



FAVALE - FACULDADE VALE DO AÇO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIA NILDA NASCIMENTO LIMA

**CONCRETO RECICLADO: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAR
OS IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Açailândia

2022

MARIA NILDA NASCIMENTO LIMA

**CONCRETO RECICLADO: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAR
OS IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço para obtenção do grau de Bacharelado.

Orientador: Prof. Me. Airton Pereira da Silva Leão

Açailândia
2022

**Ficha catalográfica - Biblioteca José Amaro Logrado
Faculdade Vale do Aço**

L732c

Lima, Maria Nilda Nascimento.

Concreto reciclado: uma alternativa sustentável para mitigar os impactos ambientais e econômicos da construção civil. / Maria Nilda Nascimento Lima – Açailândia, 2022.

49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2022.

Orientador: Prof. Me. Airton Pereira da Silva Leão.

1. Concreto. 2. Agregado. 3. Resíduo. 4. Sustentabilidade. I. Lima, Maria Nilda Nascimento. II. Leão, Airton Pereira da Silva. (orientador). III. Título.

CDU 624-033.34

MARIA NILDA NASCIMENTO LIMA

**CONCRETO RECICLADO: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAR
OS IMPACTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço para obtenção do grau de Bacharelado.

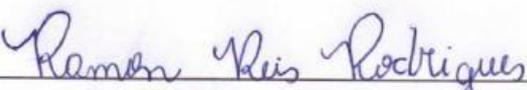
Orientador: Prof. Me. Airton Pereira da Silva Leão

Aprovada em 04 de Julho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Airton Pereira da Silva Leão
Faculdade Vale Do Aço - FAVALE

Prof. Esp. Randal Silva Gomes
Faculdade Vale Do Aço - FAVALE



Prof. Ramon Reis Rodrigues
Faculdade Vale Do Aço - FAVALE

Dedico esse trabalho a ao meu marido Idenor Gonçalves dos Santos, que prestou auxílio direto no decorrer de minha vida acadêmica na instituição, cujos incentivos e ajudas foram determinantes para meu êxito.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Senhor Jesus Cristo pelas bênçãos alcançadas e pelo sopro de vida. Por ser a personificação real de paz, amor e prosperidade.

À memória de meu pai Albino Batista Lima que, através de sua honestidade, retidão de caráter e humildade, espelha a nossa família até as futuras gerações.

À minha mãe Joana Leite Nascimento, uma guerreira que com muito amor soube representar a essência da palavra mãe.

Aos meus irmãos que, por suas conquistas que me encorajaram e incentivaram a trilhar por este caminho.

Ao meu marido Idenor Gonçalves dos Santos, meu esteio e meu ponto de equilíbrio.

Ao meu cunhado José Gonçalves Dos Santos, que foi de enorme ajuda ao me dar vários livros para estudar.

À minha família como um todo, pelo apoio e suporte antes, durante, e sei que terei após, a conclusão deste árduo curso.

Aos professores de toda a minha vida acadêmica, meu muito obrigado. Aos amigos Wenderson Sousa de Jesus e Marcelo da Cruz Rodrigues, sem eles não teria conseguido progredir e superar obstáculos.

Aos colegas e irmãos da turma Maiara da Silva Ferreira, Laudirene Lustosa, e Bruno Sousa, que me deram ajuda, ânimo e foram resilientes durante esta trajetória, a vocês meu eterno agradecimento.

RESUMO

Existe uma grande preocupação em torno dos resíduos sólidos provenientes da construção civil, uma vez que os mesmos são descartados em locais impróprios, gerando um grande impacto ambiental, esse segmento tem crescido substancialmente, sendo assim, o responsável pelo maior consumo de recursos naturais, os fatores que mais corroboram para os impactos ambientais, estão diretamente ligados ao descarte e o método utilizados na fabricação do concreto. Dessa maneira a presente pesquisa versa sobre a importância gerada pelo aproveitamento de resíduos na construção civil. Observou-se que há indicações e recomendações para o processo de reciclagem para a transformação dos resíduos, contudo, a maior parcela é destinada a aterros. Conseqüentemente, fica evidente a preocupação para com a necessidade de alternativas sustentáveis, pois, segundo o presente trabalho, a construção civil é responsável por quase metade dos resíduos sólidos produzidos no mundo. O concreto reciclado é um material proveniente de reciclagem do próprio concreto ou de outros resíduos da construção que vem se mostrando cada vez mais viável. O método utilizado foi o bibliográfico, com pesquisa a teses, artigos científicos. Porém, deve-se levar em consideração que no atual estágio da reciclagem no Brasil existem lacunas e incertezas nesta aplicação, que estão relacionadas à qualidade dos materiais reciclados e à falta de entendimento do ambiente técnico do concreto fabricado com este material. No entanto, isso é bastante natural porque esta é uma nova aplicação no país. Espera-se que as informações fornecidas por este trabalho possam subsidiar mais pesquisas e estudos relacionados ao processo de reciclagem e como melhorar o agregado ao ponto de ampliar sua aplicação. O concreto reciclado é uma nova realidade possível, que falta ser abraçada pela indústria da construção civil.

Palavras chave: Concreto. Agregado. Resíduo. Sustentabilidade.

ABSTRACT

There is great concern about solid waste from construction, since it is discarded in inappropriate places, generating a major environmental impact, this segment has grown substantially, thus being responsible for the largest consumption of natural resources, the factors that most contribute to environmental impacts are directly linked to disposal and the method used in the manufacture of concrete. Thus, the present research focuses on the importance generated by the use of waste in civil construction. It was observed that there are indications and recommendations for the recycling process for the transformation of waste, however, the largest portion is destined for landfills. Consequently, the concern for the need for sustainable alternatives is evident, since, according to this study, civil construction is responsible for almost half the solid waste produced in the world. Recycled concrete is a material that comes from the recycling of concrete itself or from other construction residues, and it is becoming more and more viable. The method used was bibliographic, with research of theses and scientific articles. However, it must be taken into account that in the current stage of recycling in Brazil there are gaps and uncertainties in this application, which are related to the quality of recycled materials and the lack of understanding of the technical environment of concrete made with this material. However, this is quite natural because this is a new application in the country. It is hoped that the information provided by this work can subsidize further research and studies related to the recycling process and how to improve the aggregate to the point of expanding its application. Recycled concrete is a new possible reality that remains to be embraced by the construction industry.

Keywords: Concrete. Aggregate. Residue. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Disposição final adequada x inadequada de RSU no Brasil (T/Ano).....	16
Figura 02: Coleta de RCC pelos municípios do Brasil	16
Figura 03: Exemplo de RCD'S.....	19
Figura 04: Agregados de concreto	27
Figura 05: Agregados de telhas, ferro e vidro.....	27
Figura 06: Triagem incorreta de RDC.....	29
Figura 07: Usina de reciclagem de resíduos sólidos de construção civil na cidade de João Pessoa	31
Figura 08: Triagem de resíduos sólidos.....	32
Figura 09: Processo de cominuição ou britagem.....	33
Figura 10: Processo de separação magnética.....	34
Figura 11: Processo de separação magnética ou gravídica	35
Figura 12: Bloco produzido a partir de 60% de resíduos da construção civil	36
Figura 13: Aplicação de concreto sustentável	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Classificação de Resíduos Sólidos.....	15
Quadro 02. Resíduos de acordo com a sua capacidade de reciclagem	18

LISTA DE SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Urbanos.
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos.
RCC	Resíduos na construção civil.
RCD	Resíduos de Construção e Demolição.
URE	Usina de Reciclagem de Entulho.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
NBR	Norma Técnica Brasileira.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ATT	Áreas de transbordo e triagem.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Breve Histórico do Concreto Reciclado	13
2.1.2 Resíduos Sólidos	14
2.1.3 Classificação dos Resíduos Sólidos	14
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	16
2.2.1 RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL....	18
2.2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD's).....	20
2.3 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	21
2.4 Sustentabilidade da construção civil	24
2.4.1 Impactos da construção civil no meio ambiente.....	25
3. METODOLOGIA.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1 AGREGADOS RECICLADOS DE RDC.....	29
4.2 APROVEITAMENTO E TRATAMENTO DE RDC.....	32
4.3 CONCRETO SUSTENTÁVEL	37
4.3.1 Aplicação do concreto sustentável.....	40
4.4 Vantagens e desvantagens do Concreto Reciclado	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	44

INTRODUÇÃO

A Construção Civil tem grande impacto econômico no país, gerando assim renda e contribuindo para o processo de urbanização do país. Embora os aspectos vivenciados no setor tenham instaurado uma crise sem precedentes, contudo o ramo ainda tem uma rentabilidade econômica significativa no país, proporcionando geração de empregos (SINDUSCON, 2017).

