

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS CIENTÍFICA
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

CARLOS ROBSON DIAS DA SILVA
PATRICK TARCÍSIO DUARTE

**A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E
DEMOLIÇÃO (RCD) EM CONCRETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

BELO HORIZONTE
NOVEMBRO / 2021

CARLOS ROBSON DIAS DA SILVA
PATRICK TARCÍSIO DUARTE

**A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E
DEMOLIÇÃO (RCD) EM CONCRETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
(FEAMIG), como requisito parcial para obtenção
do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador de conteúdo: Prof. Ms./Dr./PhD.
Diego de Jesus Queiroz Rosa

Coorientador: Prof. Especialista Joubert Paulo
Ferreira

Orientador (a) de metodologia: Prof. Ms. Raquel
Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE
NOVEMBRO / 2021



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **A UTILIZAÇÃO DO RCD EM CONCRETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, de autoria dos alunos CARLOS ROBSON DIAS DA SILVA e PATRICK TARCÍSIO DUARTE, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos **Cadernos de Comunicações Universitárias**, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica
PPDC/FEAMIG

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em nossas vidas, autor do nosso destino, e a nossa família que é exemplo de dedicação, empenho e persistência.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado a Deus, nosso socorro em momentos de angústia, por abrir espaços frente às dificuldades e por ser nosso guia na tarefa de lutar pela nossa felicidade.

Agradecemos aos nossos pais que, desde cedo, nos ensinaram o valor do conhecimento para se entender o mundo e que mostraram, que não há limites para a busca de um sonho.

Agradecemos aos nossos orientadores pela sua orientação, parceria, paciência e profissionalismo. Todo o apoio e atenção dedicados, foram imprescindíveis para a concretização deste trabalho.

Enfim, agradecemos a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva da nossa vida.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.
(Marthin Luther King)

RESUMO

O avanço da construção civil trouxe diversos benefícios para a população, mas este crescimento tem causado impacto ao meio ambiente, principalmente devido ao grande volume de resíduos gerados em obras de construção ou de demolição. Com o objetivo de minimizar este impacto, muitos estudos estão sendo realizados para incentivar a diminuição, o reuso e a reciclagem destes materiais. A adoção dessas práticas com os resíduos provenientes de atividades da indústria da construção civil está sendo uma alternativa de grande importância, tanto para o meio ambiente, quanto para a sociedade em geral. O objetivo deste trabalho foi apresentar a reutilização do RCD (Resíduo da Construção e Demolição), em substituição aos agregados que compõem o concreto. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica, com intuito de compreender melhor o assunto e trazer informações relevantes para os setores sociais, econômicos e principalmente ambientais, contribuindo para as boas práticas de ações sustentáveis. Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo realizado com levantamento de dados sobre os resíduos originados de estruturas demolidas, apresentação das propriedades dos agregados reciclados e dos concretos confeccionados com estes agregados reciclados e as vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados. Foi possível apresentar que é possível reutilizar os resíduos de construção e demolição se realizado os estudos das propriedades dos materiais coletados e assim garantir resistência necessário nos concretos.

Palavras-chave: Construção Civil. Concreto. RCD. Agregados Reciclados.

ABSTRACT

The advance of civil construction has brought several benefits to the population, but this growth has impacted the environment, mainly due to the large volume of waste generated in construction or demolition works. In order to minimize this impact, many studies are being conducted to encourage the reduction, reuse and recycling of these materials. The adoption of these practices with waste from construction industry activities is being an alternative of great importance, both for the environment and for society in general. The objective of this work was to present the reuse of the RCD (Construction and Demolition Residue), replacing the aggregates that make up the concrete. The research methodology was the bibliographic review, in order to better understand the subject and bring relevant information to the social, economic and mainly environmental sectors, contributing to the good practices of sustainable actions. In this work, the results of a study conducted with data collection on waste originated from demolished structures are presented, presentation of the properties of recycled aggregates and concrete made with these recycled aggregates and the advantages and disadvantages of concrete made with recycled aggregates. It was possible to present that it is possible to reuse the construction and demolition waste if the studies of the properties of the collected materials were carried out and thus ensure the necessary resistance in the concrete.

Keywords: Civil Construction. Concrete. RCD. Recycled Aggregates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Cimento	16
Figura 2- Areia	16
Figura 3- Brita.....	17
Figura 4- Água	17
Figura 5- Concreto.....	17
Figura 6- Estrutura de aço, madeira e concreto.....	18
Figura 7- Entulho de construção.....	20
Figura 8- Cartilha impressa SLU- PBH.....	21
Figura 9- Coliseu.....	23
Figura 10- Burj Khalifa.....	23
Figura 11- Recifes Artificiais.....	23
Figura 12- Armazenamento Corelocs.....	27
Figura 13- Corelocs estocados e sendo destruídos.....	27
Figura 14- Estação Reciclagem Estoril/SLU-PBH.....	32
Figura 15- Reciclagem de RCD.....	32
Figura 16- Vista do topo do edifício São Vito.....	36
Figura 17- Pavimento de asfalto feito com adição de agregado reciclado.....	36
Figura 18- Perfil de camadas de pavimentação.....	37
Figura 19- Blocos e casa popular, feitos a partir do material de demolição do Edifício Andorinhas.....	38
Figura 20 - Composição média do RCD.....	48
Figura 21 - Hierarquia no conceito de gestão de resíduos.....	49
Figura 22 - Variabilidade de propriedades dos agregados reciclados.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Referências normativas	19
Quadro 2 - Referências Normativas RCD.....	29
Quadro 3 - Perda de materiais em processos construtivos convencionais	39
Quadro 4 - Propriedades dos agregados reciclados.....	52
Quadro 5 - Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados	55

LISTA DE SIGLAS

ABESC - Associação Brasileira Das Empresas De Serviços De Concretagem Do Brasil

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON - Associação Brasileira Para Reciclagem De Resíduos Da Construção Civil e Demolição

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

RCC - Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos de Construção Civil e Demolição.

SINDUSCON-MG – Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais

SLU - Superintendência de Limpeza Urbana

T&D: Treinamento e Desenvolvimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contexto	14
1.2 Problema de pesquisa.....	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Justificativa.....	15
2. REFERENCIALTEÓRICO.....	16
2.1 Histórico.....	16
2.1.1 Normas Vigentes.....	18
2.1.2 Concreto.....	21
2.2 RCD – Resíduos de Construção Civil e Demolição.....	24
2.2.1 Desperdício de materiais na construção civil.....	26
2.2.2 O uso de RCD's na construção civil.....	27
2.3 Usina de refino do RCD.....	31
2.4 Análise de gestão e do gerenciamento dos RCD em Belo Horizonte.....	33
2.5 RCD na construção civil no Brasil.....	34
3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	41
3.1 Tipo de Pesquisa.....	41
3.2 Natureza da Pesquisa.....	41
3.3 Pesquisa quanto aos Fins.....	42
3.4 Pesquisa quanto aos Meios.....	43
3.5 Universo e Amostra.....	43
3.6 Coleta e análise de dados.....	44
3.7 Limitações da Pesquisa.....	45
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
4.1 Levantamento de dados sobre os resíduos originados de estruturas demolidas (RCD).....	46
4.2 Propriedades dos agregados reciclados.....	50

4.3	Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados.....	53
4.4	Vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados.....	56
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
	APÊNDICE.....	70

1 INTRODUÇÃO

Entende-se por concreto a mistura de um aglomerante a saber o cimento que é um elemento seco, com a textura muito semelhante a um pó e agregados como a água, a areia e sedimentos de rochas, mais conhecidas como pedras em diversas granulometrias resultam no que se conhece popularmente como concreto, base extremamente importante para a construção civil devida a sua alta durabilidade e rigidez e possibilidade de molde. Sua aplicação dentro da construção é utilizada e aprimorada a séculos pelo ser humano.

Sua presença pode ser vista nos grandes arranha céus ao redor do mundo, bem como na arquitetura básica. É um bem comum partilhado, seja em grandes centros comerciais, urbanos ou residenciais.

Devido ao acúmulo e desgaste do meio ambiente a utilização de restos de construções e demolições - RCD na mistura do concreto surge como uma possibilidade de diminuir o impacto ambiental causado pelos diversos projetos de construções nos centros urbanos.

O objetivo do projeto é analisar se a introdução desse agregado de forma reciclada no concreto é benéfica para a indústria em termos de capital e também do ponto de vista acerca do impacto ambiental.

A pesquisa será feita pelo levantamento de dados de fontes confiáveis contidos em artigos, monografias, teses, livros e periódicos disponíveis em ambiente virtual e acervo físico para embasar esse trabalho.

1.1 Contexto

O impacto socioambiental produzido pela utilização de aditivos utilizados na construção civil por meio do concreto foca em uma etapa importante para a sociedade e o meio ambiente, pois a reciclagem desse material otimiza tempo, gasto o que interfere diretamente no valor da obra e juntamente a isso o valor ambiental, evitando um degaste do meio ambiente e reparando assim as causas e efeitos de uma má administração de recursos utilizados em uma obra.

Pesquisas revelam que essa estratégia vem sendo muito utilizada tanto em pequenos projetos quanto em grandes construções não somente no Brasil, mas ao redor do mundo, abrindo um mercado importante em estratégias administrativas de construção.

A conscientização sobre os variados impactos sofridos na natureza tem sido uma busca constante em realizar empreendimento, porém tendo como meta o bem estar da sociedade que sofre com os diversos impactos causados pelo desperdício de matéria prima encontrada nos campos de obras.

1.2 Problema de pesquisa

É possível reciclar resíduos de construção civil e demolição e reutilizar como agregado na mistura do concreto com o objetivo de agir de maneira sustentável ao meio ambiente?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar as vantagens e desvantagens da utilização de adição dos resíduos de demolição no concreto visando diminuir os impactos na natureza.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um levantamento de dados de geração de resíduos originados de estruturas demolidas (RCD);
- Apresentar as propriedades dos agregados reciclados;
- Apresentar as propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados
- Demonstrar as vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados.

1.4 Justificativa

O presente trabalho tem como intuito de afirmar a sólida presença e importância que o concreto tem na indústria civil.

O baixo custo e os elementos que fazem o concreto podem ser encontrados com facilidade na natureza e a possibilidade de tornar essa mistura com um menor impacto ambiental para a sociedade é de extrema importância, é viável e tem uma abertura muito grande na forma de como pensar a construção civil nos dias atuais.

A ressignificação de conceitos que trazem benefícios a curto, médio e longo prazo tem ganhado cada vez mais espaço dentro das corporações. É uma necessidade a mudança de elaboração de um projeto, e a introdução dessa proposta, por isso quando se pensa em um projeto de construção, em sua base é importante pensar que a reutilização de material de construção oriundos de outras edificações podem trazer benefícios em termos de gasto com matéria prima encontrados na natureza.

O uso de resíduos produzidos pela construção civil pode ser um elemento reciclável ao ser agregado a mistura que para ser feita a pasta do concreto, diminuindo assim o impacto negativo ao meio ambiente.

O mercado de trabalho para os profissionais engenheiros também terá uma vantagem, um novo campo a ser explorado, gerando mais empregos e o surgimento de novas técnicas.

2 REFERENCIALTEÓRICO

A pesquisa a seguir tem por objetivo realizar uma análise sobre a importância do concreto na construção civil e também a reutilização de resíduos oriundos de outras edificações visando amenizar o impacto socioambiental. Será feito uma revisão bibliográfica através da abordagem de alguns autores/obras sobre o tema. Um levantamento bibliográfico através de dissertações, artigos, livros, periódicos que trazem a relevância do tema para os dias atuais.

2.1 Histórico

A necessidade do ser humano em criar habitações que o protegesse das mudanças climáticas ao longo dos milênios foi desenvolvendo a capacidade de fazer experimentos com elementos encontrados no meio ambiente levando a uma pasta que resultassem em uma liga capaz de serem moldadas para suprir essa demanda (SILVA; CABRAL, 2011). Com isso foi se aperfeiçoando o que hoje temos como concreto, uma massa capaz de sustentar pequenas e grandes projetos de na construção civil.

Pensando ser uma receita temos como ingredientes o cimento, areia, brita, água e ar, tudo com uma medida equilibrada para cada objetivo, essa é a base do concreto em sua forma simples (PORTAL DO CONCRETO, 2013). As Figuras 1 até 4 demostram os elementos essenciais e a Figura 5 o produto final esperado de toda essa junção feita.

Figura 1- Cimento



Figura 2- Areia



Figura 3- Brita



Figura 4- Água



Fonte: Brasmic (2013)

Fonte: Portal AECweb (2021)

Figura 5- Concreto



Fonte: Portal do Concreto (2006)

Essa técnica que antes era braçal hoje pode ser feita através de equipamentos otimizando tempo, custo e mão de obra por parte de grandes empreiteiras e construtoras. A produção do concreto depende do planejamento da obra, se é uma construção em modalidade industrial ou o que acontece em muitos casos, algo mais do gênero caseiro, ou seja, obras de pequeno porte e

que não possui uma infraestrutura que possibilite a contratação do aluguel de equipamentos para a produção em escala maior como se tem em obras realizadas por grandes empreiteiras.

Segundo Santos Bastos “para um material de construção ser considerado bom, ele deve apresentar duas características básicas: resistência e durabilidade” (2006, p.1) características que o concreto possui.

Diferentes de outros elementos que fazem parte da estrutura de uma construção civil como o aço que tem a vantagem de ser moldado através de soldas, podem ser montados por partes individuais, são leves, porém não apresenta uma resistência prática em termos de incêndios ou algo do tipo. Outro exemplo é a madeira que também tem a sua montagem ou desmontagem com facilidade, porém apresenta baixa durabilidade diante do tempo e clima e é um material não resistente ao fogo. Uma construção a base de concreto resiste as essas intempéries do tempo como mostra a Figura 6.

Figura 6- Estrutura de aço, madeira e concreto



Fonte: Pinterest

2.1.1 Normas vigentes

Segundo Pereira (2021) tanto o aço em sua forma de viga quanto a madeira são utilizados juntamente com o concreto para dar sustentação a uma construção, conhecido como o concreto armado. Para que essa estrutura venha a ser feita é preciso que o cálculo seja preciso para que não ocorra acidentes como atrasos no tempo, desabamento, fissuras e rachaduras na obra. A supervisão realizada por um profissional engenheiro é de extrema importância respeitando assim as normas vigentes dos órgãos competentes.

“Esta Norma cabe definir os critérios gerais que regem o projeto das estruturas de concreto, sejam elas de edifícios, pontes, obras hidráulicas, portos ou aeroportos etc.” (ABNT, 2003, p.2). Como demonstra o Quadro 1, as diversas referencias normativas visam categorizar as ações feitas dentro dos projetos de edificação com o objetivo de se obter um controle maior e específico sobre tais.

Quadro 1- Referências normativas

NBR 5674	Manutenção de edificações
NBR 6118	Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
NBR 7190	Projeto de estruturas de madeira
NBR 7211	Agregados para concreto
NBR 7480	Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto Armado
NBR 7482	Fios de aço para concreto protendido
NBR 7680	Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto
NBR 8548	Barras de aço destinadas a armaduras para concreto armado com emenda mecânica ou por solda
NBR 8681	Ações e Segurança nas Estruturas
NBR 8800	Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios
NBR 8953	Concreto para fins estruturais
NBR 9062	Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
NBR 11578	Cimento Portland composto

NBR 12654	Controle tecnológico de materiais componentes do concreto
NBR 12655	Concreto - Preparo, controle e recebimento

Fonte: Adaptado pelos autores com dados extraídos (ABNT NBR 6118:2003)

Com a urbanização do meio, a natureza teve fortes impactos, não podendo deixar de ter os pontos negativos na sua utilização em grande escala. A chamadas cidades de concreto trouxe problemas sociais que vai desde grandes enchentes por não haver o escoamento, o filtro natural do solo que não consegue fazer a retenção do líquido, a resíduos oriundos de construções abandonadas nos centros urbanos, nas margens de rios por falta de um local de descarte legalizado pelas prefeituras (DERISIO, 2000).

Figura 7- Entulho de construção



Fonte: Franklin de Freitas (2019)

“As deposições irregulares, geralmente, resultam de pequenas obras ou reformas realizadas pelas camadas da população urbana mais carente de recursos. Colaborando fortemente para a degradação ambiental.” (PINTO; GONZÁLES, 2005, p.25) A Figura 7 é um exemplo encontrado com facilidade ao percorrer bairros onde encontra-se no mesmo ambiente comércio, escolas, um meio residencial em que os transeuntes locais convivem com esse tipo de infortúnio diariamente.

Em algumas situações existe a tentativa de recolher de maneira assertiva os restos de construção por órgãos responsáveis, mas a demanda não consegue ser suprida devida ao índice ser muito alto. Na Figura 8 temos o folheto distribuído pela Prefeitura de Belo Horizonte avisando que haverá em um determinado dia a coleta de resíduos de construção e demolição dentre outras coisas que a população venha a fazer o seu descarte de maneira errada em locais inapropriados, trazendo com isso a proliferação de animais e consequentemente possíveis doenças para a população moradora próxima ao local. A conscientização é muito importante para manter um local seguro.

