto
--

<input type="checkbox"/> Ensino superior
--

<input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto

7. É a principal renda do proprietário do empreendimento?
--

<input type="checkbox"/> Sim

<input type="checkbox"/> Não

8. Qual a arrecadação (receita) com esse comércio em média no mês, sendo o salário mínimo de R\$1.200,00?
--

<input type="checkbox"/> Até um salário mínimo
--

<input type="checkbox"/> Dois salários mínimos
--

<input type="checkbox"/> Três salários mínimos
--

<input type="checkbox"/> Acima de quatro salários mínimos

9. Quantas pessoas dependem da renda do negócio?

<input type="checkbox"/> Uma

<input type="checkbox"/> Duas

<input type="checkbox"/> Três

<input type="checkbox"/> Quatro

<input type="checkbox"/> Cinco

<input type="checkbox"/> Mais de cinco
--

10. O espaço físico de instalação do empreendimento é:

<input type="checkbox"/> Próprio

<input type="checkbox"/> Alugado

<input type="checkbox"/> Doador

11. Em caso de empreendimento familiar, quantas pessoas da família trabalham no negócio?

--

12. O empreendimento possui funcionários?

Sim

Não

Quantos:

APÊNDICE D – FICHA TÉCNICA USINAS E COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Dados de identificação
Nome: Nome real
Nome fictício para pesquisa: “Empresa A”
Localidade: Bairro, Cidade
Classificação: Usina de reciclagem ou cooperativa de reciclagem
Porte: pequeno, médio ou grande
Modelo: público, privado ou misto
Unidades: número de unidades da mesma empresa na região

Materiais		
Insumos	Origem	Convênios
Tipo de material	Da onde recebem/buscam	Existe parceria com demolidoras?

Estrutura		
Tipo de triagem	Tipo de maquinário	Máquinas utilizadas
<input type="checkbox"/> manual	<input type="checkbox"/> fixo	Britador de impacto
<input type="checkbox"/> mecanizada	<input type="checkbox"/> móvel	Britador de mandíbula
	<input type="checkbox"/> fixo/móvel	

Recursos humanos		
Funcionários	Profissionalização	Treinamentos
Quantidade	Nível de capacitação dos funcionários	São ofertados?
	<input type="checkbox"/> nenhum	
	<input type="checkbox"/> básico	
	<input type="checkbox"/> médio	
	<input type="checkbox"/> superior	

Produto final
Qual o produto final da recicladora