Embora o concreto apresente uma grande capacidade na sua utilidade, encontrado em casas em larga escala, este apresenta um problema, seu alto índice de desperdício, se tornando o um dos materiais mais encontrados na composição dos RCD's (Resíduos de Demolição e Construção) (ABRELPE, 2020).

Segundo a ABRELPE (2020), estima-se que dos resíduos decorrentes de construções civis, metade é proveniente de demolições e a outra metade das construções novas. Leite (2001) fala que há muitas fontes geradoras desses resíduos, dentre elas destaca a qualidade inadequada de bens e serviços, podendo levar à perda de materiais, saindo da obra como entulho, aumentando consideravelmente a quantidade de resíduos gerados.

Quando os resíduos não são geridos de forma correta nas construções ocasionam desperdícios, com isso umas das causas é a produção de resíduos que influenciam diretamente nas etapas da construção civil, bem como ocasionam um processo de planejamento estratégico para minimizar as perdas no setor, uma vez que a escolha de materiais pode estabelecer a segurança da construção, potencializando assim aspectos que vão mitigar os impactos ambientais (COUTO,2103).

Aliando os fatores de desperdício ao material em questão, o concreto com o fator sustentabilidade na construção civil, Buttler (2003) fala que a temática da reciclagem desse material sempre será atual e relevante, além de poder estar se moldando a cada realidade de obra e cidade.

Dados do Panorama dos Resíduos Sólidos construído pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Urbanos – ABRELPE (2015) mostrou que a construção civil é responsável por 79,9 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil.

Não obstante, o reaproveitamento no setor também anda a passos lentos, pouco se reaproveita ou reutiliza no setor. Por isso, é de suma importância o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por partes dessas empresas, pois ela se preocupa justamente com a destinação final do resíduo com alternativas ambientalmente adequadas (ABRELPE, 2020).

O uso dos recursos naturais é outro fator preocupante, nem sempre tais recursos haverão em abundância, ou dependendo do local da obra nem sempre há disponíveis. Segundo Buttler (2003), tais fatores além de impactarem negativamente o meio ambiente podem encarecer o custo da obra, fazendo com que exista uma busca por alternativas que diminuam o desperdício econômico e reduzam a exploração dos recursos naturais, tendo em vista tal agravante é necessário que outras alternativas sejam implantadas no setor da Construção, bem como a reutilização dos resíduos de forma consciente e sustentável, uma vez que o ramo continua em grande expansão no Brasil.

Devido a essa realidade ambiental e econômica presente no setor Frasson (2017) fala que é importante a busca por mecanismos que permitam o progresso sem o obrigatório sacrifício da natureza, bem como a implementação de despesas impraticáveis ou que desequilibrem o viés monetário a longo prazo.

A construção civil precisa ser interpretada como um serviço essencial, que faz parte do cotidiano das sociedades, entretanto, a mesma intensidade aplicada a continuidade deste serviço deve ser aplicada a continuidade da procura por ferramentas que limitem o impacto ambiental por ela causado. O desenvolvimento sustentável das cidades e sociedades como um todo é o caminho para harmonia entre o ser humano e o planeta (ABRELPE, 2020).

Diante de tais fatores o trabalho vem para responder as seguintes questão problema: de que modo a reciclagem de concreto pode promover um desenvolvimento sustentável para a construção civil, sendo menos agressivo ao meio ambiente e como opção economicamente viável?

Diante desse contexto o objetivo da pesquisa foi:

- Avaliar os benefícios do concreto reciclado em relação ao tradicional, bem como a possibilidade de adoção deste material sustentável nas construções civis.

Como objetivos específicos:

- Identificar as características do concreto reciclado e a viabilidade de seu uso

nas construções de residências, edifícios e afins,

- Analisar os pontos negativos do concreto tradicional e as melhorias que o concreto reciclado fornece à construção ao substituí-lo
- Explicar a necessidade da busca por alternativas menos dispendiosas e agressivas ao meio ambiente nas construções civis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo abordaremos sobre os principais assuntos a respeito do tema proposto, são eles: analisar as vantagens e desvantagens dos resíduos sólidos bem como sua viabilidade no setor da Construção Civil, na busca por melhores alternativas que mitiguem os impactos ambientais, acerca do entendimento a respeito do concreto reciclado como alternativa de sustentabilidade para o setor da construção civil.

Dando a importância que lhe é devido, abordaremos então um pouco mais sobre Resíduos de Construção e Demolição (RCD), que atuará como agregado da proposta em questão. Então serão abordados mais sobre a aplicação desses agregados, para, por fim entender um pouco mais sobre as características do concreto reciclado.

2.1 Breve Histórico do Concreto Reciclado

Uma busca para minimizar os impactos na construção civil, intensificou-se nos últimos anos, outras alternativas que visassem uma utilização dos resíduos das obras em especial para que houvesse um reaproveitamento, gerando ou mitigando perdas em relação às obras, e inviabilizando desastres (COUTO 2013).

A utilização de concreto reciclado tornou-se uma maneira de aprimoramento tecnológico, uma vez que a utilização deste, visa o menor desperdício, embora seja uma forma ecologicamente correta, existem cuidados que devem ser preservados na fabricação do mesmo, tendo em vista que há uma mistura na sua composição que pode ocasionar uma menor absorção de água (LOPES,2017).

O uso desse tipo de técnica começou a partir de 2000, esses estudos beneficiaram a aplicação do concreto reciclado, de modo geral esses agregados foram incrementados em argamassas e pré-moldados (REGANATI,2020)

Logo após uma série de pesquisas foi possível identificar que o uso de concreto reciclado é uma alternativa para a construção civil, por serem duráveis em algumas proporções e dosagens, vale ressaltar que uma proporção adequada seria de 60% para um agregado maior e de 15% para o menor, tendo a capacidade medida na variação de 28 dias. Para que o bloco de concreto tenha sua resistência eficiente, existe a necessidade de verificações nas suas dimensões, o tipo de e espessura, sendo avaliado a capacidade de absorção da água, desse modo os requisitos normativos para os blocos de concretos normais, são basicamente os mesmos para os reciclados, em face da obtenção de métodos para resultados satisfatórios (TOZZI, 2016).

2.1.2 Resíduos Sólidos

O Brasil é um grande gerador de resíduo sólido urbano e boa parte desses resíduos são provenientes da construção civil, podendo chegar até 75% dependendo da localidade, e que quando são ignorados pelo poder público, acabam se tornando um problema com as disposições inadequadas desse material (Fernandes & Amorim, 2014).

2.1.3 Classificação dos Resíduos Sólidos

A resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, mediante a legislação 12.305 de 2010, classifica os resíduos sólidos como:

Quadro 1. Classificação de Resíduos Sólidos

• I Classe A-
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos oriundos de atividades domésticas; resíduos provenientes de limpeza em áreas urbanas; resíduos urbanos, resíduos que geram atividades de origem comercial, resíduos provenientes do saneamento básico, pela prestação de serviços públicos,
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos gerados pela atividade industrial; resíduos gerados pela prestação dos serviços de saúde;
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos provenientes da atividade de Construção civil, provenientes de reformas, aterros, escavações, obras, reparos;
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos das atividades da agropecuária; resíduos dos serviços de transporte; resíduos das atividades de extração de minério
II – Classe B
<ul style="list-style-type: none"> • são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
III – Classe C
<ul style="list-style-type: none"> • São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
IV – Classe D
<ul style="list-style-type: none"> • 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.

Fonte: CONNAMA,2010.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente- SISNAMA, temo como finalidade mitigar problemas que ocasionem impactos ambientais, mediante a resíduos gerados pela Construção Civil (LOPES,2017).

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Entretanto, o cenário é outro em nosso país, os chamados lixões ainda são a forma mais usual de destinação dos resíduos sólidos, não sendo esse o preceito recomendando sob a ótica do bom andamento da saúde pública e ambiental. No ano de 2010, o IBGE publicou dados negativos sobre a aplicabilidade das políticas ambientais no país, segundo o órgão as principais alternativas de destinação dos rejeitos são: aterros sanitários 27,6%, lixões 50,5%, aterros controlados 22,5%, incineração 0,61% e tratamento em usinas de compostagem 0,03% (IBGE, 2018).