Figura 8- Cartilha impressa SLU- PBH



Fonte: SLU (2021)

2.1.2 Concreto

De acordo com Galhardo Gutierrez (2014) o uso do cimento para a produção do concreto é a mais importante e impactante invenção da construção civil, sendo este elemento o mais utilizado dentro da indústria civil afirmado por Teixeira (2015). Com isso o concreto se torna a melhor opção para a construção civil levando em consideração o custo benefício em grande proporção.

De acordo com ABESC (2007) o resultado de água com cimento não significa que é concreto. Cimento e concreto são duas coisas distintas:

Cimento é um composto químico seco, finamente moído, que ao ser misturado com água reage lentamente formando um novo composto, desta vez, sólido. O Concreto é um material formado pela mistura de cimento, água, agregados (areia e pedra) e, eventualmente, aditivos. O cimento e a água formam a pasta que une os agregados quando endurecida. A este conjunto denominamos concreto que, inicialmente encontra-se em estado plástico, permitindo ser moldado nas mais diversas formas, texturas e finalidades. (ABESC, 2007, p.5)

Pedroso (2009) em relação ao concreto, temos massas específicas oriundas de diversas dosagens em sua mistura. Pode-se classificar em três tipos distintos de classes básicas:

- a) Concreto de densidade normal: massa específica no intervalo de 2000 a 2800kg/m³ (comumente encontrado em obras em geral)
- b) Concreto leve: densidade abaixo do intervalo estabelecido para o concreto normal, obtida com o uso de agregados com menor massa específica
- c) Concreto pesado: massa específica acima do intervalo estabelecido para o concreto normal, devido ao uso de agregados de alta densidade (usado em blindagem contra radiação) Os concretos podem também ser classificados em relação à sua resistência à compressão aos 28 dias, conforme a ABNT NBR 8953: a) Concreto de baixa resistência: menos de 20MPa (não adequado à finalidade estrutural, segundo a NBR 6118) b) Concreto de resistência normal: de 20 a 50MPa c) Concreto de alta resistência: mais de 50Mpa. (REVISTA CONCRETO, 2009, p.19).

A versatilidade na utilização do concreto vai desde estruturas urbanas e estruturas comerciais, prédios imponentes que são marcos da civilização antiga e moderna até como ferramenta estratégica na construção de recifes artificiais para o aumento da população de peixes em alto mar por exemplo, Figura 11. A Figura 9 tem um marco da construção antiga, o Coliseu que foi palco de grandes batalhas e cenário para grandes filmes. O prédio visto na Figura 10 que detém o título de ser o maior do mundo localizado em Dubai se chama Burj Khalifa, ícone de poder da construção civil moderna. A presença do concreto pode ser vista por todo o mundo. Dificilmente uma civilização que já marcou a sua história no planeta Terra não tenha utilizado dessa ferramenta para construir suas edificações.

Figura 9- Coliseu



Fonte: Minilua (2013)

Figura 10- Burj Khalifa



Fonte: Emaar (2021)

Figura 11- Recifes Artificiais



Fonte: Pro Aquática (2010)

Os tipos de concreto que existem têm finalidades específicas dentro de uma estrutura. A construção de uma laje, por exemplo, precisa de uma medida correta dos elementos para que a função pretendida tenha êxito e com o passar dos anos não ocorra acidentes como um desabamento, rachaduras e fissuras.

Segundo ACI 308.R (2001), Mehta e Monteiro (2008) e Neville e Brooks (2013) a cura do concreto é uma etapa muito importante dentro do processo para garantir que aconteça uma hidratação adequada do cimento utilizado, juntamente com o tempo e a temperatura para que o produto final tenha o desenvolvimento de sua resistência com qualidade para o mercado consumidor. Caso não ocorra de maneira adequada essa cura, o resultado pode trazer

transtornos e acidentes irreversíveis que poderá colocar todo um projeto em andamento a uma paralisação, refazer essa etapa o que despenderá tempo e gasto maior do que o previsto.

2.2 RCD – Resíduos de Construção Civil e Demolição

Segundo os autores Mehta e Monteiro (2008) e Pedroso (2009) a diferença de custo em relação a outros elementos encontrados na construção civil, faz com que o concreto tenha uma vantagem significativa, pois tem uma alta durabilidade, resiste a água, o vento, o seu custo é barato e por sua plasticidade é totalmente adaptável ao clima e as condições naturais do local ao qual ele será usado. Sua base pode ser extraída da natureza facilitando o seu manuseio e assim, marcando seu território como principal fonte a ser utilizada em uma edificação.

De acordo com Levy (2007) a história da construção civil se mistura com os primeiros indícios de resíduos acumulativos que sem um destino apropriado ou tendo uma técnica empregada para reciclagem, trouxe incômodos e estragos ao ecossistema ao qual foi exposto. Foi quando começou a se pensar em utilizar os restos de construções na execução de outras obras arquitetônicas desde o período do Império Romano até os dias atuais.

O uso de resíduos de construção civil – RCC e o uso do RCD providas de obras sejam antigas ou novas na mistura vem como um fator pensando na sustentabilidade, uma das inúmeras maneiras de utilização em prol do meio ambiente. O lado negativo x lado positivo se faz presente com esse elemento que mudou a cara da construção civil desde que o ser humano desenvolveu a habilidade de usar essa pasta para criar sua moradia.

“Um aspecto que dificulta a utilização de agregados reciclados é a sua aparente heterogeneidade.” (FERNANDES, 2004, p. 13). RCD em sua composição não existe uma hegemonia de origem e forma, é um emaranhado de restos de construções, isso se deve a fatores como a região e a matéria prima encontrada.

O CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente, através da Resolução nº 307, Brasil (2002) propõe que seja classificada em categorias os

diferentes tipos de resíduos para restos de demolição de construções, a saber são elas:

I- Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de

outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

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

II- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como:

plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV- Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou

prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (BRASIL, 2002, p. 2).

É preciso levar em consideração a causas e efeitos em decorrência do mau uso ao qual o concreto está presente nas diversas estruturas construídas ao redor do mundo, sendo um símbolo de imponência.

“Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.” (BRASIL, 2002, p. 3).

A sua utilização como meio de estratégia com a finalidade de reparos na natureza está cada vez mais frequente, trabalhando em parceria para que ele deixe de ser visto como um vilão O uso da tecnologia associado a introdução de resíduos de construções e demolição na elaboração do concreto visa trazer menos impacto nocivo ao meio e possibilitar um uso adequado e que pode ser reciclado.

2.2.1 Desperdício de materiais na construção civil

Infelizmente muitos são os desperdícios encontrados em canteiros de obras. As matérias primas e investimentos fazem parte desse cenário que tanto ocasiona danos muitas das vezes irreversíveis ou que demanda um longo tempo para que sejam reparados pela natureza. Conforme Paiva e Ribeiro (2005) construção civil é a maior indústria responsável por gerar resíduos sólidos da sociedade.

Dados coletado por John (2012) estima que o mercado da construção civil consoma entre 15% até 50% de toda gama de recursos produzidos pela natureza. Esses números indicam duas coisas que precisam de atenção ao olhar o cenário da indústria civil, a primeira é ela ser maior o consumidor de recursos naturais existentes e a segunda é ser a maior produtora de resíduos sólidos do mundo.

Um exemplo encontrado que pode ser usado para ilustrar é o caso do projeto desenvolvido para o Porto de Açu, na cidade de São João da Barra no estado do Rio de Janeiro. O empreendimento que pode ser visualizado através das Figura 12 e 13 visava a construção de gigantes blocos de concreto denominados de coreloc que “é uma peça de encaixe de concreto construída (montada) que tem dimensão de 2,6 metros de lado e possui peso de 10 mil quilos ou 10 toneladas.” (MORAES, 2014). O custo para produção de cada peça é estimado em R\$10 mil reais. Segundo Moraes (2014) foram construídas dezesseis mil peças com um custo total de R\$160 milhões de reais. Ficaram por muito tempo estocados em uma espécie de pátio a céu aberto na espera de serem alocados para a sua finalidade que seria ser quebra-mar. Devido a diversas mudanças de empresas e técnicas para execução do projeto Porto de Açu chegou à conclusão de que essas peças seriam substituídas por caixões de concreto, assim toda a quantidade produzida seria descartada.

O prejuízo em termos ecológicos, recursos destinados a realização da obra foram incontáveis, além do desperdício de capital. A estratégia usada foi a destruição dessas peças e os seus resíduos utilizados no enchimento da nova técnica aprovada, porém para que seja feita esse desmanche foi necessário que uma outra técnica fosse realizada, levando assim a mais geração de custo com maquinário.

Figura 12- Armazenamento Corelocs



Fonte: Roberto Moraes (2014)

Figura 13- Corelocs estocados e sendo destruídos



Fonte: Roberto Moraes (2014)

O bom planejamento visa antever essas ocorrências, evitando acúmulo de material que não terá serventia alguma ou o seu uso como produto a ser reciclado em uma porção mínima e também o investimento monetário que é feito.

2.2.2 O uso de RCD's na construção civil

“Nações tecnologicamente desenvolvidas, como Estados Unidos, Holanda, Japão, Bélgica, França e Alemanha entre outras, já perceberam a

necessidade de reciclar as sobras de construção civil.” (LEVY, 2007, p. 1633). Não somente pelo impacto ambiental, mas também devido à escassez de produzir material essencial para o concreto podendo elevar o custo do projeto. Tudo isso é colocado na balança e como resultado as estratégias vão sendo organizadas, utilizadas na execução da obra.

O mercado consumidor ao qual a indústria da construção civil se encontra é conhecido como o maior responsável por causar danos profundos ao meio ambiente e com isso também reflete no modo de vida da sociedade como um todo. Isso se deve ao uso excessivo de recursos naturais não renováveis, que acarreta a produção de resíduos sólidos conhecido popularmente como entulho, sendo a sua nomenclatura chamada de RCD- Resíduo de Construção e Demolição (HELENE e TERZIAN, 1992; MIRANDA, 2000; PINTO, 2005).

A introdução de RCD na indústria de construção civil não é algo novo. A utilização já era usada a muito tempo, porém investimentos através de pesquisas que tomam essa medida como estratégia para o mercado é que precisou ser expandida, ainda sim é um assunto que está em desenvolvimento na busca de novas técnicas, ampliação do refino, maquinário e mão de obra especializada.

O que se tem como base para se referir ao uso de RCD como lei advém do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – n. 307, de cinco de julho de 2002, que define os Resíduos de Construção civil e Demolição (RCD), como:

(...) resíduos provenientes de construção, 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, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (BRASIL, 2002, p. 1).

Por se tratar de um assunto que interessa a sociedade na preservação do meio ambiente, a preocupação em evitar o desperdício, acúmulo, gastos desnecessários, produção de resíduos seja em uma obra recente ou uma demolição a reciclagem de alguns materiais foram tomados como medida protetiva socioambiental. Os resíduos provenientes do desmonte gerado entra como estratégia no preparo do concreto ao qual é chamado de agregado que vem a ser “materiais granulares (brita, areia, etc.), que são unidas pela pasta de

cimento no preparo do concreto.” (Manual do concreto dosado em central, 2007, p26).

Existem referencias normativas para a classificação de RCDs como agente dentro da construção civil, como pode ser visto no Quadro 2. O conhecimento dessas referencias é de extrema importância ao planejar e executar uma obra utilizando dessa estratégia.

Quadro 2- Referências Normativas RCD

NBR NM 30	Agregado miúdo - Determinação da absorção de água
NBR NM 45	Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
NBR NM 52	Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente
NBR NM 53	Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água
NBR NM 248	Agregados - Determinação da composição granulométrica
NBR 6136	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos
NBR 7211	Agregados para concreto – Requisitos
NBR 12118	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio
NBR 15116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos

Fonte: PROFISCIENTIA (2009)

Em 02 agosto de 2010 foi sancionada a Lei Federal Nº 12.305 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) em seu Art. 3:

X - Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e

social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010).

“O RCD é um material nobre do ponto de vista de engenharia, pois normalmente se apresenta resistente e com baixa expansão.” (LEITE, 2007, p.20). O que o torna um elemento de grande existência para que a sua reciclagem seja feita e retorne para o meio como um resultado benéfico.

Alguns autores de extrema importância para os estudos da introdução do RCD na indústria da construção civil vir a ter um caráter de sustentabilidade, uma preocupação em como dar um destino viável para o resíduo produzido foram os autores Pinto (1986) com o agregado argamassas, Bodi (1997) com o agregado pavimentos, Levy (1997) com o agregado argamassas e Zordan (1997) em agregados concretos. É possível perceber um hiato de estudos e obras publicadas de onze anos. Uma possibilidade de explicar esse tempo é o fato de até então não haver relevância para o mercado construtor em utilizar esses resíduos de forma que trouxessem um benefício econômico para as empresas. Isso posteriormente foi sendo cada vez mais explorado em estudos que confirmaram a importância econômica e ambiental.

“É instrumento para implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos municípios e pelo Distrito Federal.” (BRASIL, 2002, p. 3), contudo, “apesar da diversidade de métodos encontrados na literatura para a realização dessas atividades, a maioria dos municípios brasileiros não apresenta informações necessárias para a realização de forma completa.” (CAMPOS; TAVARES, 2013, p. 2).

O refino dos resíduos oriundos de construções é separado para que o processo de triagem ou moagem seja feita ocorrendo em usinas ou estações que visam a realização da reciclagem do material encontrado.

*Caracterização: identificar e quantificar os resíduos.

* Triagem: realizada pelo gerador na origem ou nas áreas de destinação licenciadas para esta finalidade.

*Acondicionamento: deve ser garantido o acondicionamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando as condições de reutilização e de reciclagem.

*Transporte: em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.

*Destinação: deve estar de acordo com as classes de resíduos estabelecidas. (PINTO; GONZÁLEZ, 2005, p. 12).

“As primeiras usinas de reciclagem instaladas foram pelas prefeituras de São Paulo, SP (1991), de Londrina, PR (1993), e de Belo Horizonte, MG (1994).” (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009, p. 58). Desde 1994 a prefeitura de Belo Horizonte utiliza dos agregados reciclados nas obras de pavimentação. Os mais encontrados são classificados em argamassas e concretos denominados Tipo A e os compostos mistos classificados como a cerâmica, concreto, argamassas entre outros que são denominados Tipo B. Todo esse resíduo depois que é feita a sua triagem se transforma em areia, brita, matéria prima usada na fabricação de blocos e em obras de via pública existentes na cidade.

2.3 Usina de refino do RCD

“No Brasil estima-se que 50% do RCD são originados das construções (construção informal, canteiros de obras e provenientes de perdas físicas).” (SANTANA, et al., 2011, p. 2). O país vem tomando consciência da necessidade de se investir nesse mercado de reciclagem de RCDs, devido aos inúmeros impactos vistos na saúde do meio ambiente e suas consequências de má administração, elaboração e execução de projetos arquitetônicos espalhados pelos estados brasileiros, tanto oriundo de obras públicas como de obras particulares.

As vantagens obtidas ao utilizar o material reciclado na forma de agregado no concreto são inúmeras, podemos mencionar como as propriedades minerais existentes encontrados em entulhos na forma de argamassas, tijolos, cerâmicos, na areia, nas diversas granulometrias que o elemento pedra apresenta, sem que com isso necessite a separação minuciosa das partes. Como consequência uma economia significativa em termos de utilização de energia em todo o processo de moagem, pois ao misturar a base do concreto, esse material com espessuras diversas pode desempenhar melhorias do concreto em comparação aos agregados tradicionais.

Em Minas Gerais o aproveitamento é grande, o benefício pode ser visto através da Estação de Reciclagem como demonstra a Figura 14. Localizada no bairro Estoril, Belo Horizonte, local onde é realizado o processo de triagem,

moagem dos detritos até o produto final que é utilizado no processo de fabricação do concreto para o mercado consumidor tendo grande êxito em sua administração.

Figura 14- Estação Reciclagem Estoril/SLU-PBH



Fonte: Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil (2005)

O processo de reciclagem do RCD se dá por meio de etapas conforme a Figura 15. O resíduo é encontrado, é feita uma análise do material demolido para ver se atende as especificações necessárias que se encaixam no padrão RCD. Posteriormente essa matéria encontrada passa pelo processamento de se tornar material RCD que é utilizado na massa do concreto estando de volta nos campos de obras.

Figura 15- Reciclagem de RCD



Fonte: Autores (2021)

Segundo Miranda, Angulo e Careli (2009), a prefeitura de Belo Horizonte, iniciou no ano de 1994, a utilização de agregados reciclados produzidos através das usinas, nas obras de pavimentação presentes na cidade. Belo Horizonte, é tida como uma das pioneiras na reciclagem de RCD, possuindo um sistema de gestão municipal bem organizado.

“Deve ser lembrado o fato de que o Brasil é um dos poucos países a terem aprovado normas específicas para utilização de agregados reciclados.” (LEVY, 2006, p. 377). Isso é de extrema importância para que o uso contínuo desse agregado ganhe espaço dentro da elaboração de um projeto. Essa medida minimiza o desgaste na extração de matéria prima do meio ambiente para a confecção do concreto, refletindo em uma ação preventiva em termos ambientais e financeiros em relação aos gastos que um projeto de construção civil prevê.

2.4 Análise de gestão e do gerenciamento dos RCD em Belo Horizonte

Segundo Bessa, Mello e Lourenço (2015), a quantidade coletada em Belo Horizonte gira entorno de 612 mil toneladas de RCD, que representaram 42,7% do total de resíduos destinados na cidade, o que ratifica sua importância no quantitativo de resíduos gerados pela capital, gerando um valor entre 0,24 e 0,26 toneladas de RCD/habitante/ano. Infelizmente o controle só pode ser feito através de dados fornecidos por órgãos devidamente regulamentados. Porém existe um alto índice de descarte feito de maneira incorreta e clandestina, tornando todo esse trabalho de reciclagem na intenção de ser realizado de maneira apropriada e dentro das normas legais ficando assim comprometido. “Economia não é a única razão de se usar agregado, pois este material atribui vantagens técnicas consideráveis ao concreto, que passa a ter maior estabilidade dimensional e melhor durabilidade do que a pasta de cimento pura.” (SANTANA, et al., 2011, p.2).

No ano de 2012 a Prefeitura de Belo Horizonte publicou através da lei 10.522 que Institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC - e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - PMRCC, e dá outras providências. Por meio dessa lei os produtores de RCD foram

obrigados a gerar um plano de gerenciamento de resíduos de construção civil, ficando a cargo a responsabilidade pela gestão dos mesmos:

Art. 2º - São objetivos do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC:

I - a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos da construção civil e resíduos volumosos, bem como a sua destinação ambientalmente adequada;

III - o incentivo à indústria de reciclagem, com vistas a fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

IV - a gestão integrada desses resíduos;

V - a integração entre as diferentes esferas do poder público e destas com o setor empresarial, com vistas à gestão integrada desses resíduos;

VI - a priorização, nas aquisições e contratações governamentais, quando couber, da utilização de produtos reciclados;

VII - a sensibilização e a conscientização da população sobre a importância de sua participação na gestão de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. (BELO HORIZONTE, 2012)

Em 2014, o termo de cooperação técnica entre as partes SLU e Agência Metropolitana da cidade de Belo Horizonte foi assinado com o intuito de acompanhar a concepção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos da região metropolitana da cidade. Esse termo mencionado contém a gestão dos RCD dos municípios que fazem parte da região metropolitana de BH assim como as circunvizinhas da mesma.

Todos os envolvidos pelo controle da reutilização dos resíduos precisam seguir as normas vigentes. Isso inclui os meios legais disponíveis pelos governos em suas diversas esferas, as agências de desenvolvimento e os demais órgãos competentes que concretizam a elaboração dos documentos:

Os tratados da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Rio 92, onde 170 países membros da ONU estiveram representados, para formulação da Agenda 21; denominada como Conferência Rio+5; documento que no Brasil, trata das ações executadas nas esferas municipais, estaduais e federais; para o reconhecimento dos avanços no planejamento e gestão dos recursos naturais (OLIVEIRA; ASSIS, 2001, p. 10).

2.5 RCD na construção civil no Brasil e no mundo

Os primeiros relatos sobre a utilização de RCD na construção civil no mundo foi datado da época da segunda guerra mundial, onde várias cidades

européias ficaram destruídas em decorrência dos inúmeros ataques sofridos a bombardeios. O cenário era devastador, porém a população local sabia que precisa reconstruir a vida e suas novas moradias, centros comerciais, escolas, etc.

No Brasil a introdução do RCD nas construções se deu por intermédio de haver a necessidade de reparo, ao qual o meio ambiente estava sofrendo uma exploração de seus recursos naturais sem medir o que isso poderia trazer de prejuízo a curto, médio e longo prazo. “A reutilização dos materiais e o destino específico para cada um deles colaboram diretamente com as questões ambientais”. (FERNANDES, 2015, p.10)

Alguns centros urbanos do país são responsáveis por gerar um alto índice de RCD. Recife é um exemplo, a cidade é considerada uma das que mais gera entulho diariamente, tendo a maior origem vindas da construção de edifícios, segundo Carneiro (2005), o problema está na cidade não possuir local apropriado para o descarte conhecidos como aterros.

A cidade de São Paulo também tem a sua contribuição em ser um gerador de RCD, mas ela consegue reutilizar o excedente em forma de outras obras. Um exemplo que podemos citar foi a implosão dos edifícios São Vito e Mercúrio Figura 16 localizados bem no centro da capital. Seu projeto arquitetônico foi um marco modernista projetados pelos arquitetos Kogan & Zarzur, símbolo de status na década de 1950, era um prédio residencial, mas tinha também acomodações comerciais, mas que com o passar dos anos se tornaram símbolos de degradação. Por anos ficaram fechados a espera de um destino que culminou em sua demolição completa no ano de 2011.

Figura 16- Vista do topo do edifício São Vito



Fonte: Paulo Toledo Piza (2014)

A Prefeitura de São Paulo conseguiu transformar em asfalto ecológico utilizando os destroços oriundos da demolição das edificações. Com a iniciativa a Secretaria de Coordenação das Subprefeituras alcançou a meta de minimizar o impacto ecológico dando um destino correto para os resíduos gerados. O material também foi utilizado para asfaltar 19 mil m² de vias, com uma extensão de 2,6 km nas cidades de Butantã, São Miguel Paulista e Freguesia do Ó. O interessante é que esses resíduos foram utilizados em duas camadas que constitui o pavimento, gerando uma economia de 40% em relação ao asfalto convencional, São Paulo (2011).

Figura 17- Pavimento de asfalto feito com adição de agregado reciclado

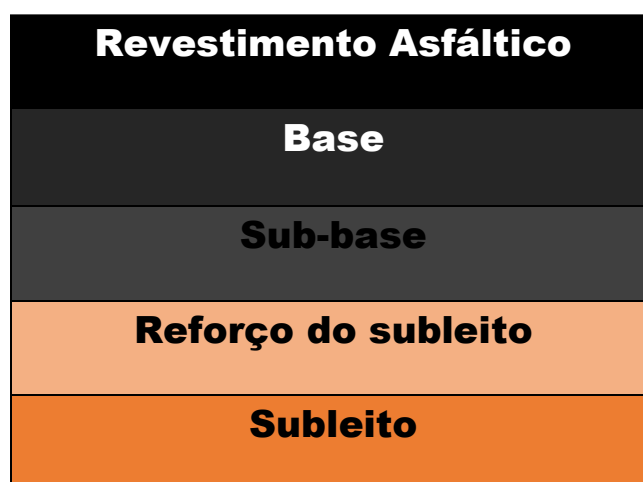


Fonte: Fernandes (2015)

“A mistura solo-RCD é de uso promissor na pavimentação, dadas suas propriedades físicas e mecânicas aceitáveis de acordo com as normas.” (HORTEGAL; FERREIRA; SANT’ANA, 2009, p. 60). O seu uso vem sendo cada vez mais visto como melhor opção no mercado a ser utilizado nas obras de pavimentação.

“As camadas de base e sub-base produzidas com agregado reciclado apresentam custo de construção significativamente menor que as produzidas com brita graduada ou adicionada ao solo.” (FAGURY; GRANDE, 2007, p. 38) Na Figura 18 temos o perfil de como se comporta essa ordem de camadas sobrepostas possuindo espessuras diversas para atender determinada demanda.

Figura 18- Perfil de camadas de pavimentação



Fonte: Autores (2021)

Com relação a obras na forma de edificação existentes no Brasil que utilizou restos de materiais oriundos de outras construções para a fabricação de tijolos ou blocos são relativamente poucas, mas existem. De acordo com Levy (2007), podemos citar uma obra que foi realizada entre 2003 a 2004 no estado do Rio de Janeiro. O edifício de nome Andorinhas foi incendiado no ano de 1986, ficando apenas o esboço do que um dia fora um edifício com nove andares, tendo que ser implodido para que a Torre Almirante fosse construída em seu lugar. Com a demolição do antigo prédio foi gerado em torno de 5000 m³ de resíduos, que posteriormente foram transformados em 600.000 blocos ou tijolos de medidas 14x14x39 cm, com a finalidade de construção de 600 casas populares conforme a ilustração nº19. Como cada bloco ou tijolo tem um custo

de R\$1,00, todo o projeto teve um custo de R\$600 mil. Esse projeto foi em parceria da construtora paulista Racional Engenharia com a empresa norte americana Hines, Agencia Estado (2003).

Figura 19- Blocos e casa popular, feitos a partir do material de demolição do Edifício Andorinhas.



Fonte: Fernandes (2015)

Empresas que prezam por implementar em seus projetos na construção civil estratégias que contribuem para atenuar os diversos impactos ambientais e sociais que uma construção pode trazer, tem ganho muito espaço. A sociedade tem exigido medidas de órgãos, corporações e indústrias para que o meio ambiente possa estar cada vez mais limpo, dinâmico, proporcionando mais qualidade de vida e bem estar da comunidade.

Uma questão que precisa ser bem pontuada é a mão de obra especializada que consiga atender a demanda de um projeto que tenha o envolvimento tecnológico em sua estratégia. Infelizmente o mercado carece por falta desses elementos que são essenciais ao se ter em mente a reciclagem, evitando assim tanto desperdícios que podem ser encontrados nos canteiros de obras.

“Uma mão de obra bem treinada e capacitada poderá vir a diminuir as perdas nas obras, reduzir o percentual destinado ao setor de reciclagem. Um ponto de estrangulamento identificado na construção civil refere-se à falta de mão de obra qualificada, principalmente para permitir a incorporação de avanços tecnológicos na modernização da construção civil brasileira”. (HELENO, 2010, p.23).

O Quadro 3 demonstra como o desperdício de matéria prima em uma construção pode ser alto caso não tenha um bom planejamento inicial segundo

alguns autores. Os profissionais da equipe técnica responsáveis pela obra, em alguns casos acaba encontrando dificuldades na interpretação ao qual o projeto propõe, e em decorrência disso pequenos erros a grandes erros de cálculos refletem na execução do empreendimento. Os chamados erros quando são identificados, na intenção de corrigi-los, se altera o projeto no objetivo de evitar o que acostuma acontecer, eles são desfeitos, refeitos, mas a perda e o desperdício de material já estão feitos.

Quadro 3- Perda de materiais em processos construtivos convencionais

Materiais	Autores		
	Pinto (1)	Soibelman (2)	FINEP/ITQC (3)
Concreto Usinado	1,50%	13%	9%
Aço	26%	19%	11%
Blocos e Tijolos	13%	52%	13%
Cimento	33%	83%	56%
Cal	102%	--	36%
Areia	39%	44%	44%

(1) Valores de uma obra (PINTO, 1999).

(2) Média de cinco obras (SOIBELMAN, 1993).

(3) Média de diversos canteiros (SOUZA et al., 1998).

Fonte: Pinto (1999)

“Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. (BRASIL, 2002, p. 3).

Países desenvolvidos tecnologicamente vem se comprometendo intensamente fazendo investimentos na área, para que se desenvolva e cresça esse mercado dentro da construção civil. É necessário pesquisa para que novas técnicas sejam descobertas e apresentadas ao mercado, o investimento na conscientização por parte das indústrias em diminuir o consumo, investir na qualificação dos profissionais que estão ligados diretamente aos campos de obras proporcionando a esses cursos de capacitação é uma estratégia usada.

O continente europeu tem demonstrado grande êxito ao aplicar na prática a teoria de reutilização, reciclagem e aproveitamento daquilo que seria descartado ao meio ambiente acumulando sujeira, trazendo problemas de erosão, contaminando rios, trazendo desconforto e também poluição visual com

cenários abandonados de entulhos que são encontrados nas vias públicas, lotes em que circulam pessoas. Por apresentarem em muitos casos um alto nível de densidade demográfica, falta de suporte físico e a carência de recursos naturais, levaram a elaboração de políticas que viabilizassem de maneira normativa o uso e controle de RCD.

O uso no Brasil vem crescendo em ritmo ainda tímido, mas com grande potencial de crescimento, isso é devido aos investidores e pesquisas que promovem o amplo uso do RCD em seus projetos. Percebemos ao propor esse trabalho ao ser feito o levantamento de dados fornecidos por pesquisadores na forma de periódicos, livros, anais, simpósios, sites com foco na construção civil ainda é um campo que necessita muito a ser explorado para que essa inovação que ainda muito precisa ser feito, o caminho é longo. É um conjunto de fatores que necessita ser compreendido pelas indústrias. O fator socioambiental precisa ser consolidado na cultura das empresas de engenharia, entender que a empresa ganha demonstrando de fato o seu comprometimento e empenho de minimizar os densos impactos naturais, sua postura em ofertar projetos sustentáveis consequentemente a receita será mais enxuta, tendo grandes chances de ser uma marca de referência dentro do mercado, sinalizando interesse em abrir portas para outras estratégias que concomitantemente possam desempenhar um papel fundamental no equilíbrio ambiental do ecossistema.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

De acordo com Vergara (2004), método é uma forma de pensamento para se observar o mundo. Para Gil (1999, p.26) metodologia “é o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento”. Tanto Vergara (2004) quanto Gil (1999) defendem a necessidade de um planejamento metodológico adequado à investigação científica.

3.1 Tipo de Pesquisa

Existem dois tipos de pesquisa que são utilizadas ao longo do processo de investigação ao gerar um trabalho de cunho científico. Determinar qual será a linha de raciocínio adotada para a pesquisa de extremamente importante. É traçando essa linha que todo o trabalho estará embasado.

De acordo com Schwartzman (1979), em relação a classificação, ele descreve que a pesquisa básica é “aquela que acumula conhecimentos e informações que podem eventualmente levar a resultados acadêmicos ou aplicados importantes, mas sem fazê-lo diretamente”, ao passo que a aplicada pode ser definida como “aquela que tem um resultado prático visível em termos econômicos ou de outra utilidade que não seja o próprio conhecimento”.

Para Gil (2010), a pesquisa básica reúne estudos que objetivam completar conceitos e conhecimentos já abordados, enquanto a pesquisa aplicada trata de estudos feitos com o objetivo de resolver problemas que ocorrem no meio em que o pesquisador vive.

O tipo de pesquisa utilizado neste estudo é a pesquisa aplicada, portanto, houve a captação e acúmulo de informações e conhecimentos que auxiliaram a encontrar resultados sobre a utilização do RDC em concretos na construção civil.

3.2 Natureza da Pesquisa

Pode se obter dados para a realização de uma pesquisa de duas formas. A primeira possibilidade se dá por meio da coleta de dados quantitativo, que de acordo com Jacobsen (2009) preocupa-se com a quantificação dos dados coletados, utiliza-se de técnicas estatísticas para a medição dos dados. Nessa

modalidade é possível que tudo possa ser quantificável, pode ser traduzido os seus registros em números de todo o conteúdo analisado.

A outra maneira de conduzir uma pesquisa é por meio qualitativo que Jacobsen (2009) explica que não se utiliza de números para a análise de suas variáveis. Ela não pode ser feita utilizando de meios estruturados, como por exemplo um roteiro de entrevistas como um questionário.

Sendo assim, o presente estudo pode ser classificado como uma pesquisa qualitativa para melhor compreender os benefícios e utilização do RDC em concretos na construção civil.

3.3 Pesquisa quanto aos fins

A pesquisa quanto aos fins, segundo Vergara (2007) se dá por vários tipos. A primeira delas a ser citada é a exploratória, que por sua vez, é realizada onde há falta de conhecimento acumulado e sistematizado. É realizado por sua natureza de sondagens, todavia, poderão surgir hipóteses ao longo da pesquisa.

A pesquisa descritiva, de acordo com Vergara (2007), dispõe de características de determinada população ou fenômeno, podendo também definir sua natureza. Apesar desse tipo de pesquisa servir de base para explicar os fenômenos que descreve, a mesma não tem obrigações de explicar tais fenômenos.

Vergara (2007) afirma também que a investigação explicativa tem como finalidade justificar os motivos e tornar algo inteligível. Ou seja, tem por objetivo esclarecer fatores contribuintes para a ocorrência de determinado fenômeno.

A investigação intervencionista objetiva interferir na realidade estudada, a fim de modificá-la e não se satisfaz somente em explicar. A mesma não somente apresenta propostas para solucionar problemas, como também os resolve de forma participativa e efetiva (JÖNSSON; LUKKA, 2007).