O resultado negativo que esse tipo de destinação inadequada traz para saúde da população pode ser de forma desastrosa a causa de surgimento de doenças endêmicas e sobretudo a degradação de ecossistemas, contaminação do solo, nascentes, produção de gases nocivos, entre outras consequências (ABRELPE, 2020).

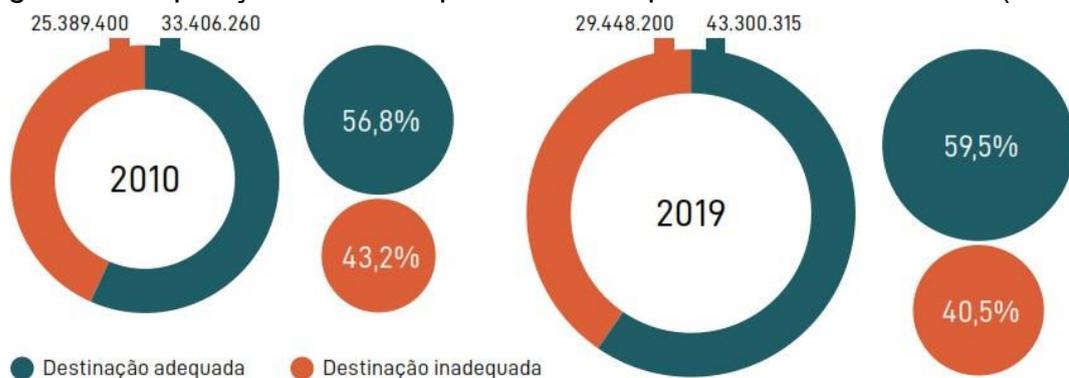
Também preocupados com esse cenário, outras instituições revisaram levantamentos nesse sentido, é o caso da Associação Brasileira de Empresas Públicas e Resíduos Especiais, em seu panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2020. A panorama reviu os dados dos últimos dez anos, onde é possível realizar uma análise histórica do departamento, a partir das suas principais componentes, para possibilitar uma visão evolutiva e abrangente, incluindo no âmbito regional, quanto ao escopo das ações realizadas e à velocidade de desenvolvimento do setor (ABRELPE, 2020).

Segundo ABRELPE (2020), entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para

379 kg/ano. E ainda segundo a pesquisa, mesmo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a quantidade de resíduos que tem destinação inadequada (lixões e aterros controlados) passou de 25 milhões de toneladas por ano para 29 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2020).

Na figura 1 é possível ver que em um período de 9 anos o Brasil avançou pouquíssimo no que diz respeito à disposição final dos resíduos sólidos urbanos, um aumento inferior a 3%. Um dado decepcionante, se analisarmos o período de tempo (

Figura 1 - Disposição Final Adequada X Inadequada De RSU No Brasil (T/Ano).



Fonte: ABRELPE, 2020.

No que se refere à coleta dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) pelos municípios, a pesquisa mostra um aumento quantitativo de 11,5 milhões de toneladas durante o mesmo período, como pode ser visto na figura 2, fazendo com que “a quantidade coletada per capita cresceu de 174,3kg para 213,5kg por habitante, por ano” (ABRELPE, 2020).

Figura 2 - Coleta de RCC pelos municípios do Brasil.

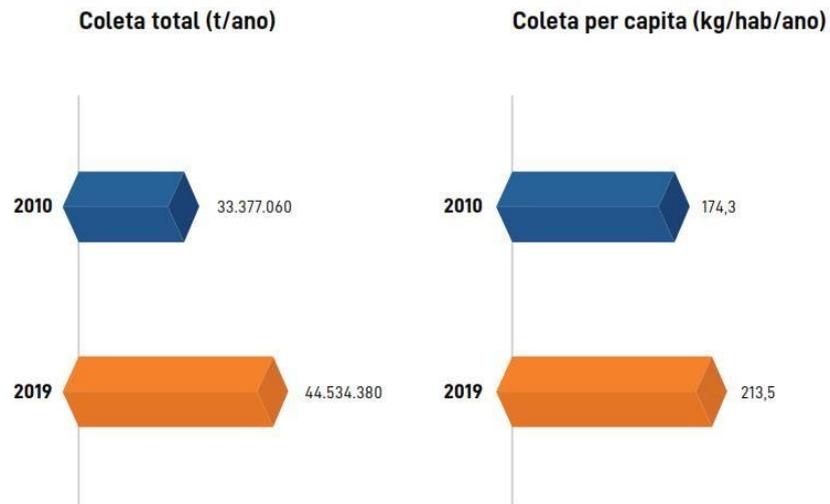


GRÁFICO 14. COLETA DE RCD PELOS MUNICÍPIOS NAS REGIÕES

Coleta total
(t/ano)

Coleta per capita
(kg/hab/ano)

Fonte: ABRELPE, 2020.

Pesquisas ligadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos é essencial, pois além de acompanhar os avanços realizados, é capaz de orientar os ajustes necessários e apontar o caminho para a generalização e o crescimento esperado. Sem monitoramento contínuo do progresso, não pode haver desenvolvimento setorial.

2.2.1 RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A resolução nº 307 do CONAMA de 2002 tem como objetivo nortear critérios para o gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes da construção civil estabelecendo algumas diretrizes. Segundo eles, a definição de Resíduos da construção civil é a seguinte:

A Resolução classifica os resíduos em grupos de A à D, mediante sua capacidade e reuso e reciclagem. São eles:

Quadro 2. Resíduos de acordo com a sua capacidade de reciclagem

<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos Classe A: agregação de uso de recicláveis, proporcionando o reparo nas infraestruturas, tanto nas reformas, quanto na pavimentação.
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos Classe B: “São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso” (BRASIL, 2002);
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos Classe C: “São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação (BRASIL, 2002);
<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos Classe D: São considerados prejudiciais, também considerados nocivos à saúde humana

Fonte: CONNAMA,2002.

Ainda segundo resolução nº 307 do CONAMA de 2002, os geradores de resíduo (da construção civil) devem ter como meta prioritária não gerar resíduos, seguida da redução, reaproveitamento, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e destinação final ambientalmente correta dos resíduos. Ou seja, a partir do momento que você gera qualquer resíduo, deve ser dada uma destinação final para ele.

Para isso, tais empresas deverão elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil contemplando as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (BRASIL, 2002). Como o presente trabalho tem como foco o Concreto Reciclado, focaremos na matéria-prima que será utilizada a partir dessa reciclagem de resíduos que é o Agregado Reciclado, onde é definido pela Resolução como, material para o beneficiamento em aterros que demandam aterros em obras com um certo nível técnico na construção civil.

Fredrik (2014), afirma que forma simplificada que no Brasil “os equipamentos utilizados na reciclagem de resíduos de construção são provenientes do setor de mineração, que são adaptados ou simplesmente utilizados na reciclagem”. Com exceção apenas de um pequeno moinho de rolos usado para preparar argamassa de resíduos de alvenaria para a construção, que devido ao seu pequeno porte, permitem boas práticas de liquidez e reciclagem em diferentes locais da mesma empresa.

Para obtenção de um agregado reciclado a partir de resíduos da construção civil, o procedimento básico a se fazer é britar o resíduo até o agregado chegar a granulometria desejado. Esse processo vai se repetir conforme o necessário para diminuir o resíduo à granulometria desejada e para melhor controle (MORAND,2016).

Ainda segundo Melo (2011), dependendo da oferta de resíduos, da demanda por agregados reciclados e das características exigidas pelo produto, podem ser implantadas máquinas recicladoras de diversas escalas e complexidades (grande parte das fábricas instaladas no Brasil foram simplificadas, incluindo alimentadores, trituradores e transportadores de correia, máquina e eletroímã).

2.2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD's)

São aqueles resíduos provenientes da construção civil, outra nomenclatura para tal, mas com a mesma definição, ou seja, fragmentos de concretos, argamassas, vidros dentre outros que são obtidos no processo tanto de construção como de demolição, onde surge os chamados entulhos (Fernandes & Amorim, 2014).

São a partir deles que os agregados reciclados são formados, fazendo com que sua composição acabe sendo bastante variada (Ângulo & Figueiredo, 2011). A figura 3 exemplifica bem alguns resíduos proveniente de construção e demolição existente em canteiros de obras, ou até mesmo descartados de forma inadequadas.