Diante disso, tipo da pesquisa quanto aos fins é classificado como descritiva porque tudo que for observado será descrito, isso com vista a expor as características e propriedades desta utilização.

3.4 Pesquisa quanto aos Meios

A pesquisa quanto aos meios busca os dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa, de acordo com o método selecionado, e juntamente com o referencial teórico, objetiva dar informações com o intuito de responder o problema de pesquisa. Segundo Moresi (2003, p.9, p.10 e p11), as técnicas mais usuais podem ser definidas como:

- Pesquisa Bibliográfica: É por sua vez, desenvolvida através de materiais publicados em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas no geral. O material publicado pode ser fonte primária ou secundária, com fonte de primeira ou segunda mão;
- Pesquisa Documental: Realizada através de documentos como memorandos, filmes, regulamentos, registros, ofícios, balancetes, fotografias, entre outros;
- Estudo de Campo: É uma investigação feita no local onde ocorre ou ocorreu o fenômeno em estudo;
- Pesquisa de Laboratório: Realizado em local determinado de acordo com a experiência em estudo. Simulações em computadores podem ser incluídas nesse tipo de pesquisa;
- Pesquisa experimental: Acontece por intermédio de um pesquisador que manipula e controla variáveis independentes e observa variáveis dependentes a partir de tais manipulações;
- Pesquisa-ação: Supõe intervenção na realidade social de forma participativa, sendo assim, um tipo de pesquisa particular;
- Pesquisa estudo de caso: Se limita a uma ou poucas unidades, dentre essas estão pessoas, famílias, produtos, empresas, entre outros. Pode ou não ser realizado no campo e objetiva profundidade e detalhamento.

Quanto aos meios, a pesquisa realizada para o presente trabalho se deu pelo levantamento bibliográfico encontrado em mídias digitais, dissertações, livros, que abordam o tema proposto de pesquisa.

3.5 Universo e Amostra

Segundo Vergara (2007), universo é a família de elementos que possuem as características do objeto de estudo. Já a amostra, é escolhida a partir de um critério de representatividade e por sua vez, está dentro de universo.

Neste trabalho o universo pesquisado é a utilização de resíduos da construção civil e demolições como agregados, suas propriedades, vantagens e desvantagens dessa mistura através de pesquisas em artigos, publicações, revistas, livros e sites que abordam sobre o assunto. A escolha pelo tema deu-se a partir do interesse dos pesquisadores em aprofundar os conhecimentos

sobre a reutilização dos RDC visando diminuir os impactos na natureza e sua inserção na sociedade brasileira. Atualmente, este tema ainda carece de informações, conceitos e detalhamento.

O estudo demonstra também as normas vigentes sobre a gestão dos RDC no Brasil, os desperdícios de material que ocorrem nas construções e apresentação das usinas de refino do RDC para que possam ser reciclados e reutilizados.

A amostra estudada, são baseadas em conceitos e fundamentos sobre a reutilização dos RDC como agregados na mistura do concreto através de recortes destas fontes de dados, com informações que possibilitam uma melhor compreensão do tema e que sejam respondidos os objetivos específicos dessa pesquisa. Desta forma, a amostra é classificada como não probabilística, tendo sido escolhida por acessibilidade e tipicidade (VERGARA, 2007). A amostra servirá como base para a obtenção de conhecimentos e maior entendimento das características e propriedades do RDC utilizados nos concretos.

3.6 Coleta e análise de dados

Para Merriam (1998), o processo de coleta e análise de dados além de ser bastante intuitivo, também é recursivo e dinâmico. O estudo do material leva o pesquisador a pensar sobre os dados, confrontando a abordagem teórica já existente, com a investigação levantada em campo.

Segundo Gil (1999, p. 168), estes dois processos, mesmo sendo diferentes acabam se relacionando.

A análise tem como finalidade organizar os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo procurar o sentido das respostas de forma mais abrangente, o que é feito a partir de sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 1999, p. 168).

Existem diversas formas de coletar dados, sendo a primeira delas, a entrevista. Para Gressler (2003), a entrevista é uma coleta de informações entre duas ou mais pessoas através de perguntas, respostas, gestos, expressões fisionômicas, entre outros.

A análise documental é um outro método para se coletar dados e é uma das primeiras fontes de informação a ser considerada através de relatórios, arquivos em computador, fichas, projetos e demais tipos de documentos. Além disso, o uso de registros e documentos disponíveis para a pesquisa reduz tempo e custo para o pesquisador. Há pontos negativos que se devem ressaltar, há registros que não estão completos, que obtiveram mudanças de padrões com o tempo inviabilizando a comparação entre dados obtidos em épocas diversas, dados que só são disponíveis para uso confidencial, entre outros. (Barbosa, 1999)

A mais usual das formas é o questionário. Segundo Cervo e Bervian (2002), o questionário permite medir com exatidão o que se deseja. Para isso, é usado um formulário que o próprio informante preenche a fim de obter respostas sobre o problema central da pesquisa.

Segundo Gil (1999), a observação nos permite delinear as etapas de um estudo, sendo assim, um elemento fundamental para a pesquisa. Para ele, a observação é a aplicação dos sentidos humanos a fim de obter informações reais.

A coleta de dados desta pesquisa se dará pelo método da análise documental. Será realizada através de pesquisas, artigos e informações que tratam sobre o tema, com o objetivo de levantar informações convenientes para o desenvolvimento da pesquisa e obter resolução do problema inicial da mesma.

3.7 Limitações da Pesquisa

No intuito de elaborar uma pesquisa com tema significativo à escolha por abordar a utilização do RCD na construção civil por intermédio dessa pesquisa, porém devido a pandemia da Covid-19 e o fechamento da cidade e a impossibilidade de ir em busca de coleta de materiais e outras informações em visitas aos campos de obras todo o processo da pesquisa foi realizada através de levantamento de dados através de material disponível em ambiente virtual, uma vez que o período de elaboração impede a observação in loco devido a pandemia da Covid-19. O objetivo era associar o conhecimento obtido através do levantamento de dados teóricos e associá-los ao efetivo emprego na prática.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Levantamento de dados sobre os resíduos originados de estruturas demolidas (RCD).

A indústria da construção civil é um setor produtivo que possui considerável papel na economia do Brasil, sendo atualmente a maior consumidora de recursos naturais da sociedade, absorvendo de 20 a 50% desses recursos explorados no mundo e no caso da madeira, a Indústria da Construção Civil consome aproximadamente 2/3 de toda a madeira natural extraída da natureza (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

O funcionamento da construção requer uma grande quantidade de materiais inertes, tais como areia e cascalho, que normalmente são fornecidos através da extração de sedimentos aluviais. Segundo Bianchini *et al.* (2005) a extração desses sedimentos altera o perfil dos rios e o seu equilíbrio, além de poder acarretar problemas ambientais, tais como modificações em sua estrutura hidrológica e hidrogeológica. A extração de material inerte de formações rochosas em áreas acidentadas e montanhosas também é uma atividade que causa danos ao meio ambiente uma vez que altera a paisagem e potencialmente provoca problemas de instabilidade das mesmas.

Como em todo e qualquer processo industrial, existe a geração de resíduos na produção. Várias são as fontes geradoras dos resíduos na construção civil, podendo-se destacar:

- as perdas no processo construtivo, sejam por deficiência da tecnologia utilizada, pela baixa qualidade da mão-de-obra empregada, pelo detalhamento insuficiente em projetos, pela utilização de produtos defeituosos, ocasionando a superprodução ou a substituição de materiais e componentes, ou seja, perdas que geram desperdício de material que saem das obras na forma de entulhos;
- a falta de qualidade dos materiais e serviços executados que levam ao mau funcionamento da edificação, acarretando o aparecimento de manifestações patológicas, que, quando corrigidas, geram entulhos;
- o crescimento populacional, que demanda por novas moradias, as quais, quando são construídas, geram resíduos;
- a demolição de edificações ao fim da vida útil. Entenda-se aqui vida útil não só como o tempo em que a edificação satisfaz a critérios técnicos de desempenho (capacidade estrutural, por exemplo), pois a edificação também está sujeita a uma degradação social, que pode ser entendida como mudanças nas necessidades dos usuários com o decorrer do tempo.

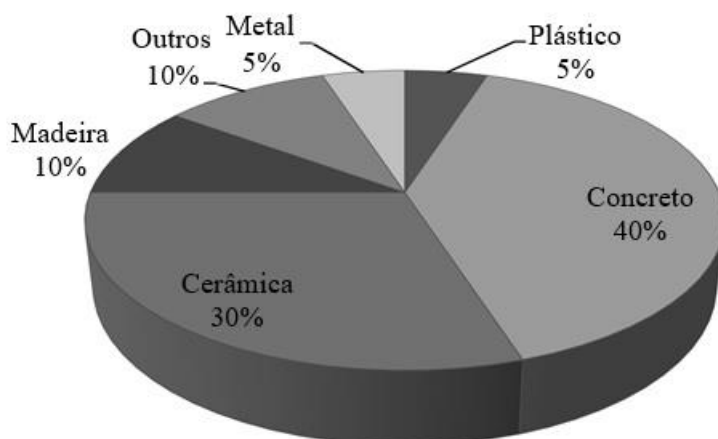
- as grandes catástrofes mundiais, sejam elas de origens naturais ou antropogênicas (guerras, terremotos, tsunamis, dentre outras) (CABRAL, 2007, p.50).

Conforme dados do SINDUSCON (2005) apresentados por Ângulo (2005), os resíduos de canteiros de obras e construções informais representam 50% dos RCDs. Conforme o mesmo autor dados sobre reformas são poucos já que estes são somados aos resíduos de demolições. As mudanças no estilo de vida e o crescimento das cidades fazem com que edificações precisem se adaptar as novas funções, ou seja, substituídas por outras que atendam, aumentando o número de demolições e reformas.

De acordo com Lovato (2007) a composição do RCD quando resultante de construções é bastante variável, dependendo de vários fatores como, local da obra, técnica construtiva, etapa da obra entre outros fatores. Porém, normalmente incluem materiais como diferentes tipos de plásticos, isolantes, papel, materiais betuminosos, madeiras, metais, concretos, argamassas, blocos, tijolos, telhas, solos, e gesso, dentre outros. E mais preocupante que a mistura de todos esses componentes é ainda quando esse quadro gera a posterior impossibilidade de segregação, como no caso do gesso molhado, que contamina e inviabiliza o uso de todo o material restante. Esses resíduos podem compreender ainda diversas substâncias tóxicas em sua composição, como fenóis, sulfatos e metais pesados, que podem constituir em torno de 1% da massa de resíduo.

A porcentagem da composição média dos RCDs é apresentada na Figura 20, na qual percebe-se que a porcentagem de concreto e material cerâmico somados é 70% do RCD, esses materiais são os que podem ser transformados em agregados reciclados.

Figura 20 - Composição média do RCD



Fonte: Oikonomou (2005)

Para tentar minimizar os impactos da exploração dos recursos naturais e grande geração de resíduos, o conceito desenvolvimento sustentável tem ganhado espaço também na indústria da construção civil. A primeira alternativa para a diminuição da geração de resíduos da construção e demolição é redução das perdas na obra, diminuindo assim, tanto a quantidade de resíduos produzidos bem como os gastos com a obra e para a destinação dos mesmos (LEITE, 2001).

Outra alternativa para diminuição da quantidade de resíduos destinados aos aterros bem como para reduzir parcela de recursos naturais necessários para a construção é a reciclagem. Segundo Bigolin (2013) foi criado durante a Conferência da Terra, no Rio de Janeiro em 1992, a política dos 3Rs é base para este pensamento. O 3Rs é uma abreviação para as palavras reduzir, reutilizar e reciclar, atitudes essas que visam minimizar a quantidade de resíduos em aterros. No conceito da gestão de resíduos existe uma hierarquia de objetivos como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Hierarquia no conceito de gestão de resíduos



Fonte: Leach et al. (1997)

A reciclagem aparece depois da redução e do reuso como a melhor alternativa a ser dada aos resíduos. Outra alternativa, é a incineração para recuperação de energia, porém os resíduos devem ter características que facilitem esta medida. Para o papel e madeira, poderia ser considerado como uma boa alternativa. Mas, no caso do RCD onde a maior parte na composição é de restos de concreto e material cerâmico o mais adequado seria a própria reciclagem. Como última alternativa, se não for possível, tecnicamente ou economicamente, a possibilidade é a disposição em aterros (BIGOLIN, 2013).

O uso de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) em concreto é uma solução interessante. Dependendo da triagem realizada no RCD ou técnica de reciclagem utilizada, esses agregados reciclados passam a apresentar características bem distintas de composição (ANGULO; FIGUEIREDO, 2011)

A implantação de usinas de reciclagem de RCD configura-se como solução para a destinação destes resíduos. Com a reciclagem, além da inserção de um novo produto no mercado da construção civil, os agregados reciclados, também serão mitigados os problemas ambientais correlatos (SANTOS; CARVALHO, 2009).

Malta et al. (2013) relata que devido a variabilidade do RCD e, conseqüentemente, dos agregados reciclados, é um obstáculo a ser contornado na produção de concretos e argamassas com este tipo de agregado, impedindo

que sejam desenvolvidos métodos e modelos precisos para controle e predição das propriedades dos agregados reciclados e sua influência nas propriedades físicas, químicas e mecânicas dos materiais cimentícios.

Miranda *et al.* (2009) reuniram dados de estudos de agregados reciclados, que apresentaram variação dos valores obtidos para determinadas propriedades como apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Variabilidade de propriedades dos agregados reciclados

AGREGADO	PARÂMETRO	LOCAL E FONTE	INTERVALO	AMPLITUDE
Graúdo	Teor de cerâmica vermelha (%)	Ribeirão Preto [13]	14,6-25,9	11,30
		Santo André [14]	0,10-13,0	12,90
		Vinhedo [15]	0,79-6,90	6,11
	Contaminantes (%)	Ribeirão Preto [13]	0,20-0,80	0,60
		Santo André [14]	0,94-3,17	2,23
		Vinhedo [15]	0,03-1,22	1,19
	Teor de finos (%)	Ribeirão Preto [13]	2,50-4,40	1,90
		Santo André [14]	0,00-7,36	7,36
	Absorção de água (%)	Santo André [14]	3,92-11,28	7,36
		Madri [16]	5,00-11,50	6,50
Miúdo	Teor de finos (%)	Socorro [12]	13,00-30,00	17,00
	Absorção de água (%)	Santo André [14]	7,00-15,56	8,56

Fonte: Miranda et al. (2009)

A viabilidade econômica pretendida no uso e reciclagem dos RCD é uma questão altamente afetada pela variabilidade inerente a estes resíduos. Fatores físicos, econômicos e sociais são variáveis regionais que influenciam na busca pela viabilidade desta atividade. Para haver incremento da inserção de agregado reciclado no mercado, torna-se necessária a utilização de estratégias, dentre as quais a redução de preço dos agregados reciclados em relação aos naturais e dos produtos com agregados reciclados, além da busca pela padronização dos agregados reciclados (COELHO; BRITO, 2013).

4.2 Propriedades dos agregados reciclados

Os agregados reciclados podem apresentar impurezas no seu conteúdo, e assim comprometer significativamente o seu desempenho na produção de novos materiais. Por isso, é de extrema importância conhecer e entender as

propriedades dos agregados reciclados para utiliza-los de forma eficiente e confiável.

De acordo com Dias (2021) a composição variada do entulho se dá devido à grande diversificação de materiais envolvidos na indústria da construção civil. No Brasil, existe uma predominância da argamassa no entulho gerado nas cidades, visto que esta é uma sociedade que utiliza o cimento como principal material da construção civil. Os RCD's possuem um grande potencial e diversas finalidades para reutilização, desde que devidamente tratados e analisados.

Nessas finalidades, há a utilização dos agregados reciclados para a produção de novos concretos sendo a aplicação que exige mais cuidados visto o importante papel que os agregados desempenham no comportamento do concreto. Entre os vários tipos de resíduos de demolição e construção, o concreto britado é o melhor reutilizado como agregado de concreto. Já os reciclados de alvenaria possuem propriedades que são significativamente inferiores às dos agregados reciclados de concreto. Quando se utilizam agregados reciclados para a produção de novos concretos, há consideráveis reduções de resistência e maiores problemas relacionados à absorção de água e à trabalhabilidade (BUTTLER, 2007).

Para utilização de material reciclado como agregado devem ser realizadas misturas experimentais do mesmo modo que estas misturas são feitas para concretos convencionais. Deve ser estabelecida a quantidade de água suficiente para garantir a trabalhabilidade da mistura, porém, desde que não haja excesso de água, fato que comprometeria o uso racional de cimento para alcançar a resistência desejada a um custo compatível.