Figura 3 - Exemplos de RCD's.



Fonte: Ângulo e Figueiredo (2011).

Um dos principais problemas desse tipo de material, por ser um rejeito e sem aplicabilidade, é o descarte incorreto e irregular na maioria dos estados brasileiros. É possível se deparar com esse material em leito de rios, terrenos baldios, e bota-fora clandestinos, fazendo com que esse material acabe se tornando o causador de enchentes, proliferação de doenças e degradação ambiental (Lopes, 2017).

O setor da construção civil, entretanto, pouco se preocupa com o devido descarte ou possibilidade de reciclagem desse material. Sendo o RCD aplicado de maneira restrita (Ângulo & Figueiredo, 2011). Alternativa essa que, mesmo sendo aceitável geotecnicamente, não deve ser única por haver necessidades no setor de expandir a reutilização desse material para promover retorno econômico e ambiental (Lopes, 2017).

Segundo Miranda, Ângulo e Careli (2009) tanto o setor empresarial, seja ele público ou privado, como o científico já avançaram muito no que diz respeito ao desenvolvimento de ações que promovam a reciclagem de RCD.

2.3 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade é algo característico no âmbito de todos os setores, o principal intuito é garantir que os recursos não sejam extirpados das gerações futuras, correlacionado às ações solidárias de preservação ambiental em satisfação com o bem estar da sociedade (NOGUEIRA, 2013).

Torna-se uma característica de uma relação sistêmica, relacionando com a continuidade dos principais aspectos sociais, econômicos culturais e ambientais no âmbito da sociedade humana. Configura-se a ser uma relação estratégia de propor a atividade e a civilização humana, de tal método que a sociedade, os seus devidos membros e as suas relações econômicas possam exercer o preenchimento das suas possíveis necessidades e poder expressar a sua característica potencial no cenário atual, e ao mesmo tempo levar a preservação da relação dos ecossistemas e das biodiversidades naturais, podendo assim planejar e agir de forma a alcançar pró-eficiência na indefinida manutenção desses ideais (ROMEIRO, 2012).

Ser uma organização proveniente de sustentabilidade significa, entretanto, exercitar de forma cotidiana a responsabilidade e a permanente busca por reduzidos riscos e negativas externalidades. E esse sistema de gestão poderá deixar de ser

somente uma busca pela satisfação das lideranças, mas sim levar a inserção da organização em um contexto social com melhor e mais qualidade de vida. Ou seja, uma empresa sustentável necessita ser lucrativa economicamente, ambientalmente eficiente e com relações socialmente responsáveis. Entretanto, essas ações de sustentabilidade estabelecem a atuação como suporte das principais estruturas de sistemas de gerenciamento das organizações, e não somente como as suas ações pontuais (MIRANDA, 2009).

Uma sociedade poderá se configurar também como sustentável quando todas as suas intenções e propósitos podem ser verificados e possivelmente atendidos principalmente fornecendo qualidade e satisfação eficiente para os seus membros. Na relação de caracterização do conceito de desenvolvimento sustentável existirá uma situação dinâmica entre método econômico humano e o sistema ecológico. Para ser uma característica sustentável esse processo deverá assegurar que os indivíduos possam poder continuar crescendo, vivendo e se desenvolvendo relação culturalmente desde que os possíveis efeitos das ações humanas não venham a interferir na destruição da diversidade, as funções do sistema ecológico que proporcionem suporte à vida (NOGUEIRA, 2013).

Lopes (2017) fundamenta sua experiência ressaltando que a sociedade humana é um processo de característica adaptativa incluso em outro determinado método que é o sistema ambiental humano. O provável resultado dessa adaptação constante de um método inserido dentro de outro não poderá ser previsto, logo é uma relação de consequência de uma ação evolucionária. Um método só poderá ser relacionado como sustentável quando houver a percepção de observação do passado em relação da perspectiva relação futura, composta de oportunidades e ameaças.

O autor ainda vem ao encontro do reconhecimento de que apesar desse termo relacionado ao desenvolvimento sustentável ser um termo inovador, o mesmo já se consolida ao ponto de incorporar as econômicas dimensões, social e do meio ambiente das ações humanas. “No contexto do novo mundo tripolar, o real paradigma é o do processo de interligação econômica, sociedade e meio ambiente, praticada e conduzida em conjunto por três determinações de grupos: lideranças, sociedade e governo civil organizado” (SANTANA, 2011).

Com o acompanhamento do passar dos anos surgiram preocupações com o as questões ambientais não só levaram a atingir o governo, mas como também o

atual mercado. Estão surgindo transformações tanto pela parte dos governos quanto das organizações nas diversas estratégias as quais foram adotadas, para que estas possam se alinhar à relação de sustentabilidade ambiental a qual foi mencionada (VOLOCH, 2012).

A sustentabilidade em relação a uma perspectiva de característica social é um dos mais relevantes âmbitos para a real mudança nos panoramas de uma sociedade. O estilo de vida moderno levou não somente o homem, mas como pode também relacionar o próprio ambiente urbano a possíveis deteriorações reais. A desigualdade de uma sociedade, a utilização excessiva dos principais recursos naturais por uma grande parte de uma população, enquanto a outra vem crescendo de forma desmedida e são elementos combatidos extremamente no seu âmbito da sustentabilidade social (MANHÃES, 2015).

É correto que a relação social está ligada intimamente a diversos setores de base como a acessibilidade à relação educacional, desenvolvimento e acompanhamento das técnicas industriais, financeiras e econômicas além de elementos de ordem ambiental e política. Diante desse contexto, um primeiro passo que deve ser estipulado para ao encontro da solução dos possíveis agravantes sociais é principalmente a agregação do sistema de sustentabilidade e responsabilidade social desses setores (SANTOS, 2007)

Quando surge a aplicação do processo de sustentabilidade social pelas organizações, é provável destacar que há um elevado aumento de investimento das grandes patentes do mercado, conseqüentemente aos órgãos mais juntos às relações financeiras. Por propagarem uma eficiente imagem da organização muitas delas têm ultimamente se tem empenhado em investimentos levados a promoção de trabalhos que levam a sustentabilidade, sendo considerados investimentos em projetos de conscientização e de ordem social (SOUSA, 2015).

O papel da relação do desenvolvimento sustentável é de uma forma considerada generalizada, o bem-estar e a qualidade de vida da sociedade atual e relações futuras em proporções iguais. Para que este processo de sustentabilidade de fato possa se consolidar e traga uma possível estratégia de melhoria na qualidade de vida do ser humano é necessário além dessa relação de mobilização social, uma elevada campanha de conscientização e divulgação, sendo estratégia tanto pelas suas macroestruturas (setores básicos e públicos) quanto por

organizações que obtenham como finalidades os devidos projetos e o crescimento da campanha (IMIANOWSKY; WALENDOWSKY,2017).

2.4 Sustentabilidade da construção civil

Romeiro (2012) fundamenta o processo de sustentabilidade no setor da construção civil em três diferentes níveis: construções que são atentas às questões ambientais, edificações sustentáveis e condição de vida sustentável. Estes são os três elementos sem destaque que necessitam ser direcionados para que se diminuam os impactos ambientais e transformações climáticas relacionadas diretamente às atividades de construção.

A primeira relação, construções que são atentas às questões ambientais, é estabelecido do ponto de vista de uma edificação em si: diminuir o impacto da utilização de água, energia e recursos considerados materiais (incluindo os resíduos sólidos). O segundo nível, que estabelece as construções sustentáveis, insere todos os elementos relacionados a edificações e a questões ambientais: fauna, flora e infraestrutura, projeto urbanístico e a qualidade do ar. O terceiro e último nível, condição de vida sustentável, estabelece o estilo do modo de vida durante suas atividades do cotidiano, de uma forma que obtenha um padrão de vida grande e possa significar que ações e políticas econômicas trabalhem juntas para elevar o bem sustentável (NOGUEIRA, 2013).

A relação de sustentabilidade de um canteiro de obras também apresenta diretamente interligada ao seu processo de durabilidade e à sua relação de capacidade de sobrevivência de forma adequada ao longo do tempo, estando referindo-se ao modo com que ela venha a responder às devidas condições de poluição do ar, água, solo e aos devidos impactos na relação com o meio ambiente em geral (SANTANA, 2011).

Essa relação nas edificações é o quesito principal para uma construção sustentável, e está ligada diretamente à qualidade do método construtivo e dos materiais os quais foram empregados (SANTOS ,2015).

Deve-se modificar e repensar os modos produtivos através do gerenciamento da política dos “Resíduos Sólidos: Respeito à relação de si mesmo; Respeito ao próximo; Responsabilidade imposta por suas ações; diminuir o consumo, diminuir o

desperdício, reutilização de materiais, reciclagem e pré-ciclagem, e replanejamento” (ABREU, 2016).

A edificação sustentável deve ser vista, contudo, como uma construção na qual durante e depois de todo o seu relativo processo desde o planejamento, construção, a concepção, demolição e manutenção sejam realizados de modo e ação responsável. Os seus diferentes impactos ambientais, econômicos, com vistas as suas contribuições para o método de aprendizagem e respeitando a relação da cultura, e o ao contexto em que o projeto será desenvolvido e acompanhado (MORAND, 2016).

Além da valorização das questões estéticas da regionalização da construção expressadas pela arquitetura, Ball também trata da capacidade de suporte social, indo além das questões ambientais. Esse suporte social inclui a capacidade da sociedade em mudar o seu estilo de vida, estar preparada, educada para atingir novos padrões, principalmente no que se refere à implantação de normas de certificação ambiental para edificações que exigem práticas ambientalmente corretas muitas vezes acima da capacidade das comunidades locais em atendê-las, gerando frustrações e um repúdio da extensão da aplicação das boas práticas ao invés de disseminá-las (FREDRIK,2014).

A construção sustentável é a aplicação harmônica de todas as dimensões, de modo a buscar o equilíbrio entre as questões econômicas, ambientais, sociais e educativas, sendo que são as questões culturais que inter-relacionam as demais e permeiam a tomada de decisões que colocam em prática de modo responsável, como um imperativo ético, todos os aspectos da sustentabilidade (FRASSON, 2017).

2.4.1 Impactos da construção civil no meio ambiente

A problemática das relações de impacto ambiental gerados pela construção civil pode ser analisada e verificada sobre uma perspectiva de um ciclo de atividades que pode envolver o planejamento e elaboração dos projetos e estender-se pela execução da construção, sua operação, demolição, desativação e disposição final dos resíduos os quais foram gerados, ou seja, esses dejetos são gerados durante todas as configurações do processo construtivo, desde a ação da terraplanagem

(que designa a limpeza do terreno) até o seu processo de demolição (CANEPA, 2007).

Os principais impactos originados em uma construção ao meio ambiente e a sociedade relacionados com a geração de RCD (Resíduo da Construção e Demolição), talvez tenha a sua origem da deposição de forma irregular dos resíduos. É um determinante que causa um desequilíbrio da vida nas cidades ao causar a relação do comprometimento da paisagem (considerada poluição visual); obstrução dos sistemas de drenagem; degradação dos mananciais, proliferação de diferentes vetores que são causadores de doenças; assoreamento causado pelos cursos d'água e dificuldade da circulação de pessoas e veículos encontrados vias públicas. Dentre os vetores transmissores de algumas doenças que podem ser disseminadas em uma construção estão os ratos, baratas, escorpiões, animais peçonhentos e outros (ANDRADE, 2001).

As práticas de gestão ambiental que são estratégias para minimizar os impactos ambientais nos canteiros de obras são definidas pelo Gerente da Obra com o auxílio do Engenheiro Ambiental, com base nos requisitos contratuais específicos e as condicionantes do licenciamento ambiental da obra, além disso, algumas construtoras utilizam as recomendações do Gerenciamento Ambiental descritas no The Construction Extensiontothe Guide PMBOK, que subdivide o gerenciamento em questão em três partes, denominadas Planejamento Ambiental, Garantia Ambiental e Controle Ambiental (CUNHA;MICELI, 2013).

O Planejamento Ambiental na construção envolve a relação de identificação dos padrões, leis e normas ambientais que serão aplicáveis ao projeto, objetivando a realização e o crescimento de um possível diagnóstico ambiental dos aspectos ambientais físicos e socioeconômicos da localização de instalação, do ambiente de Influência Direta (AID) e da Área de Influência considerada indireta (AII) da obra, apontando os possíveis impactos e estabelecendo os principais procedimentos, ações e medidas para a definição de como o projeto cumprirá as relações condicionantes ambientais e os principais requisitos aplicáveis (MELO,2011).

A Garantia Ambiental realizará um levantamento dos possíveis resultados do Gerenciamento Ambiental para a geração das informações que são confiáveis e que devem levar a comprovação do atendimento às normas e leis que serão aplicáveis. É de extrema responsabilidade por assegurar que todas essas atividades as quais

foram planejadas para o desenvolvimento do projeto sejam instituídas e implantadas em conformidade com os referentes requisitos ambientais (FERNANDES, 2014).

O Controle Ambiental dentro de uma obra efetua o sistema de monitoramento dos possíveis resultados do projeto para a verificação dos resultados em questão estão em determinada conformidade com os procedimentos, condicionantes e normas que serão aplicáveis, além disso, define as relações de ações para a redução ou eliminação das causas das performances insatisfatórias (MORAND, 2016).

Enquanto o controle e acompanhamento de qualidade vêm a monitorar os resultados do projeto para todas as relações de aspectos, o controle ambiental é um processo considerado específico que deve ser inserido para o atendimento das necessidades das normas e regulamentos. Indica que possibilitar a conscientização em relação aos aspectos de conservação ambiental deve ser uma meta na hora do gerenciamento do projeto (COUTO, 2013).

De forma geral, cada empreendimento da construção civil elabora programas e planos e procedimentos que são específicos para nortear o processo de execução das atividades e possibilitar o cumprimento das principais cláusulas contratuais e das condicionantes ambientais (LOPES, 2017).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada uma pesquisa sistematizada de cunho bibliográfico, analisando-se teses, artigos científicos, e a resolução do Conama que dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos e as diretrizes estabelecidas para o uso de materiais agregados sustentáveis no setor da construção civil.

Os estudos que envolvem o RCD em outros trabalhos foi a base para fundamentar a pesquisa, tendo em vista que os dados obtidos através da revisão literária são o alicerce para a construção de um pensamento crítico sobre determinado assunto, sintetizando assim todo o conteúdo necessário dentro do campo científico. Quando existe a possibilidade desse olhar que investiga, surgem novas perspectivas acerca da temática apresentada, uma vez que nada é iniciado de um marco zero, quando está correlacionado ao campo científico (WANG; GROAT, 2013).

Os dados obtidos acerca do método de aplicação em torno do concreto reciclado, tentam enfatizar uma maneira eficaz de mitigar o problema gerado em torno dos impactos ambientais, já que a alternativa sustentável, gera um gama de vantagens para o setor da construção civil.

Todo trabalho que envolve mecanismos de compensação em prol de outro, deve ter como base fundamental uma revisão bibliográfica, pois a referida área de estudo projeta um novo olhar sobre um comportamento às novas gerações, e a forma como essas soluções podem facilitar um bem estar para a sociedade em prol da sustentabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Moriconi (2016), algumas alternativas e soluções para um aproveitamento sustentável são de suma importância, dentre as mais utilizadas: o uso de recursos naturais de forma consciente, com aproveitamento de reutilizáveis, conseqüentemente, a redução da extração de recursos naturais, principalmente em pedreiras que promovem a emissão de gases como o dióxido de carbono, uma vez que essa redução beneficia e mitiga de certa forma os impactos ambientais. Visto que para a efetivação de um desenvolvimento sustentável com finalidade de soluções que possibilitem o uso de resíduos sólidos provenientes de subprodutos é um método considerável no setor de Construção Civil (LIMA, 2019).

4.1 AGREGADOS RECICLADOS DE RDC

Quando se utiliza um RCD, pode-se assumir que exista a necessidade primária de consumo de matéria-prima entre os principais setores da construção civil. Estes por sua vez, são provenientes da obtenção de resíduos reciclados, nesse aspecto pode-se utilizar o concreto tanto neste tipo específico como em outros que tenham a mesmas condições. Logo, quando se fala de fonte para a produção dos agregados, menciona-se a construção civil (LOPES, 2017).