Apesar das propriedades do agregado poderem ser estudadas separadamente, aquelas importantes para a tecnologia do concreto estão inter-relacionadas e podem assim ser agrupadas de acordo com Mehta e Monteiro (1994):

- a) Características dependentes da porosidade: massa específica, absorção de água, resistência, dureza, módulo de elasticidade e sanidade;
- b) Características dependentes das condições prévias de exposição e das condições de fabricação: tamanho, forma e textura das partículas;

c) Características dependentes da composição química e mineralógica: resistência, dureza, módulo de elasticidade e substâncias deletérias presentes.

Segundo Leite (2001), as propriedades principais relacionadas aos agregados reciclados provenientes do RCD estão relacionadas no Quadro nº4.

Quadro 4 - Propriedades dos agregados reciclados

Propriedade	Descrição
Massa específica	A massa específica do concreto reciclado fresco tende a ser menor que a do concreto convencional devido a menor massa específica apresentada pelo agregado reciclado e por uma quantidade maior de vazios incorporada ao concreto com este material. Esta influência do agregado reciclado sobre a massa específica do concreto acaba conferindo-lhe valores tais que o concreto produzido fica situado no limite entre o concreto leve e o convencional
Trabalhabilidade	Há uma unanimidade em afirmar que concretos com agregados reciclados apresentam menor índice de consistência que as misturas executadas com agregados naturais de mesmo traço. Tal afirmação se justifica na maior porosidade apresentada pelo material reciclado, fato que acaba aumentando a absorção de água do mesmo, e diminuindo a quantidade de água livre das misturas, aponta também a forma mais angular dos agregados reciclados como fator da diminuição da trabalhabilidade dos concretos produzidos com este material.
Resistência a compressão	Todos os materiais dos quais o concreto é composto afetam diretamente a sua resistência e o seu desempenho final. Assim, os agregados também são extremamente importantes para análise criteriosa das propriedades do concreto. Qualquer variação dos materiais componentes do concreto merece um estudo sistemático e isso também se aplica ao agregado reciclado, principalmente quando se pensa que eles correspondem até 80 % de toda mistura.
Resistência a tração	Não há influência da utilização de agregado graúdo reciclado na resistência à tração de concretos. Os concretos com material reciclado obedecem às mesmas relações teóricas entre resistência à tração e resistência à compressão que concretos convencionais de mesma classe. Porém, quando se utiliza também o agregado miúdo reciclado, tal propriedade apresenta uma redução da ordem de 10 a 20 %.
Módulo de Deformação	Geralmente os concretos reciclados apresentam-se mais deformáveis que os concretos convencionais. Este fato se deve à camada de argamassa antiga aderida à superfície do agregado reciclado de concreto e a maior porosidade dos materiais que compõem o resíduo.
Durabilidade	Estudos em concretos com agregados reciclados demonstraram que a substituição de até 100 % de agregados naturais por reciclados não prejudica o desempenho do concreto ensaiado. Os concretos reciclados apresentaram níveis satisfatórios de resistência aos ciclos de gelo/degelo e ataque acelerado de cloretos.

Fonte: Adaptado Leite (2001)

Uma das grandes dificuldades encontradas para a produção de agregados reciclados de RCD é a seleção e a caracterização das propriedades destes materiais. Porém com atenção e cuidado durante o processo de seleção, o potencial para reciclagem do material pode ser melhorado e o valor do resíduo aumentado.

4.3 Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados

A utilização dos agregados reciclados em concretos está se tornando cada vez mais crescente. Esse crescimento pode ter se dado por várias razões, entre elas o desenvolvimento da pesquisa na área tecnológica de produção de concretos com agregados reciclados e também devido à conclusão de que é perfeitamente possível se utilizar parcelas de agregados reciclados em concretos das mais variadas classes de resistência (VIEIRA, 2003).

O Concreto com RCD já é utilizado na execução de base e sub-base para pavimentação. Segundo Werle (2010) a aplicação deste co-produto em concretos para fins estruturais exige o conhecimento do material, assim como o conhecimento das implicações da sua inserção em novas matrizes de concreto. Portanto, explorar o comportamento do concreto com RCD tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido são premissas básicas que norteiam o uso deste produto alternativo.

Diversas pesquisas tratam do assunto e, quase sempre, a conclusão é a mesma ou muito similar: a de que concretos com agregados reciclados respondem positivamente quando submetidos aos critérios de avaliações mecânicas e de durabilidade (VIEIRA, 2003). Zordan (1997), Leite (2001), entre outros, avaliaram a viabilidade técnica da utilização desses materiais e concluíram que agregados reciclados são perfeitamente passíveis de serem utilizados em concretos.

Gómez-Soberon (2002) salienta que, apesar da grande porosidade dos agregados reciclados, a sua utilização em concretos é perfeitamente aplicável. Olorunsogo e Padayachee (2002) concluíram que, quando os concretos, obtidos com agregados reciclados, eram avaliados por índices de durabilidade, algumas

propriedades eram melhoradas, como, por exemplo, diminuição da condutividade de íons cloreto em determinados níveis de substituição.

Tomadas as devidas e criteriosas precauções, os concretos obtidos a partir de agregados reciclados podem ser utilizados nas mais diversas atividades do setor de construção civil. De acordo com Vieira, estas precauções referem-se ao tratamento dado ao agregado reciclado desde o seu beneficiamento até o momento de ser utilizado na mistura do concreto. Essa, talvez, seja a grande dificuldade de se trabalhar com agregados reciclados no concreto. Por causa da grande heterogeneidade e variabilidade na composição dos agregados reciclados, às vezes não é possível obter concretos de boa qualidade, que atendam aos requisitos pré-estabelecidos para a produção da mistura e do desempenho do mesmo.

Conforme Cabral (2007) uma vez que o desempenho do concreto quando é feito a substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados é modificado, faz-se necessário entender o comportamento desses concretos com relação a algumas propriedades, tanto de natureza mecânica quanto com relação à sua durabilidade.

Nas várias fases de preparo e execução do concreto reciclado, no processo de separação e caracterização dos resíduos de construção e demolição, Ângulo e John (2001) propõem uma metodologia de determinação dos teores de concreto e argamassa presentes na composição dos agregados graúdos desses resíduos, que normalmente é feita utilizando-se uma separação manual dos grãos por inspeção e pesagem das fases individuais (por exemplo, concreto, argamassa, cerâmica, rochas). Para isso é necessário entender a propriedades dos concretos confeccionados com agregado reciclado, que está representado no Quadro 5:

Quadro 5 - Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados

Propriedade	Descrição
Massa específica	Os agregados reciclados geralmente possuem uma massa específica menor que a dos agregados naturais. Como consequência, os concretos produzidos por estes agregados também geralmente apresentam uma massa específica menor que a dos concretos produzidos com os agregados naturais, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Em contribuição, alguns estudos apontam que o teor de ar incorporado nos concretos com agregados reciclados é maior que nos concretos convencionais.
Trabalhabilidade	De uma maneira geral, os concretos com agregados reciclados apresentam uma menor trabalhabilidade que a dos concretos com agregados naturais, para uma mesma relação teor de materiais secos/pasta. Isso possivelmente ocorre devido à maior absorção dos agregados reciclados, tornando a mistura mais seca e, consequentemente, menos trabalhável.
Porosidade, absorção de água, permeabilidade e volume de vazios	Geralmente os concretos confeccionados com agregados reciclados são caracterizados por uma alta percentagem de meso e macro poros, sugerindo assim uma porosidade com maior tendência à absorção de água e à lixiviação, do que os preparados com agregados naturais.
Resistência à compressão	A resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados geralmente é menor que a de concretos produzidos com agregados naturais, para um mesmo consumo de cimento. Segundo dados dos referidos autores, essas reduções podem atingir até a ordem de 45% da resistência dos concretos de referência.
Módulo de deformação	Para os concretos confeccionados com agregados reciclados, autores apontam que os mesmos geralmente apresentam módulo de deformação menor que o dos concretos convencionais. Essa redução no módulo de deformação é mais sentida quando se produz concretos com agregados reciclados de baixa relação água/cimento.
Resistência à tração	Para a resistência à tração, parece que a substituição dos agregados naturais pelos reciclados também provoca uma redução na mesma, embora esta pareça ser menos intensa que as reduções provocadas na resistência à compressão.
Resistência à abrasão	A resistência à abrasão dos concretos confeccionados com agregados reciclados também é menor que a dos concretos confeccionados com agregados naturais. Essa redução é atribuída às reduções nas propriedades físicas e mecânicas do próprio agregado reciclado, uma vez que o mesmo geralmente apresenta valores de resistência à abrasão inferiores aos dos agregados convencionais.
Retração por secagem	A retração por secagem do concreto é um fenômeno inevitável, desde que o concreto esteja exposto a um ambiente de umidade abaixo da condição de saturação. Como este é o tipo de ambiente onde a grande maioria das estruturas de concreto está inserida, a retração por secagem é uma das principais causas da fissuração, assumindo assim fundamental importância, pois compromete a durabilidade do concreto, principalmente quando este for armado.
Resistência ao fogo	Quando o concreto é submetido a altas temperaturas, como em incêndios, importantes modificações ocorrem em seus componentes, ocasionando reduções na resistência à compressão e no módulo de deformação. Pesquisas apontam que concretos confeccionados com agregados reciclados de cerâmica possuem um desempenho superior ao dos concretos confeccionados com agregados naturais, com relação à perda da resistência à compressão, após ambos serem expostos a elevadas temperaturas.
Profundidade de carbonatação e de penetração de cloretos	A substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados acarreta em um aumento da profundidade de carbonatação e em uma diminuição da resistência à penetração de cloretos, por parte dos concretos produzidos com esses agregados.

Fonte: Adaptado Cabral (2007)

Outras propriedades como do desempenho de estruturas de concreto armado feitas com agregados reciclados com relação ao desempenho a abalos sísmicos Xiao *et al.* (2006) concluíram que apesar do desempenho das estruturas ter diminuído quando se aumentou o teor de agregados reciclados no concreto, as mesmas se comportaram bem o suficiente para suportar um terremoto.

Desempenho semelhante aos concretos com agregados naturais pode ser alcançado para altos teores de substituição desses últimos pelos agregados reciclados, para resistências equivalentes aos 28 dias, entretanto exige-se o uso de certos mecanismos de dosagem para que isso ocorra, tais como uma redução na relação água/cimento e o uso de aditivos e adições (CABRAL, 2007).

De acordo com Tenório (2007) devido os agregados terem propriedades variáveis, os concretos confeccionados com eles também tendem a apresentar variabilidade das propriedades que dependem do agregado. O conhecimento dessas propriedades é tão importante quanto o conhecimento das propriedades do agregado visto que é a partir do entendimento das relações existentes entre esses dois conjuntos de dados que se pode proporcionar o emprego adequado e confiável dos agregados reciclados. Também é baseado no conhecimento das propriedades e do desempenho dos concretos que se restringe ou se aponta seu melhor uso, dimensionam-se as estruturas e estabelecem-se valores limites em normas e recomendações.

4.4 Vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados

A construção civil é considerada um dos setores que mais polui o meio ambiente e por isso gera a necessidade de elaborar alternativas com o objetivo de amenizar esses impactos. Uma alternativa é a reutilização dos resíduos de construção e demolição em concreto como agregado.

Os agregados constituem um importante material a ser produzido a partir do RCD por serem um dos materiais mais consumidos pelo setor da construção civil. Além de contribuir com a preservação do meio ambiente, o agregado proveniente de RCD demanda menor custo de capital, de energia e,

potencialmente, de transporte. A reciclagem desse agregado é de fundamental importância ao meio ambiente, uma vez que os referidos resíduos retornarão como substituição a novas matérias primas que seriam extraídas do meio ambiente (KULAIF, 2001).

Segundo Frotte et al (2017) a utilização de agregados reciclados de RCD na produção de concretos possui um grande potencial, além disso, pesquisas relacionadas com as taxas de substituição do agregado reciclado pelo agregado natural no concreto e, como consequência, seu desempenho com esta substituição, são muito importantes para trazer cada vez mais segurança e confiança aos profissionais da construção civil em empregar esses materiais nas obras.

Outro ponto positivo na utilização de agregados reciclados de RCD em concretos está relacionada a questão da propriedade mecânica do material que não é alterada. Segundo Daniel Simiele (2010), a resistência do concreto reciclado chega a ser 39,5% superior à resistência do concreto convencional, vindo a ultrapassar os 35 Mpa exigidos pela ABNT. No entanto, foram observados, também, alguns aspectos negativos quando em contato com a chuva ácida, água potável ou água servida, pode haver uma redução de mais de 50% da vida útil do concreto reciclado, dessa forma, deve ser revestido ou haver impermeabilização da superfície (DANIEL, 2010).

É possível produzir qualquer tipo de concreto com agregados reciclados, desde que se controle a sua porosidade. No caso do RCD, o material deve ser devidamente segregado na origem ou triado eficientemente na usina de reciclagem, eliminando-se, o máximo possível, a presença de gesso, de vidro cerâmico e de madeira (ÂNGULO; FIGUEIREDO, 2011).

Contudo, de acordo Araújo et al. (2016) com as iniciativas que se referem à pesquisa de novas tecnologias que aparentemente não se convertem em grandes vantagens financeiras, continuam sendo vistas de forma negativa pela construção civil, não havendo grande mobilização do setor.

Embora exista uma preocupação com a qualidade do resíduo utilizado e a variabilidade ser um efeito apontado em vários dos artigos revisados, a questão do processamento e dos custos envolvidos para tratamento não é esclarecida

na grande maioria dos artigos revisados. Em alguns artigos foi explicado de forma resumida e com esquemas como foi feita a separação e triagem do RCD (EGUCHI et al., 2007), porém econômico desta etapa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão da sustentabilidade ambiental é uma das mais correntes nos dias atuais. A reciclagem de resíduos dentro da construção é considerada um importante aspecto sustentável e, muitas vezes, negligencia-se outros requisitos ambientais. A reciclagem é considerada como principal forma de garantir benefícios ambientais, porém, em alguns casos para viabilizá-la causa-se danos ainda maiores ao meio ambiente, e estes muitas vezes não são discutidos.

Dessa forma, a reciclagem de resíduos seria uma forma de diminuir os impactos que a construção civil tem na natureza. Além de ser uma alternativa economicamente vantajosa, tanto para quem recicla e vende, já que é um processo com um custo baixo em relação ao lucro, como para quem compra o material reciclado, visto que seus resultados são semelhantes ou até superiores ao concreto convencional.

Há também aspectos negativos dessa reciclagem, todavia os pontos positivos se sobrepõem aos negativos, tornando assim, o concreto reciclado uma maneira muito pertinente de diminuir o alto índice de poluição ambiental. O comodismo leva a algumas empresas a não optarem pela reciclagem, assim como possíveis receios e desconfianças quanto ao desempenho do produto reciclado para a obra. No entanto, é possível verificar que essa é uma boa opção para todas as vertentes inclusas.

É possível afirmar, contudo, que é necessário ampliar ainda mais o conhecimento sobre o comportamento do resíduo de construção e demolição para produção de novos concretos. A falta de uma metodologia padronizada nos estudos já realizados até agora leva a conclusões muito variadas e até divergentes sobre este assunto. A maior parte dos estudos realizados levaram em consideração o uso de um componente específico do resíduo de construção e demolição ou inconsistências nas propriedades devido a variabilidade existente de RDC

Muitos estudos, porém, ainda precisam ser feitos para sedimentar a utilização desses materiais nos mais variados tipos de construção. Num momento em que se discute preservação do ambiente e seus recursos naturais, a reciclagem de resíduos de construção e demolição constitui-se numa importante alternativa para a minimização dos impactos ambientais. Desde que

sejam tomadas medidas rigorosas na especificação, normalização e utilização desses materiais, o seu uso não ficará restrito a utilizações de pouca importância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, **NBR 6118:2007**, Disponível em www.abnt.org.br <ABNT - Norma ABNT sobre estruturas de concreto está alinhada às mais modernas do mundo> Acesso em 30 de abr. de 2021.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

ANGULO, S. C; FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com Agregados Reciclados**. Instituto Brasileiro do Concreto – Livro CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. São Paulo, 2011.

ARAUJO, W. F. **A pesquisa na Metodologia e Produção Científica**. 2010. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/a-pesquisa-na-metodologia-e-producao-cientifica/44354/>. Acesso em 26 de maio de 2021.

ARAÚJO, D. L., FELIX, L. P., SILVA, L. C., et al., **Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – **Abrecon**. São Paulo, SP. Disponível em:< <http://www.abrecon.org.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx>>. Acesso em 17 maio 2021.