Segundo Santos (2015) as especificações dos agregados de RCD são fragmentados de materiais como: concreto, argamassa, cerâmica e outros que correspondam essas mesmas especificações, a obtenção é feita através de operações que determinam a viabilidade da composição do agregado que é bem variável, uma vez que o mesmo não é constituído apenas por concreto.

A Figura 04 e 05 observa-se a composição de materiais secundários como a madeira, aço e vidro.

Figura 04: Agregados de concreto.



Figura 05: agregados de telhas, ferro e vidro.



Fonte: Daminieli (2015)

Diante da necessidade do setor da construção civil, o agregado reciclado de RCD é o mais utilizado, sabe-se que o concreto é um dos materiais mais utilizados pelo homem e os seus outros constituintes como; cimento não são renováveis, porém constituem uma vasta disponibilidade na extensão planetária (DAMINELI, 2015).

Em 2018, aproximadamente 70 milhões de toneladas de cimento foram consumidas no setor no Brasil, de acordo com os dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC). Do consumo de cimento citado, cerca de 70% foi destinado para a produção de cimento (LIMA, 2019).

Assumindo as mesmas premissas de Abreu (2016) aproximadamente a produção em toneladas de concreto nos últimos quatro anos foi de 280 milhões; e desse total 210 milhões foram de agregados naturais. Nesse Cenário, no setor de Construção Civil, quase a metade da produção nacional de agregados é consumida, no processo de substituição desses componentes provenientes de rochas britadas por agregado reciclado, com isso cerca de 95 milhões de toneladas de Resíduos da Construção sejam destinados de forma incorreta, podendo assim causar impactos ambientais de grandes proporções.

No processo de reciclagem do RCD, existe uma possibilidade de separação de materiais indesejáveis ao processo de reciclagem como madeira, plástico, aço e outros, já no canteiro de obra ou durante o processo de demolição. Contudo o

processo de separação dos contaminantes; ou seja, materiais considerados perigosos ao meio ambiente (sulfato de cálcio, por exemplo) ou ao homem propriamente dito (cimento amianto, madeira tratada com pesticidas, tintas ou metais pesados, lâmpadas contendo metais pesados), dentre outros. A figura 06 demonstra o processo de triagem de forma incoerente, esse tipo específico pode denegrir e causar impactos ao meio ambiente.



Figura 06- Triagem incorreta de RDC

Fonte: Abreu (2016)

Para Abreu (2016), uma alternativa viável seria a reciclagem do RCD como agregados e a difusão deste no concreto. Em busca de alternativas inteligentes de transformação dos resíduos em materiais que viabilizem uma preservação os agregados naturais. O uso de agregados de RCD, passa por um método de controle, devendo apresentar teor baixo de contaminantes (< 1%), baixa absorção de água (< 7%) e teores controlados de finos.

4.2 APROVEITAMENTO E TRATAMENTO DE RDC

Existem duas formas para o reaproveitamento dos resíduos de construção: reutilização e reciclagem (TOZZI, 2016). Os conceitos para ambas, segundo Mota (2000) são: reutilização, quando o resíduo é reutilizado sem qualquer variação física, alterando ou não, o seu uso original e a reciclagem, quando o resíduo é processado e utilizado como matéria-prima virgem. Deve-se dar prioridade à análise da possibilidade de reutilização dos resíduos, pois, segundo Lima (2011) no processo de reciclagem há a alteração dos componentes e, como qualquer atividade humana, existe a possibilidade de causar impactos no meio ambiente.

Buscando condições que satisfaçam a prática do reaproveitamento, muitos países adotaram políticas específicas como forma de incentivo. Por exemplo, na Dinamarca, viabilizou o aumento da reciclagem dos RCC, possibilitando uma eficácia, que só foi possível pela adoção de impostos de resíduos (CUNHA; MICELI, 2013). Na Suécia foram criadas leis promovendo métodos sustentáveis, bem como o aumento de taxas para a extração de recursos naturais e a proibição do encaminhamento dos RCC a aterros sanitários (TOZZI, 2016).

Para Couto (2014) uma análise de estudos em países como Portugal, apontam a desconstrução de edifícios como um método de recuperação de materiais e componentes no setor da construção, oportunizando a reutilização e reciclagem. Diante do alcance acerca da aceitação a respeito da desconstrução é necessária que ocorra a promoção da regulamentação ambiental e a melhora do conhecimento e sensibilização pelos donos de obra, projetistas e empreiteiros. A desconstrução possibilita, além da reutilização e reciclagem de materiais, a inovação tecnológica e o aparecimento de um novo mercado, o de materiais usados (COUTO, 2016).

Lopes (2017) vislumbra a reutilização de agregados e resíduos de construção na pavimentação urbana de João Pessoa-PB sendo considerada uma das indústrias de padrão no contexto brasileiro. Conforme a Figura 07. Observa-se que o material utilizado é oriundo da usina de reciclagem.

Figura 07- Usina de Reciclagem de Resíduos Sólidos de Construção



Civil na cidade de João Pessoa

Fonte: Nogueira (2013).

Nogueira (2013) afirmam que a usina de beneficiamento segue todos os padrões para esse processo de transformação e seguem as seguintes etapas: Triagem do RCD, Cominação, Separação magnética e separação pneumática ou gravítica.

No processo de triagem do RCD, Romeiro (2012) aponta que a eficiência da triagem depende da facilidade de acesso aos materiais indesejáveis. Essa facilidade é controlada pela forma de armazenamento do material granular, bem como de suas dimensões. Materiais estocados em pilha cônica possuem largura, comprimento e altura consideráveis e equiparáveis. Muitos fragmentos de materiais indesejáveis ficam encobertos ou inacessíveis para catação. Esse processo é importante, pois seleciona os principais agregados que irão contribuir na produção do concreto

sustentável como demonstra o processo na figura 08, no método de triagem de materiais sólidos.

Figura 08- triagem dos resíduos sólidos



Fonte: Santos (2015).

Santos (2015) versa sobre a eficiência e afirma que existe possibilidade considerável desta, quando o material é disposto em uma dimensão preferencial, quando se realiza a catação do material granular sobre um transportador de correia, por exemplo. Além disso, a redução do tamanho das partículas facilita o processo.

Uma etapa de destaque é a cominuição, que de acordo com Morand (2016) também é chamado de britagem e reduz a dimensão máxima do material, formando uma ou mais distribuições de tamanho de partículas. A Figura 09 ilustra como os processos de fratura dos britadores interferem nas distribuições de tamanho de partículas resultantes desses processos.

Figura 09- Processo de Cominuição ou britagem

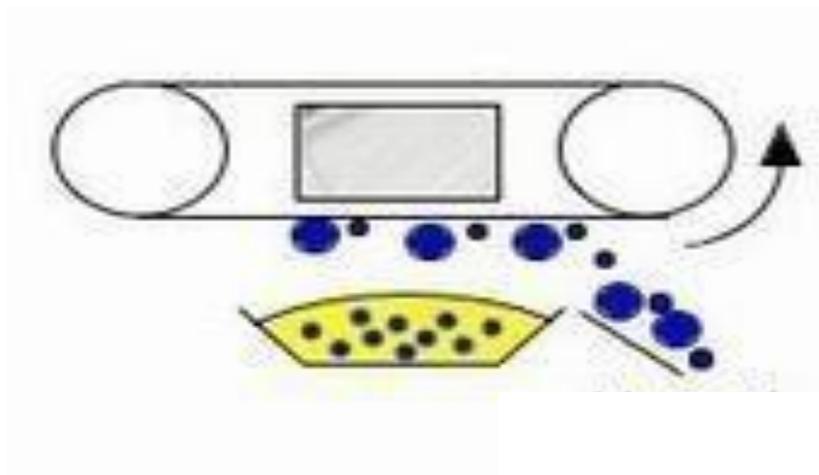


Fonte: Nogueira (2013).

Todo britador possui uma relação de redução que corresponde à relação entre a máxima dimensão do RCD que alimenta o equipamento e a dimensão máxima do agregado obtido no processo (NOGUEIRA, 2013).

Em seguida ocorre a separação magnética, relacionada por Sampaio e Tavares (2015), onde ressaltam que parte dos fragmentos de aço que passam pelos britadores pode sofrer redução junto com os agregados de RCD, sendo muito difícil sua identificação e remoção por catação. Nesse caso, sempre é indicado o uso de eletroímã de correias cruzadas (Figura 09).

Figura 10- Processo de separação magnética

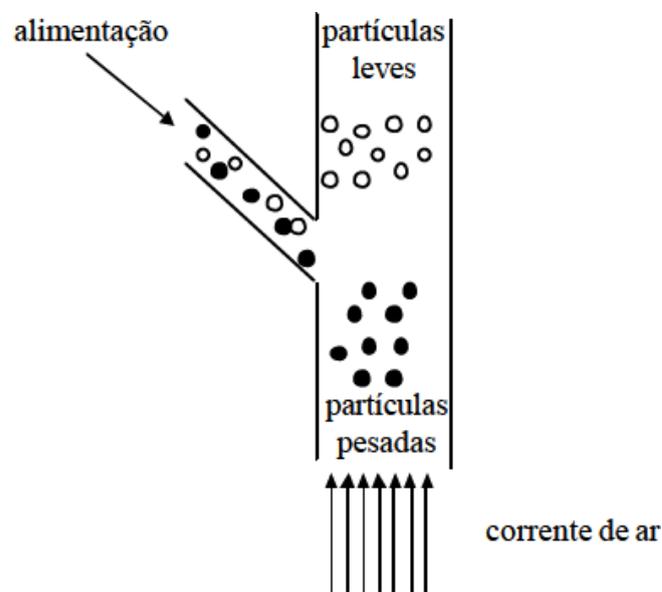


Fonte: Sampaio e Tavares (2015).

Os separadores pneumáticos (Figura 10) são capazes de aprisioná-los em cima dos transportadores de correia e conduzi-los e descarregá-los lateralmente, permitindo uma remoção totalmente eficiente desse material. (FERNANDES; AMORIM,2014).

Em seguida também é destacado por Lopes (2017) a Separação pneumática ou gravítica. Mesmo que grande parte dos materiais indesejáveis possa ser removida por uma catação eficiente (de 80 a 90% do total), alguns equipamentos complementares são utilizados nas usinas de reciclagem, tais como os separadores pneumáticos, scrubber e jigues, a seguir explicados na figura 11.

Figura 11- Processo de Separação pneumática ou gravítica.



Fonte: Lopes (2017).

Os separadores pneumáticos (Figura 11) geram uma corrente de ar ascendente e separam partículas leves de papel, plásticos, e madeiras leves dos agregados de RCD reciclados (LOPES, 2017).

4.3 CONCRETO SUSTENTÁVEL

Os blocos de concreto produzidos com agregados reciclados de resíduos da construção apresentam uma variabilidade quanto aos resultados da resistência à compressão e seus impactos positivos ao meio ambiente. Entretanto, observa-se que a melhor mistura é aquela em que o cimento é misturado com o agregado na

condição saturada, superfície seca, seguido pela introdução e mistura da água de amassamento contendo aditivos incorporadores de ar (FRASSON., 2017).

Para Nogueira (2013) concreto com porcentagens de até 60% de resíduos de construção parecem ser os mais indicados para a utilização na fabricação de blocos de concreto sustentável. Em um estudo realizado com a substituição do agregado natural por agregado reciclado de RCD-R para produção de blocos estruturais de concreto, foram produzidos traços com substituição de 0%, 20%, 50%, 80% e 100% do agregado natural, ensaiados aos 14 e 28 dias de idade. Os blocos apresentaram resistências aceitáveis para a produção de blocos de concretos, tendo valores de resistência de 8,75 MPa, 7,18 MPa, 5,24 MPa, 4,93 MPa e 4,77 MPa. Os blocos foram submetidos aos ensaios para determinação da compressão e da capacidade de absorção de água. Os blocos com 20% e 50% apresentaram os melhores resultados com 94% e 58% do valor apresentado para o concreto de referência. A figura 12 demonstra um bloco de concreto produzido a partir de 60% dos resíduos sólidos da construção civil.

Figura 12- Bloco produzido a partir de 60% de resíduos da construção civil



Fonte: Lopes (2017)

Segundo Romeiro (2012) e Santana (2011), o agregado reciclado originando no concreto sustentável apresenta características intrínsecas que afetam o desempenho dos concretos com ele produzidos. O formato irregular do agregado graúdo britado, a menor massa específica e a maior porosidade influenciam

diretamente nas propriedades dos concretos, tanto no estado fresco, quanto no endurecido (ULSEN,2011).

Algumas pesquisas procuram otimizar as características dos agregados reciclados de concreto a partir da incorporação de finos reativos e não reativos, com o objetivo de envolver a superfície desse material com um cimento ou uma adição que preencha seus vazios e refine seus poros (VOLOCH 2012).

Nesta vertente da melhoria do desempenho do concreto com agregado reciclado, acredita-se que resultados satisfatórios possam ser atingidos relacionando-se, entre outros fatores, a sistematização de sua produção. Ao executar concretos com resíduos de construção, deve-se levar em conta suas peculiaridades, como a porosidade e a baixa resistência ao desgaste, visto que são materiais heterogêneos, que variam a cada lote coletado. Além disso, os concretos com resíduos apresentam peculiaridades em virtude de suas condições de mistura, concreto de origem e outros (LOPES, 2017).

O concreto é uma estrutura composta de três fases em escala microscópica, compreendendo, agregado graúdo, matriz de argamassa com agregado fino e zona de transição (ZT) entre o agregado graúdo e a matriz de argamassa. A ZT tem, tipicamente, 10-50 μm de espessura e influencia significativamente as propriedades do concreto. Conforme indicado na literatura por Santos. (2015); a estrutura do concreto reciclado (CR) é muito mais complicada que a do concreto normal. O CR possui duas ZTs, uma entre o agregado e a nova pasta de cimento (nova ZT) e a outra entre o agregado e a argamassa antiga anexada (antiga ZT) (TOZZI, 2016).

Uma das possíveis formas de utilização, é o aproveitamento dos resíduos de concreto na confecção de tijolos prensados de solo-cimento. O uso do solo-cimento na construção de habitações populares permite economia razoável, com redução de custos que podem atingir 40% da obra. Contribui para isso o baixo custo do solo, que é o material usado em maior quantidade, além de menores custos com transporte e energia, existindo ainda, a possibilidade de redução de custos com mão de obra, pois o processo não requer grande número profissionais especializados em construção. A ideia de misturar resíduos de construção na fabricação de tijolos de solo-cimento surgiu em função da possibilidade de melhorar suas características mecânicas, uma vez que as características físicas dos resíduos de argamassa e concreto se assemelham às dos pedregulhos (SANTANA, 2011).

Estudos desenvolvidos por Carneiro (2017) comprovam a viabilidade da utilização de agregados reciclados de RCD-R na produção de blocos para alvenaria sem função estrutural. Nos testes realizados, tanto os blocos produzidos com 30% de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado de RCD-R, quanto aqueles com 60% de substituição, apresentaram resistência à compressão simples superior ao estabelecido pela ABNT NBR 6136:2014 (ABNT, 2014).

Aguiar (2016) e Pereira et al. (2016) estudaram a viabilidade da confecção de blocos com uso de agregados miúdos reciclados para uso em alvenaria de vedação, estabelecendo um traço padrão cimento/agregado miúdo de 1:6. Os resultados indicaram que a substituição de 25%, 50%, 75% e 100% da areia natural por agregados miúdos reciclados não afetou significativamente as propriedades mecânicas dos blocos cujos valores de resistência à compressão foram de 3,67 MPa, 2,63 MPa, 2,44 MPa e 2,03 MPa, respectivamente.

De acordo com Buttler (2017) a resistência à compressão do bloco é o principal parâmetro de projeto da parede de alvenaria. Portanto, essa propriedade torna-se a principal variável de controle do processo produtivo do bloco. Além disso, para se garantir um bom desempenho dos blocos, alguns parâmetros devem ser analisados: matéria-prima, fator água/cimento, granulometria dos agregados, traço, tempo de mistura, vibração, prensagem, condições de cura, execução e manuseio do material (AGUIAR; PEREIRA., 2013).

4.3.1 Aplicação do concreto sustentável

Quando se fala de aproveitamento de resíduos, sendo estes urbanos ou oriundos do processo de demolição, todos são passíveis de reutilização dentro da Construção Civil, a tendência que isso ocorra em grandes construções e pequenas é de uma incidência muito peculiar. Há um grau de satisfação em se observar os resultados na aplicação do concreto sustentável, uma vez que o produto tem demonstrado uma qualidade tanto de aplicação e rentabilidade (FREDRIK,2014). A figura 13 vem retratar como funciona a aplicação do concreto sustentável.