BARBOSA, Eduardo F. **Desenvolvimento e Avaliação de Projetos Educacionais**. Curso de Especialização em Metodologias. SEE-MG/CEFET-MG, 1999. Disponível em: < https://www2.unifap.br/midias/files/2012/03/coleta_dados.pdf>. Acesso em: 7 set. 2021.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. (2012). Lei Nº 10.522, de 24 de agosto de 2012 Belo Horizonte: Diário Oficial do Município – DOM. Disponível em<<http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1086436>> Acessado 05 de junho de 2021

BEM PARANÁ, Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/curitiba-gera-quase-2-milhoes-de-toneladas-de-residuos-da-construcao-civil-por-ano#.YKQriVRKjIU>>Acesso em 18 de maio de 2021

BESSA, S. A. L., MELLO, T. A. G., & LOURENÇO, K. K. (2019). **Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte. urbe.** *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180099. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180099>> Acesso em 04 de junho de 2021.

BIANCHINI, G.; MARROCCHINO, E.; TASSINARI, R.; VACCARO, C. **Recycling of construction and demolition waste materials: a chemical-mineralogical appraisal.** *Waste Management*, Vol. 25, 2005.

BIGOLIN, M. **Indicadores de Desempenho para Blocos de Concreto: Uma Análise de Requisitos mais sustentáveis para a produção de RCD.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2013.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.** São Paulo: Cerâmica, 2015.

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL, 29., São Paulo, 1997. **Anais...** São Paulo: Núcleo de Desenvolvimento de Pesquisas POLI /UPE, 1997. p. 56-63.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n°. 307, de 02 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasil, 05 de jul./2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 17 maio 2021

BRASMIC MINERAÇÃO AREIA E BRITA LTDA., Disponível em: <http://www.brasmicmineracao.com.br> <<http://www.brasmicmineracao.com.br/novo/>> Acesso em 05 de maio de 2021.

BURJ KHALIFA, Emaar, Disponível em <<https://www.burjhalifa.ae/en/the-tower/facts-figures/>> Acesso em 17 de maio de 2021

BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto - Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem das propriedades mecânicas e durabilidade do concreto produzido com agregados reciclados, considerando a variabilidade da composição do RCD**. Universidade de São Carlos: São Carlos, 2007.

CAMPOS, P. B.; TAVARES, C. R. G. Avaliação de métodos de quantificação e caracterização de resíduos de construção civil. **Simpósio acadêmico de engenharia de produção – SAEPRO**, 8., Viçosa – MG, p. 1 – 12, nov./2013.

CARTILHA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL
Disponível em: <https://gpicursos.com/interagin/gestor/uploads/material/8cd3a51895b164b2c483961842d4d17c.pdf> Acesso em 04 de junho de 2021.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COELHO, A., BRITO, J., —**Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal - part I: location, materials, technology and economic analysis**, Journal of Cleaner Production, n. 39, pp. 338-352, 2013.

DIAS, L. I. R. **Aproveitamento de resíduos da construção e demolição (RCD) na fabricação de blocos de concreto sem e com adição de óxido de grafeno**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.1, jan. 2021.

EGUCHI, K. et al. **Application of recycled coarse aggregate by mixture to concrete construction**. Construction and Building Materials, v. 21, n. 7, p. 1542-1551, jul. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Embrapa**, Disponível em: https://www.embrapa.br/manual-de-editoracao/abreviatura/meses-do-ano/-/journal_content/56_INSTANCE_UQpLVsy9SK4I/1355746/28876301?p_p_stat e=pop_up&_56_INSTANCE_UQpLVsy9SK4I_page=1&_56_INSTANCE_UQpLVsy9SK4I_viewMode=print Acesso em 17 de maio de 2021

FAGURY, S. C., GRANDE, F. M. 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, jan./jun. 2007.

FERNANDES, G. C. **Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição dos municípios do Rio de Janeiro e de**

Belo Horizonte para uso em pavimentação. Tese (Pós Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

FERNANDES, Bruna Cristina Mirandola. **A utilização de resíduos na construção civil e demolição – RCD – como agregado para o concreto.** UNIFOR, Formiga, 2015.

FROTTE, C; NUBILA, S. S. A. D; NAGALLI, A; MAZER, W; MACIOSKI, G; OLIVEIRA, L. O. S. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD.** Revista Matéria: Curitiba, 2017.

G1, Disponível em <G1 - Prefeitura cede área dos edifícios São Vito e Mercúrio para unidade do Sesc - notícias em São Paulo (globo.com)> Acesso em 04 de junho de 2021

GERDAU. Catálogos. 2002. www.gerdau.com.br

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** Ed Atlas. São Paulo: 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GÓMEZ-SOBERON, J.M.V. **Porosity of concrete with substitution of recycled concrete aggregate: an experimental study.** Cement and concrete research. v. 32, 2002.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios.** São Paulo: Loyola, 2003.

HELENO, Guido. A construção civil e a edificação de um país. **Revista Brasileira de Administração**, Brasília, ano 20, n.75, p.22-29, mar./abr. 2010.

HORTEGAL, M. V., FERREIRA, T. C., SANT'ANA, W. C. Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís – MA. **Pesquisa em foco**, v. 17, n. 2, p. 60 - 74, 2009

JACOBSEN, Alessandra de Linhares. **Gestão por Resultados, Produtividade e Inovação.** Florianópolis, UFSC, 2009.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA, 2001.

JÖNSSON, S.; LUKKA, K. **There and back again: doing interventionist search in Management Accounting**. In: CHAPMAN, C. S.; HOPWOOD, A. G.; SHIELDS, M.D. Handbook of Management Accounting Research. vol. 1, p. 373-397, 2007.

KULAIF Y., **Análise dos Mercados de Matérias-Primas Minerais: Estudo de Caso da Indústria de Pedras Britadas do Estado de São Paulo**, Tese D.Sc., USP, São Paulo, Brasil, 2001.

LEACH, M. A.; BAUENT, A.; LUCAS, N. J. D. **A Systems Approach to Materials Flow i n Sustainable Cities : A Case Study of Paper**. Journal of Environmental Planning and Management, v. 40, n. 6, p. 705-723, 1997.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LEITE, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, v. 1. Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1982, p.305.

LEVY, S. M. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização como Agregado de Argamassas e Concretos**. São Paulo, 1997. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

_____. **Materiais reciclados na construção civil**. In: **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. cap. 49, p.1629 - 1657.

MALTA, J. O., SILVEIRA, V. S., GONÇALVES, J. P., et al., —**Influência da pré-saturação do agregado miúdo reciclado na viscosidade e resistência à compressão de argamassas**, Ambiente Construído, v. 14, n. 1, pp. 85-98, 2013.

MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL, Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/><<https://cimento.org/wpcontent/uploads/2018/03/manual-cdc.pdf>> Acesso em 30 de abri. de 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. p.674.

MELHADO, Ana Rocha, 2021 Disponível em: AECWEB <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/economia-de-agua-no-canteiro-de-obras/11019>> Acesso em 30 de abr. de 2021.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. São Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MINILUA, <https://minilua.com/>, Disponível em <<https://minilua.com/construcoes-antigas-humanidade/>> Acesso em 17 de maio de 2021

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008. Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57 – 71, jan./mar. 2009.

MORAES, Roberto, Blog do Roberto Moraes, Rio de Janeiro, 30 de maio de 2014, <http://www.robertomoraes.com.br/> Disponível em <<http://www.robertomoraes.com.br/2014/05/corelocs-simbolo-do-desperdicio-e-da.html>> Acesso em 19 de maio de 2021

MORESI, Eduardo. **Metodologia da pesquisa**. Programa de pós-graduação stricto sensu em gestão do conhecimento e tecnologia da informação. UCB – Brasília, 2003.

MOTTA-ROTH, D.; HENDGES, G. R. **Produção textual na universidade**. São Paulo:Parábola, 2010. p.168.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p.448.

OIKONOMOU, N. D. **Recycled concrete aggregates**. Cement and Concrete Composites, v. 27, fev. 2005.

OLIVEIRA, M.J.E.; ASSIS, C.S. Estudo de resíduo de concreto para reciclagem. In: **Congresso Brasileiro do Concreto**, n.43, 2001, Foz do Iguaçu. CDROM. Foz do Iguaçu: Instituto Brasileiro do Concreto, 2001.

OLORUNSOGO, F.T.; PADAYACHEE, N. **Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes**. Cement and Concrete Research. v. 32, 2002.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto e Construção**: IBRACON, n. 53, p. 14-19, 2009. ISSN 1809-7197.

PEREIRA, Caio. O que é Concreto Armado? Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-armado/>>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

PINTEREST, Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Cassero.jpg> <https://br.pinterest.com/pin/create/button/?url=https://wikiwand.com/pt/Concreto_armado&media=https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Cassero.jpg&description=From%20Wikiwand:%20Formas%20de%20madeira%20para%20concreto> Acesso em 05 de maio de 2021.

PINTO, T. P. P. **Utilização de Resíduos de Construção**: estudo do uso em argamassas. São Paulo, 1986. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P., GONZÁLES, J. L. R. (Coord.). **Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Brasília, 2005.

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS). Lei Federal Nº 12.305. 02 ago. 2010. Brasília, 2010.

PORTAL DO CONCRETO, Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-cimento> <https://static.wixstatic.com/media/45b73f_5735f4c64bcb42d982b5d0026294e852~mv2.jpg/v1/fill/w_393,h_240,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01/novo-layout-VC.webp> Acesso em 05 de maio de 2021.

PROAQUATICA, Disponível em <<https://www.proaquatica.pt/en/recifes-artificiais.html>> Acesso em 18 de maio de 2021

PROFISCIENTIA, www.profiscientia.ifmt.edu.br, Disponível em <[197-Texto do artigo-824-4-10-20190902 \(1\).pdf](#)> Acesso em 15 de maio de 2021

SANTANA, V. M. et al. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais**. In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação, ed. XV. Anais do XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

SANTOS BASTOS, Paulo Sérgio, Disponível em: **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**, 2006, <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>> Acesso em 30 de abr. de 2021.

SANTOS, C. O., CARVALHO, E. M., —**Estudo da viabilidade financeira para implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição em Aracaju**, In: SANTOS, D. G. S. (Org), Construção civil: Projeto, execução e manutenção, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, EDUFS, 2009.

SÃO PAULO, Disponível em <[Prefeitura transforma restos dos edifícios São Vito e Mercúrio em 'asfalto ecológico' | Subprefeitura Sé | Prefeitura da Cidade de São Paulo](#)> Acesso em 05 de junho de 2021.

TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais**. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2007.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5ª Ed. Atlas. São Paulo: 2004.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VEGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VIEIRA, G. L. **Estudo do Processo de corrosão sob ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

WERLE, A. P. **DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES DE CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO, COM ÊNFASE NA CARBONATAÇÃO.** Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2010.

XIAO, J.; SUN, Y.; FALKNER, H. **Seismic performance of frame structures with recycled aggregate concrete.** Engineering Structures, Vol. 28, 2006.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado, na Confecção do Concreto.** Campinas, 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.



ISSN: 2675-1879

A UTILIZAÇÃO DO RCD EM CONCRETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

THE USE OF RCD IN CONCRETE IN CIVIL CONSTRUCTION

CARLOS ROBSON DIAS DA SILVA
PATRICK TARCÍSIO DUARTE
DIEGO DE JESUS QUEIROZ ROSA
JOUBER PAULO FERREIRA

RESUMO

O avanço da construção civil trouxe diversos benefícios para a população, mas este crescimento tem causado impactos ao meio ambiente, principalmente devido ao grande volume de resíduos gerados em obras de construção ou de demolição. Com o objetivo de minimizar este impacto, muitos estudos estão sendo realizados para incentivar a diminuição, o reuso e a reciclagem destes materiais. A adoção dessas práticas com os resíduos provenientes de atividades da indústria da construção civil está sendo uma alternativa de grande importância, tanto para o meio ambiente, quanto para a sociedade em geral. O objetivo deste trabalho foi a reutilização do RCD (Resíduo da Construção e Demolição), em substituição aos agregados que compõem o concreto, através de um estudo bibliográfico. Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo realizado com levantamento de dados sobre os resíduos originados de estruturas demolidas, apresentação das propriedades dos agregados reciclados e dos concretos confeccionados com estes agregados reciclados e as vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados.

Palavras-chave: Construção Civil. Concreto. RCD. Agregados Reciclados.

ABSTRACT

The advance of civil construction has brought several benefits to the population, but this growth has caused impacts on the environment, mainly due to the large volume of waste generated in construction or demolition works. In order to minimize this impact, many studies are being conducted to encourage the reduction, reuse and recycling of these materials. The adoption of these practices with waste from construction industry activities is being an alternative of great importance, both for the environment and for society in general. The objective of this work was the reuse of the RCD (Construction and Demolition Residue), replacing the aggregates that make up the concrete, through a bibliographic study. This paper presents the results of a study carried out with data collection on waste from demolished structures, presentation of the properties of recycled aggregates and concrete made with these recycled aggregates and the advantages and disadvantages of concrete made with recycled aggregates.

Keywords: Civil Construction. Concrete. RCD. Recycled Aggregates.

Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
<http://www.feamig.br/revista>

Editora responsável

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

Entende-se por concreto a mistura de um aglomerante a saber o cimento que é um elemento seco, com a textura muito semelhante a um pó e agregados como a água, a areia e sedimentos de rochas, mais conhecidas como pedras em diversas granulometrias resultam no que se conhece popularmente como concreto, base extremamente importante para a construção civil devida a sua alta durabilidade e rigidez e possibilidade de molde. Sua aplicação dentro da construção é utilizada e aprimorada a séculos pelo ser humano.

Sua presença pode ser vista nos grandes arranha céus ao redor do mundo, bem como na arquitetura básica. É um bem comum partilhado, seja em grandes centros comerciais, urbanos ou residenciais.

Devido ao acúmulo e desgaste do meio ambiente a utilização de restos de construções e demolições - RCD na mistura do concreto surge como uma possibilidade de diminuir o impacto ambiental causado pelos diversos projetos de construções nos centros urbanos.

O objetivo do projeto é analisar se a introdução desse agregado de forma reciclada no concreto é benéfica para a indústria em termos de capital e também do ponto de vista acerca do impacto ambiental.

A pesquisa será feita pelo levantamento de dados de fontes confiáveis contidos em artigos, monografias, teses, livros e periódicos disponíveis em ambiente virtual e acervo físico para embasar esse trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RCD – Resíduos de Construção Civil e Demolição

Segundo os autores Mehta e Monteiro (2008) e Pedroso (2009) a diferença de custo em relação a outros elementos encontrados na construção civil, faz com que o concreto tenha uma vantagem significativa, pois tem uma alta durabilidade, resiste a água, o vento, o seu custo é barato e por sua plasticidade é totalmente adaptável ao clima e as condições naturais do local ao qual ele será usado. Sua base pode ser extraída da natureza facilitando o seu manuseio e assim, marcando seu território como principal fonte a ser utilizada em uma edificação.

De acordo com Levy (2007) a história da construção civil se mistura com os primeiros indícios de resíduos acumulativos que sem um destino apropriado ou tendo uma técnica empregada para reciclagem, trouxe incômodos e estragos ao ecossistema ao qual foi exposto. Foi quando começou a se pensar em utilizar os restos de construções na execução de outras obras arquitetônicas desde o período do Império Romano até os dias atuais.

O uso de resíduos de construção civil – RCC e o uso do RCD providas de obras sejam antigas ou novas na mistura vem como um fator pensando na sustentabilidade, uma das inúmeras maneiras de utilização em prol do meio ambiente. O lado negativo x lado positivo se faz presente com esse elemento que mudou a cara da construção civil desde que o ser humano desenvolveu a habilidade de usar essa pasta para criar sua moradia.

2.2 Desperdício de materiais na Construção Civil

Infelizmente muitos são os desperdícios encontrados em canteiros de obras. As matérias primas e investimentos fazem parte desse cenário que tanto ocasiona danos muitas das vezes irreversíveis ou que demanda um longo tempo para que sejam reparados pela natureza. Conforme Paiva e Ribeiro (2005) construção civil é a maior indústria responsável por gerar resíduos sólidos da sociedade.

Dados coletado por John (2012) estima que o mercado da construção civil consuma entre 15% até 50% de toda gama de recursos produzidos pela natureza. Esses números indicam duas coisas que precisam de atenção ao olhar o cenário da indústria civil, a primeira é ela ser maior o consumidor de recursos naturais existentes e a segunda é ser a maior produtora de resíduos sólidos do mundo.

Um exemplo que pode ser usado para elucidar é o caso do projeto desenvolvido para o Porto de Açu, na cidade de São João da Barra no estado do Rio de Janeiro. O empreendimento, apresentado na Figura 1, se trata da construção de gigantes blocos de concreto denominados de coreloc que “é uma peça de encaixe de concreto construída (montada) que tem dimensão de 2,6 metros de lado e possui peso de 10 mil quilos ou 10 toneladas.” (MORAES, 2014). O custo para produção de cada peça é estimado em R\$10 mil reais.



Figura 1: Armazenamento dos Corelocs

Fonte: Moraes (2014)

Segundo Moraes (2014) foram construídas dezesseis mil peças com um custo total de R\$160 milhões de reais. Ficaram por muito tempo estocados em uma espécie de pátio a céu aberto na espera de serem alocados para a sua finalidade de ser quebra-mar. Devido a diversas mudanças de empresas e técnicas para execução do projeto Porto de Açu chegou à conclusão de que essas peças seriam substituídas por caixões de concreto, assim toda a quantidade produzida seria descartada.

O prejuízo em termos ecológicos, recursos destinados a realização da obra foram incontáveis, além do desperdício de capital. A estratégia usada foi a destruição dessas peças e os seus resíduos utilizados no enchimento da nova técnica aprovada, porém para que seja feita esse desmanche foi necessário que uma outra técnica fosse realizada, levando assim a mais geração de custo com maquinário.

2.3 O uso de RCD's na construção civil

“Nações tecnologicamente desenvolvidas, como Estados Unidos, Holanda, Japão, Bélgica, França e Alemanha entre outras, já perceberam a necessidade de reciclar as sobras de construção civil.” (LEVY, 2007, p. 1633). Não somente pelo impacto ambiental, mas também devido à escassez de produzir material essencial para o concreto podendo elevar o custo do projeto. Tudo isso é colocado na balança e como resultado as estratégias vão sendo organizadas, utilizadas na execução da obra.

O mercado consumidor ao qual a indústria da construção civil se encontra é conhecido como o maior responsável por causar danos profundos ao meio ambiente e com isso também reflete no modo de vida da sociedade como um todo. Isso se deve ao uso excessivo

de recursos naturais não renováveis, que acarreta a produção de resíduos sólidos conhecido popularmente como entulho, sendo a sua nomenclatura chamada de RCD- Resíduo de Construção e Demolição (PINTO, 2005).

A introdução de RCD na indústria de construção civil não é algo novo. A utilização já era usada a muito tempo, porém investimentos através de pesquisas que tomam essa medida como estratégia para o mercado é que precisou ser expandida, ainda sim é um assunto que está em desenvolvimento na busca de novas técnicas, ampliação do refino, maquinário e mão de obra especializada.

O que se tem como base para se referir ao uso de RCD como lei advém do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – n. 307, de cinco de julho de 2002, que define os Resíduos de Construção civil e Demolição (RCD), como:

(...) resíduos provenientes de construção, 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, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (BRASIL, 2002, p. 1).

Por se tratar de um assunto que interessa a sociedade na preservação do meio ambiente, a preocupação em evitar o desperdício, acúmulo, gastos desnecessários, produção de resíduos seja em uma obra recente ou uma demolição a reciclagem de alguns materiais foram tomados como medida protetiva socioambiental. Os resíduos provenientes do desmonte gerado entra como estratégia no preparo do concreto ao qual é chamado de agregado que vem a ser “materiais granulares (brita, areia, etc.), que são unidas pela pasta de cimento no preparo do concreto.” (Manual do concreto dosado em central, 2007, p26).

Alguns autores de extrema importância para os estudos da introdução do RCD na indústria da construção civil vir a ter um caráter de sustentabilidade, uma preocupação em como dar um destino viável para o resíduo produzido foram os autores Pinto (1986) com o agregado argamassas, Bodi (1997) com o agregado pavimentos, Levy (1997) com o agregado argamassas e Zordan (1997) em agregados concretos. É possível perceber um hiato de estudos e obras publicadas de onze anos. Uma possibilidade de explicar esse tempo é o fato de até então não haver relevância para o mercado construtor em utilizar esses resíduos de forma que trouxessem um benefício econômico para as empresas. Isso posteriormente foi sendo cada vez mais explorado em estudos que confirmaram a importância econômica e ambiental.

2.4 Usina de refino do RCD

“No Brasil estima-se que 50% do RCD são originados das construções (construção informal, canteiros de obras e provenientes de perdas físicas).” (SANTANA, et al., 2011, p. 2). O país vem tomando consciência da necessidade de se investir nesse mercado de reciclagem de RCDs, devido aos inúmeros impactos vistos na saúde do meio ambiente e suas consequências de má administração, elaboração e execução de projetos arquitetônicos espalhados pelos estados brasileiros, tanto oriundo de obras públicas como de obras particulares.

As vantagens obtidas ao utilizar o material reciclado na forma de agregado no concreto são inúmeras, podemos mencionar como as propriedades minerais existentes encontrados em entulhos na forma de argamassas, tijolos, cerâmicos, na areia, nas diversas granulometrias que o elemento pedra apresenta, sem que com isso necessite a separação minuciosa das partes. Como consequência uma economia significativa em termos de utilização de energia em todo o processo de moagem, pois ao misturar a base do concreto, esse material com espessuras diversas pode desempenhar melhorias do concreto em comparação aos agregados tradicionais.

O processo de reciclagem do RCD se dá por meio de etapas conforme Figura 2. O resíduo é encontrado, é feito uma análise do material demolido para ver se atende as especificações necessárias que se encaixam no padrão RCD. Posteriormente essa matéria encontrada passa pelo processamento de se tornar material RCD que é utilizado na massa do concreto estando de volta nos campos de obras.



Figura 2: Reciclagem de RCD

Fonte: Autores (2021)

Segundo Miranda, Angulo e Careli (2009), a prefeitura de Belo Horizonte, iniciou no ano de 1994, a utilização de agregados reciclados produzidos através das usinas, nas obras de pavimentação presentes na cidade. Belo Horizonte, é tida como uma das pioneiras na reciclagem de RCD, possuindo um sistema de gestão municipal bem organizado.

“Deve ser lembrado o fato de que o Brasil é um dos poucos países a terem aprovado normas específicas para utilização de agregados reciclados.” (LEVY, 2006, p. 377). Isso é de extrema importância para que o uso contínuo desse agregado ganhe espaço dentro da elaboração de um projeto. Essa medida minimiza o desgaste na extração de matéria prima do meio ambiente para a confecção do concreto, refletindo em uma ação preventiva em termos ambientais e financeiros em relação aos gastos que um projeto de construção civil prevê.

3 METODOLOGIA

De forma bem simples, pesquisar significa procurar respostas para questões propostas. Demo (1996, p. 34) considera a pesquisa como atividade rotineira, considerando-a uma atitude, um “questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático”.

O tipo de pesquisa utilizado neste estudo é a pesquisa básica, portanto, houve a captação e acúmulo de informações e conhecimentos que auxiliaram a encontrar resultados sobre a utilização do RDC em concretos na construção civil.

O tipo da natureza da pesquisa utilizada para o desenvolvimento deste projeto é classificado como qualitativa com a finalidade de trazer mais conhecimentos sobre um tema tão importante a fim de torná-lo mais claro e objetivo.

O tipo da pesquisa quanto aos fins é classificado como exploratória e, ao mesmo tempo descritiva. Exploratória, porque o estudo explora como o RDC pode ser utilizado em concretos visto que este ainda possui pouco conhecimento técnico na área. Descritiva porque tudo que for observado será descrito, isso com vista a expor as características e propriedades desta utilização.

O tipo de pesquisa quanto aos meios realizada para o presente trabalho se deu pelo levantamento bibliográfico encontrado em mídias digitais, dissertações, livros, que abordam o tema proposto de pesquisa.

A coleta de dados para essa pesquisa e a triagem da análise dos dados obtidos tiveram seu embasamento nas leituras feitas através de todos os arquivos encontrados que dispunham a trazer a reflexão enquanto ao uso do material RCD em concretos na construção civil.

No intuito de elaborar uma pesquisa com tema significativo à escolha por abordar a utilização do RCD na construção civil por intermédio dessa pesquisa, porém devido a pandemia da Covid-19 e o fechamento da cidade e a impossibilidade de ir em busca de coleta de materiais e outras informações em visitas aos campos de obras todo o processo da pesquisa foi realizada através de levantamento de dados através de material disponível em ambiente virtual, uma vez que o período de elaboração impede a observação in loco. O objetivo era associar o conhecimento obtido através do levantamento de dados teóricos e associá-los ao efetivo emprego na prática.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Levantamento de dados sobre os resíduos originados de estruturas demolidas (RCD).

O funcionamento da construção requer uma grande quantidade de materiais inertes, tais como areia e cascalho, que normalmente são fornecidos através da extração de sedimentos aluviais. Segundo Bianchini et al. (2005) a extração desses sedimentos altera o perfil dos rios e o seu equilíbrio, além de poder acarretar problemas ambientais, tais como modificações em sua estrutura hidrológica e hidrogeológica. A extração de material inerte de formações rochosas em áreas acidentadas e montanhosas também é uma atividade que causa danos ao meio ambiente uma vez que altera a paisagem e potencialmente provoca problemas de instabilidade das mesmas.

Como em todo e qualquer processo industrial, existe a geração de resíduos na produção. Várias são as fontes geradoras dos resíduos na construção civil, podendo-se destacar:

- as perdas no processo construtivo, sejam por deficiência da tecnologia utilizada, pela baixa qualidade da mão-de-obra empregada, pelo detalhamento insuficiente em projetos, pela utilização de produtos defeituosos, ocasionando a superprodução ou a substituição de materiais e componentes, ou seja, perdas que geram desperdício de material que saem das obras na forma de entulhos;
- a falta de qualidade dos materiais e serviços executados que levam ao mau funcionamento da edificação, acarretando o aparecimento de manifestações patológicas, que, quando corrigidas, geram entulhos;

- o crescimento populacional, que demanda por novas moradias, as quais, quando são construídas, geram resíduos;
- a demolição de edificações ao fim da vida útil. Entenda-se aqui vida útil não só como o tempo em que a edificação satisfaz a critérios técnicos de desempenho (capacidade estrutural, por exemplo), pois a edificação também está sujeita a uma degradação social, que pode ser entendida como mudanças nas necessidades dos usuários com o decorrer do tempo.
- as grandes catástrofes mundiais, sejam elas de origens naturais ou antropogênicas (guerras, terremotos, tsunamis, dentre outras) (CABRAL, 2007, p.50).

Conforme dados do SINDUSCON (2005) apresentados por Ângulo (2005), os resíduos de canteiros de obras e construções informais representam 50% dos RCD's. Conforme o mesmo autor dados sobre reformas são poucos já que estes são somados aos resíduos de demolições. As mudanças no estilo de vida e o crescimento das cidades fazem com que edificações precisem se adaptar as novas funções, ou seja, substituídas por outras que atendam, aumentando o número de demolições e reformas.

A porcentagem da composição média dos RCD's é apresentada na Figura 3, na qual percebe-se que a porcentagem de concreto e material cerâmico somados é 70% do RCD, esses materiais são os que podem ser transformados em agregados reciclados.

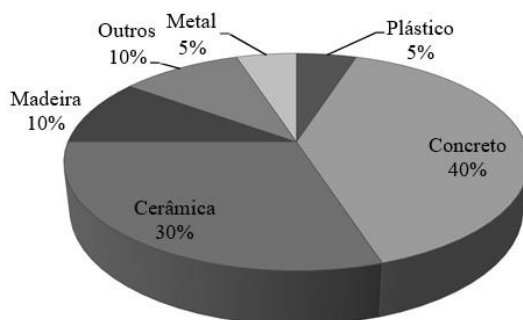


Figura 3: Composição média do RCD
Fonte: Oikonomou (2005)

Para tentar minimizar os impactos da exploração dos recursos naturais e grande geração de resíduos, o conceito desenvolvimento sustentável tem ganhado espaço também na indústria da construção civil. A primeira alternativa para a diminuição da geração de resíduos da construção e demolição é redução das perdas na obra, diminuindo assim, tanto a quantidade de resíduos produzidos bem como os gastos com a obra e para a destinação dos mesmos (LEITE, 2001).

Outra alternativa para diminuição da quantidade de resíduos destinados aos aterros bem como para reduzir parcela de recursos naturais necessários para a construção é a reciclagem. Segundo Bigolin (2013) foi criado durante a Conferência da Terra, no Rio de Janeiro em 1992, a política dos 3Rs é base para este pensamento. O 3Rs é uma abreviação para as

palavras reduzir, reutilizar e reciclar, atitudes essas que visam minimizar a quantidade de resíduos em aterros. No conceito da gestão de resíduos existe uma hierarquia de objetivos como mostra a Figura 4.



Figura 4: Hierarquia no conceito de gestão de resíduos
 Fonte: Leach *et al.* (1997)

A reciclagem aparece depois da redução e do reuso como a melhor alternativa a ser dada aos resíduos. Outra alternativa, é a incineração para recuperação de energia, porém os resíduos devem ter características que facilitem esta medida. Para o papel e madeira, poderia ser considerado como uma boa alternativa. Mas, no caso do RCD onde a maior parte na composição é de restos de concreto e material cerâmico o mais adequado seria a própria reciclagem. Como última alternativa, se não for possível, tecnicamente ou economicamente, a possibilidade é a disposição em aterros (BIGOLIN, 2013).

A viabilidade econômica pretendida no uso e reciclagem dos RCD é uma questão altamente afetada pela variabilidade inerente a estes resíduos. Fatores físicos, econômicos e sociais são variáveis regionais que influenciam na busca pela viabilidade desta atividade. Para haver incremento da inserção de agregado reciclado no mercado, torna-se necessária a utilização de estratégias, dentre as quais a redução de preço dos agregados reciclados em relação aos naturais e dos produtos com agregados reciclados, além da busca pela padronização dos agregados reciclados (COELHO; BRITO, 2013).

4.2 Propriedades dos agregados reciclados

Os agregados reciclados podem apresentar impurezas no seu conteúdo, e assim comprometer significativamente o seu desempenho na produção de novos materiais. Por isso, é de extrema importância conhecer e entender as propriedades dos agregados reciclados para utiliza-los de forma eficiente e confiável.

De acordo com Dias (2021) a composição variada do entulho se dá devido à grande diversificação de materiais envolvidos na indústria da construção civil. No Brasil, existe uma

predominância da argamassa no entulho gerado nas cidades, visto que esta é uma sociedade que utiliza o cimento como principal material da construção civil. Os RCD's possuem um grande potencial e diversas finalidades para reutilização, desde que devidamente tratados e analisados.

Nessas finalidades, há a utilização dos agregados reciclados para a produção de novos concretos sendo a aplicação que exige mais cuidados visto o importante papel que os agregados desempenham no comportamento do concreto. Entre os vários tipos de resíduos de demolição e construção, o concreto britado é o melhor reutilizado como agregado de concreto. Já os reciclados de alvenaria possuem propriedades que são significativamente inferiores às dos agregados reciclados de concreto. Quando se utilizam agregados reciclados para a produção de novos concretos, há consideráveis reduções de resistência e maiores problemas relacionados à absorção de água e à trabalhabilidade (BUTTLER, 2007).

Para utilização de material reciclado como agregado devem ser realizadas misturas experimentais do mesmo modo que estas misturas são feitas para concretos convencionais. Deve ser estabelecida a quantidade de água suficiente para garantir a trabalhabilidade da mistura, porém, desde que não haja excesso de água, fato que comprometeria o uso racional de cimento para alcançar a resistência desejada a um custo compatível.

Apesar das propriedades do agregado poderem ser estudadas separadamente, aquelas importantes para a tecnologia do concreto estão inter-relacionadas e podem assim ser agrupadas de acordo com Mehta e Monteiro (1994):

- a) Características dependentes da porosidade: massa específica, absorção de água, resistência, dureza, módulo de elasticidade e sanidade;
- b) Características dependentes das condições prévias de exposição e das condições de fabricação: tamanho, forma e textura das partículas;
- c) Características dependentes da composição química e mineralógica: resistência, dureza, módulo de elasticidade e substâncias deletérias presentes (MEHTA, MONTEIRO, 1994, p. 74).

Segundo Leite (2001), as propriedades principais relacionadas aos agregados reciclados provenientes do RCD estão relacionadas no Quadro 1.

Propriedade	Descrição
Massa específica	A massa específica do concreto reciclado fresco tende a ser menor que a do concreto convencional devido a menor massa específica apresentada pelo agregado reciclado e por uma quantidade maior de vazios incorporada ao concreto com este material. Esta influência do agregado reciclado sobre a massa específica do concreto acaba conferindo-lhe valores tais que o concreto produzido fica situado no limite entre o concreto leve e o convencional.
Trabalhabilidade	Há uma unanimidade em afirmar que concretos com agregados reciclados apresentam menor índice de consistência que as misturas executadas com agregados naturais de mesmo traço. Tal afirmação se justifica na maior porosidade apresentada pelo material reciclado, fato que acaba aumentando a absorção de água do mesmo, e diminuindo a quantidade de água livre das misturas, aponta também a forma mais angular dos agregados reciclados como fator da diminuição da trabalhabilidade dos concretos produzidos com este material.
Resistência a compressão	Todos os materiais dos quais o concreto é composto afetam diretamente a sua resistência e o seu desempenho final. Assim, os agregados também são extremamente importantes para análise criteriosa das propriedades do concreto. Qualquer variação dos materiais componentes do concreto merece um estudo sistemático e isso também se aplica ao agregado reciclado, principalmente quando se pensa que eles correspondem até 80 % de toda mistura.
Resistência a tração	Não há influência da utilização de agregado graúdo reciclado na resistência à tração de concretos. Os concretos com material reciclado obedecem às mesmas relações teóricas entre resistência à tração e resistência à compressão que concretos convencionais de mesma classe. Porém, quando se utiliza também o agregado miúdo reciclado, tal propriedade apresenta uma redução da ordem de 10 a 20 %.
Módulo de Deformação	Geralmente os concretos reciclados apresentam-se mais deformáveis que os concretos convencionais. Este fato se deve à camada de argamassa antiga aderida à superfície do agregado reciclado de concreto e a maior porosidade dos materiais que compõem o resíduo.
Durabilidade	Estudos em concretos com agregados reciclados demonstraram que a substituição de até 100 % de agregados naturais por reciclados não prejudica o desempenho do concreto ensaiado. Os concretos reciclados apresentaram níveis satisfatórios de resistência aos ciclos de gelo/degelo e ataque acelerado de cloretos.

Quadro 1: Propriedades dos agregados reciclados

Fonte: Adaptado Leite (2001)

Uma das grandes dificuldades encontradas para a produção de agregados reciclados de RCD é a seleção e a caracterização das propriedades destes materiais. Porém com atenção e cuidado durante o processo de seleção, o potencial para reciclagem do material pode ser melhorado e o valor do resíduo aumentado.

4.3 Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados

A utilização dos agregados reciclados em concretos está se tornando cada vez mais crescente. Esse crescimento pode ter se dado por várias razões, entre elas o desenvolvimento da pesquisa na área tecnológica de produção de concretos com agregados reciclados e também devido à conclusão de que é perfeitamente possível se utilizar parcelas de agregados reciclados em concretos das mais variadas classes de resistência (VIEIRA, 2003).

O Concreto com RCD já é utilizado na execução de base e sub-base para pavimentação. Segundo Werle (2010) a aplicação deste co-produto em concretos para fins estruturais exige o conhecimento do material, assim como o conhecimento das implicações da sua inserção em novas matrizes de concreto. Portanto, explorar o comportamento do concreto com RCD tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido são premissas básicas que norteiam o uso deste produto alternativo.

Diversas pesquisas tratam do assunto e, quase sempre, a conclusão é a mesma ou muito similar: a de que concretos com agregados reciclados respondem positivamente quando submetidos aos critérios de avaliações mecânicas e de durabilidade (VIEIRA, 2003). Zordan (1997), Leite (2001), entre outros, avaliaram a viabilidade técnica da utilização desses materiais e concluíram que agregados reciclados são perfeitamente passíveis de serem utilizados em concretos.

Gómez-Soberon (2002) salienta que, apesar da grande porosidade dos agregados reciclados, a sua utilização em concretos é perfeitamente aplicável. Olorunsogo e Padayachee (2002) concluíram que, quando os concretos, obtidos com agregados reciclados, eram avaliados por índices de durabilidade, algumas propriedades eram melhoradas, como, por exemplo, diminuição da condutividade de íons cloreto em determinados níveis de substituição.

Tomadas as devidas e criteriosas precauções, os concretos obtidos a partir de agregados reciclados podem ser utilizados nas mais diversas atividades do setor de construção civil. De acordo com Vieira, estas precauções referem-se ao tratamento dado ao agregado reciclado desde o seu beneficiamento até o momento de ser utilizado na mistura do concreto. Essa, talvez, seja a grande dificuldade de se trabalhar com agregados reciclados no concreto. Por causa da grande heterogeneidade e variabilidade na composição dos agregados reciclados, às vezes não é possível obter concretos de boa qualidade, que atendam aos requisitos pré-estabelecidos para a produção da mistura e do desempenho do mesmo.

Conforme Cabral (2007) uma vez que o desempenho do concreto quando é feito a substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados é modificado, faz-se necessário entender o comportamento desses concretos com relação a algumas propriedades, tanto de natureza mecânica quanto com relação à sua durabilidade.

Nas várias fases de preparo e execução do concreto reciclado, no processo de separação e caracterização dos resíduos de construção e demolição, Ângulo (2005) propõem uma metodologia de determinação dos teores de concreto e argamassa presentes na composição dos agregados graúdos desses resíduos, que normalmente é feita utilizando-se uma separação manual dos grãos por inspeção e pesagem das fases individuais (por exemplo,

concreto, argamassa, cerâmica, rochas). Para isso é necessário entender a propriedades dos concretos confeccionados com agregado reciclado, que está representado no Quadro 2.

Propriedade	Descrição
Massa específica	Os agregados reciclados geralmente possuem uma massa específica menor que a dos agregados naturais. Como consequência, os concretos produzidos por estes agregados também geralmente apresentam uma massa específica menor que a dos concretos produzidos com os agregados naturais, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Em contribuição, alguns estudos apontam que o teor de ar incorporado nos concretos com agregados reciclados é maior que nos concretos convencionais.
Trabalhabilidade	De uma maneira geral, os concretos com agregados reciclados apresentam uma menor trabalhabilidade que a dos concretos com agregados reciclados, para uma mesma relação teor de materiais secos/pasta. Isso possivelmente ocorre devido à maior absorção dos agregados reciclados, tornando a mistura mais seca e, consequentemente, menos trabalhável.
Porosidade, absorção de água, permeabilidade e volume de vazios	Geralmente os concretos confeccionados com agregados reciclados são caracterizados por uma alta percentagem de meso e macro poros, sugerindo assim uma porosidade com maior tendência à absorção de água e à lixiviação, do que os preparados com agregados naturais.
Resistência à compressão	A resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados geralmente é menor que a de concretos produzidos com agregados naturais, para um mesmo consumo de cimento. Segundo dados dos referidos autores, essas reduções podem atingir até a ordem de 45% da resistência dos concretos de referência.
Módulo de deformação	Para os concretos confeccionados com agregados reciclados, autores apontam que os mesmos geralmente apresentam módulo de deformação menor que o dos concretos convencionais. Essa redução no módulo de deformação é mais sentida quando se produz concretos com agregados reciclados de baixa relação água/cimento.
Resistência à tração	Para a resistência à tração, parece que a substituição dos agregados naturais pelos reciclados também provoca uma redução na mesma, embora esta pareça ser menos intensa que as reduções provocadas na resistência à compressão.
Resistência à abrasão	A resistência à abrasão dos concretos confeccionados com agregados reciclados também é menor que a dos concretos confeccionados com agregados naturais. Essa redução é atribuída às reduções nas propriedades físicas e mecânicas do próprio agregado reciclado, uma vez que o mesmo geralmente apresenta valores de resistência à abrasão inferiores aos dos agregados convencionais.
Retração por secagem	A retração por secagem do concreto é um fenômeno inevitável, desde que o concreto esteja exposto a um ambiente de umidade abaixo da condição de saturação. Como este é o tipo de ambiente onde a grande maioria das estruturas de concreto está inserida, a retração por secagem é uma das principais causas da fissuração, assumindo assim fundamental importância, pois compromete a durabilidade do concreto, principalmente quando este for armado.
Resistência ao fogo	Quando o concreto é submetido a altas temperaturas, como em incêndios, importantes modificações ocorrem em seus componentes, ocasionando reduções na resistência à compressão e no módulo de deformação. Pesquisas apontam que concretos confeccionados com agregados reciclados de cerâmica possuem um desempenho superior ao dos concretos confeccionados com agregados naturais, com relação à perda da resistência à compressão, após ambos serem expostos a elevadas temperaturas.
Profundidade de carbonatação e de penetração de cloretos	A substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados acarreta em um aumento da profundidade de carbonatação e em uma diminuição da resistência à penetração de cloretos, por parte dos concretos produzidos com esses agregados.

Quadro 2: Propriedades dos concretos confeccionados com agregados reciclados

Fonte: Adaptado Cabral (2007)

Outras propriedades como do desempenho de estruturas de concreto armado feitas com agregados reciclados com relação ao desempenho a abalos sísmicos Xiao *et al.* (2006) concluíram que apesar do desempenho das estruturas ter diminuído quando se aumentou o teor de agregados reciclados no concreto, as mesmas se comportaram bem o suficiente para suportar um terremoto.

De acordo com Tenório (2007) devido os agregados terem propriedades variáveis, os concretos confeccionados com eles também tendem a apresentar variabilidade das propriedades que dependem do agregado. O conhecimento dessas propriedades é tão importante quanto o conhecimento das propriedades do agregado visto que é a partir do entendimento das relações existentes entre esses dois conjuntos de dados que se pode proporcionar o emprego adequado e confiável dos agregados reciclados. Também é baseado no conhecimento das propriedades e do desempenho dos concretos que se restringe ou se aponta seu melhor uso, dimensionam-se as estruturas e estabelecem-se valores limites em normas e recomendações.

4.4 Vantagens e desvantagens dos concretos confeccionados com agregados reciclados

Atualmente a construção civil é um dos setores que mais polui o meio ambiente e por isso gera a necessidade de elaborar alternativas com o objetivo de amenizar esses impactos. Uma alternativa é a reutilização dos resíduos de construção e demolição em concreto como agregado.

Os agregados constituem um importante material a ser produzido a partir do RCD por serem um dos materiais mais consumidos pelo setor da construção civil. Além de contribuir com a preservação do meio ambiente, o agregado proveniente de RCD demanda menor custo de capital, de energia e, potencialmente, de transporte. A reciclagem desse agregado é de fundamental importância ao meio ambiente, uma vez que os referidos resíduos retornarão como substituição a novas matérias primas que seriam extraídas do meio ambiente (KULAIF, 2001).

Segundo Frotte *et al* (2017) a utilização de agregados reciclados de RCD na produção de concretos possui um grande potencial, além disso, pesquisas relacionadas com as taxas de substituição do agregado reciclado pelo agregado natural no concreto e, como consequência, seu desempenho com esta substituição, são muito importantes para trazer

cada vez mais segurança e confiança aos profissionais da construção civil em empregar esses materiais nas obras.

Outro ponto positivo na utilização de agregados reciclados de RCD em concretos está relacionada a questão da propriedade mecânica do material que não é alterada. Segundo Daniel Simiele (2010), a resistência do concreto reciclado chega a ser 39,5% superior à resistência do concreto convencional, vindo a ultrapassar os 35 Mpa exigidos pela ABNT. No entanto, foram observados, também, alguns aspectos negativos quando em contato com a chuva ácida, água potável ou água servida, pode haver uma redução de mais de 50% da vida útil do concreto reciclado, dessa forma, deve ser revestido ou haver impermeabilização da superfície.

Contudo, de acordo Araújo et al. (2016) com as iniciativas que se referem à pesquisa de novas tecnologias que aparentemente não se convertem em grandes vantagens financeiras, continuam sendo vistas de forma negativa pela construção civil, não havendo grande mobilização do setor.

Embora exista uma preocupação com a qualidade do resíduo utilizado e a variabilidade ser um efeito apontado em vários dos artigos revisados, a questão do processamento e dos custos envolvidos para tratamento não é esclarecida na grande maioria dos artigos revisados. Em alguns artigos foi explicado de forma resumida e com esquemas como foi feita a separação e triagem do RCD (EGUCHI et al., 2007), porém econômico desta etapa.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão da sustentabilidade ambiental é uma das mais correntes nos dias atuais. A reciclagem de resíduos dentro da construção é considerada um importante aspecto sustentável e, muitas vezes, negligencia-se outros requisitos ambientais. A reciclagem é considerada como principal forma de garantir benefícios ambientais, porém, em alguns casos para viabilizá-la causa-se danos ainda maiores ao meio ambiente, e estes muitas vezes não são discutidos.

Dessa forma, a reciclagem de resíduos seria uma forma de diminuir os impactos que a construção civil tem na natureza. Além de ser uma alternativa economicamente vantajosa, tanto para quem recicla e vende, já que é um processo com um custo baixo em relação ao lucro, como para quem compra o material reciclado, visto que seus resultados são semelhantes ou até superiores ao concreto convencional.

Há também aspectos negativos dessa reciclagem, todavia os pontos positivos se sobrepõem aos negativos, tornando assim, o concreto reciclado uma maneira muito pertinente de diminuir o alto índice de poluição ambiental. O comodismo leva a algumas empresas a não optarem pela reciclagem, assim como possíveis receios e desconfianças quanto ao desempenho do produto reciclado para a obra. No entanto, é possível verificar que essa é uma boa opção para todas as vertentes inclusas.

É possível afirmar, contudo, que é necessário ampliar ainda mais o conhecimento sobre o comportamento do resíduo de construção e demolição para produção de novos concretos. A falta de uma metodologia padronizada nos estudos já realizados até agora leva a conclusões muito variadas e até divergentes sobre este assunto. A maior parte dos estudos realizados levaram em consideração o uso de um componente específico do resíduo de construção e demolição ou inconsistências nas propriedades devido a variabilidade existente de RDC.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos.** Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

ARAÚJO, D. L., FELIX, L. P., SILVA, L. C., et al., **Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto.** Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, 2016.

BIANCHINI, G.; MARROCCHINO, E.; TASSINARI, R.; VACCARO, C. **Recycling of construction and demolition waste materials: a chemical-mineralogical appraisal.** Waste Management, Vol. 25, 2005.

BIGOLIN, M. **Indicadores de Desempenho para Blocos de Concreto: Uma Análise de Requisitos mais sustentáveis para a produção de RCD.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2013.

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL, 29., São Paulo, 1997. **Anais...** São Paulo: Núcleo de Desenvolvimento de Pesquisas POLI /UPE, 1997. p. 56-63.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n°. 307, de 02 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasil, 05 de jul./2002.

Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 17 maio 2021

BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto - Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem das propriedades mecânicas e durabilidade do concreto produzido com agregados reciclados, considerando a variabilidade da composição do RCD**. Universidade de São Carlos: São Carlos, 2007.

COELHO, A., BRITO, J., —**Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal - part I: location, materials, technology and economic analysis**, Journal of Cleaner Production, n. 39, pp. 338-352, 2013.

DIAS, L. I. R. **Aproveitamento de resíduos da construção e demolição (RCD) na fabricação de blocos de concreto sem e com adição de óxido de grafeno**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.1, jan. 2021.

EGUCHI, K. et al. **Application of recycled coarse aggregate by mixture to concrete construction**. Construction and Building Materials, v. 21, n. 7, p. 1542-1551, jul. 2007.

FROTTE, C; NUBILA, S. S. A. D; NAGALLI, A; MAZER, W; MACIOSKI, G; OLIVEIRA, L. O. S. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD**. Revista Matéria: Curitiba, 2017.

GÓMEZ-SOBERON, J.M.V. **Porosity of concrete with substitution of recycled concrete aggregate: an experimental study**. Cement and concrete research. v. 32, 2002.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA, 2012.

KULAIF Y., **Análise dos Mercados de Matérias-Primas Minerais: Estudo de Caso da Indústria de Pedras Britadas do Estado de São Paulo**, Tese D.Sc., USP, São Paulo, Brasil, 2001.

LEACH, M. A.; BAUENT, A.; LUCAS, N. J. D. **A Systems Approach to Materials Flow i n Sustainable Cities : A Case Study of Paper**. Journal of Environmental Planning and Management, v. 40, n. 6, p. 705-723, 1997.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LEVY, S. M. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização como Agregado de Argamassas e Concretos**. São Paulo, 1997. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL, Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/><<https://cimento.org/wpcontent/uploads/2018/03/manual-cdc.pdf>> Acesso em 30 de abri. de 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. p.674.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008. Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57 – 71, jan./mar. 2009.

MORAES, Roberto, Blog do Roberto Moraes, Rio de Janeiro, 30 de maio de 2014, <http://www.robertomoraes.com.br/> Disponível em <<http://www.robertomoraes.com.br/2014/05/corelocs-simbolo-do-desperdicio-e-da.html>> Acesso em 19 de maio de 2021

OIKONOMOU, N. D. **Recycled concrete aggregates**. Cement and Concrete Composites, v. 27, fev. 2005.

OLORUNSOGO, F.T.; PADAYACHEE, N. **Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes**. Cement and Concrete Research. v. 32, 2002.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto e Construção**: IBRACON, n. 53, p. 14-19, 2009. ISSN 1809-7197.

PINTO, T. P., GONZÁLES, J. L. R. (Coord.). **Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Brasília, 2005.

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS). Lei Federal Nº 12.305. 02 ago. 2010. Brasília, 2010.

SANTANA, V. M. et al. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais**. In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação, ed. XV. Anais do XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais**. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2007.

VIEIRA, G. L. **Estudo do Processo de corrosão sob ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

WERLE, A. P. **DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES DE CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO, COM ÊNFASE NA CARBONATAÇÃO.** Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2010.

XIAO, J.; SUN, Y.; FALKNER, H. **Seismic performance of frame structures with recycled aggregate concrete.** Engineering Structures, Vol. 28, 2006.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado, na Confecção do Concreto.** Campinas, 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.