Figura 13- Aplicação do concreto sustentável



Fonte: Fredrik (2014).

Dentro dos parâmetros especificadores dos tipos de materiais, existem diferenças do reciclados para os normais, tanto no formato, como na questão de rentabilidade, e devido à falta de resíduos dentro desses padrões dificultaram a aplicação e introdução dos reciclados, o concreto reciclado por ter uma espessura que pode variar, ocasionando assim, um efeito diferenciado nas estruturas que os aplicam, tendo em vista que para selecionar cada espécie e tipo de agregado, deve-se levar em conta todas as propriedades físicas e otimizar o processo por meio de ajustes sobre a classificação dos grãos para gerar a obtenção do melhor resultado na construção civil (FREDRIK,2014).

4.4 Vantagens e desvantagens do Concreto Reciclado

Como qualquer outro material o concreto reciclado possui vantagens e desvantagens, dentre as mais importantes, pode-se observar a sustentabilidade, a resistência do material e a leveza, a acessibilidade e a redução dos custos com a economia gerada na questão das melhores escolhas que mitiguem valores exorbitantes, gasto no consumo de energia (LOPES,2017).

Na sustentabilidade o foco é a redução de produção de resíduos, uma vez que a origem do concreto é proveniente de materiais reciclados, com grande potencial de aproveitamento de diversas formas.

Todos esses mecanismos sustentáveis são essenciais para o processo da Construção Civil, tendo em vista que a adoção de medidas responsáveis dentro das empresas gera um nível de redução de impactos e viabilizam o processo dentro do setor, facilitando e criando uma certa instabilidade na cultura verde (ABREU,2016).

Quando se fala em acessibilidade, deve-se observar a facilidade em torno do material, uma vez que, o concreto reciclado pode ser produzido no local de execução da obra o que facilita o seu livre acesso.

Por ser um material forte e possuir uma leveza em relação ao concreto virgem, este é o principal fator de substituição do virgem pelo reciclado. Isso influencia significativamente na redução de custos e minimizam os impactos ambientais

Vale ressaltar que o custo-benefício é uma benesse quando se fala em construção civil, todavia existe um paradoxo entre preço e qualidade dos materiais. Por isso é de suma importância mensurar todas as vantagens que são o elo entre ambos. Um outro fator muito interessante, sem dúvida é a qualificação profissional de quem vai empregar esse tipo específico de concreto reciclado (SANTOS,2015).

O ganho econômico é fator que sem dúvida provém do método de reciclagem, visto que se existe uma forma de dispor de resíduos na própria construção, isso gera economia, mesmo porque a redução de transporte de resíduos pode diminuir gastos, aumentando assim a produtividade. A aplicação de materiais reciclados reduz os impactos ambientais e favoravelmente reduz os custos em torno da obra (LOPES,2017).

Diante de tantas vantagens, existe uma desvantagem em relação ao concreto reciclado, logo que o consumo de energia pode sem dúvida onerar o custo da obra, uma vez que para que ocorra a trituração dos materiais, usa-se equipamentos, contudo pode-se compensar pela redução no transporte de resíduos, já que os mesmos estão disponíveis na própria obra, sendo assim de fácil acesso e podem gerar de 35% a 40% de resíduos para estabelecer um concreto convencional (NOGUEIRA,2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da pesquisa conclui-se que o concreto reciclado é uma alternativa viável e possível de reaproveitamento de resíduos da construção civil. Devido aos impactos da geração de resíduos no setor da construção civil, é plausível afirmar que qualquer alternativa que inclua preservação, sustentabilidade e viabilidade é possível ser inserida no setor, uma vez que o quantitativo de resíduos pode abastecer uma construção.

A preocupação do trabalho foi avaliar como o concreto reciclado, pode promover uma sustentabilidade no setor da Construção Civil, de forma que ocasione menores impactos para o meio ambiente, com mecanismos economicamente viáveis. Foi visto que há indicações e recomendações para o processo de reciclagem do concreto tradicional para a transformação do concreto reciclado, contudo, a maior parcela é destinada a aterros. Conseqüentemente, fica evidente a preocupação para com a necessidade de se ter alternativas sustentáveis, pois, a construção civil é responsável por quase metade dos resíduos sólidos produzidos no mundo.

O concreto reciclado é um material proveniente de reciclagem do próprio concreto ou de outros resíduos da construção que vem se mostrando cada vez mais viável. Sua importância foi destacada, todavia, a sua aplicação teria que ser realizada de forma cuidadosa, visto que o concreto reciclado ainda não pode ser usado nas peças estruturais (sustentação) e os agregados que fazem parte da sua composição devem estar devidamente tratados e com o devido controle de qualidade.

Porém, deve-se levar em consideração que no atual estágio da reciclagem no Brasil existem lacunas e incertezas nesta aplicação, que estão relacionadas à qualidade dos materiais reciclados e à falta de entendimento do ambiente técnico do concreto fabricado com este material. No entanto, isso é bastante natural porque esta é uma nova aplicação no país.

Espera-se que as informações fornecidas por este trabalho possam subsidiar mais pesquisas e estudos relacionados ao processo de reciclagem e como melhorar o agregado ao ponto de ampliar sua aplicação. O concreto reciclado é uma nova realidade possível, que falta ser abraçada pela indústria da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABNT. (2014). **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação.**

ABRELPE. (2020). **Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2020.** Acesso em 15 de 04 de 2021, disponível em <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>.

ABREU M.B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

AGUIAR, V. S., & PEREIRA, P. J. (jan-dez de 2016). **Avaliação da atividade de mineração de areia em Imperatriz –MA. Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 10(1), pp. p. 16-22. Acesso em 15 de 04 de 2021, disponível em <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/3985/3777>

ÂNGULO, S. C., TEIXEIRA, C. E., CASTRO, A. L., & NOGUEIRA, T. P. (2011). **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação.** Revista Eng Sanit Ambient, 16(3), 299-306. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em <https://www.scielo.br/j/esa/a/txmPSM6GMyNLpShXRgrzc5J/?format=pdf&lang=pt>

ÂNGULO, S., & FIGUEIREDO, Â. (2011). **CONCRETO COM AGREGADOS RECICLADOS. Em CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA** (1ª ed.). São Paulo: Ibracon.

BRASIL. (2002). **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em Resolução CONAMA nº307, de 05 de julho de 2002. Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>

BUTTLER, A. M. (2003). **CONCRETO COM AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS DE CONCRETO - INFLUENCIA DA IDADE DE RECICLAGEM E PROPRIEDADE DO AGREGADOS E CONCRETOS RECICLADOS**. *Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (Dissertação de Mestrado)*. Acesso em 18 de 05 de 2021, disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>

CANEPA, C. (2007). **Cidades Sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: Editora RCS.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307 de 05/07/2002**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>. Acesso em 15 de abril de 2022.

CONAMA. LEI Nº 12.305 DE 02 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12305&ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f1>. Acesso em: 14 de abril de 2021

COUTO, J.a.s.et al (2013). **O concreto como material de construção**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, 1(3).

CUNHA, G. N., & MICELI, V. M. (2013). **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL A PARTIR DE SISTEMAS DINÂMICOS**. Acesso em 15 de maio de 2021, disponível em <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9121/1/monopoli10005513.pdf>

DAMINELI, A.E.B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. Esc. Eng.S. Carlos,USp, Tese Dr.Carlos,.2015

FERNANDES, Â. B., & AMORIM, J. R. (Março de 2014). **Concreto Sustentável Aplicado na Construção Civil**. *Caderno de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas Unit*, 2(1), 79-104.

FRASSON, S. A. (2017). **USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO COMO AGENTES NA VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**. *XIX ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão*

Empresarial e Meio Ambiente. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em <http://engemasp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/242.pdf>

FREDRIK, A M. **Entulho de Construção vai ter coleta seletiva: resolução do Conselho de Meio Ambiente enquadra os geradores de lixo**. A tarde. Salvador, segunda-feira, 06 de out,2014.

GROAT, Linda N, WANG David. **Architectural Research Methods**.2013.

IBGE. (2010). **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em Rio de Janeiro: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>

IMIANOWSKY, G. W., & WALENDOWSKY, M. A. (fev. de 2017). **OS PRINCIPAIS AÇOS CARBONO UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. *Conselho regional de engenharia e arquitetura de Santa Catarina*, pp. p. 2-21. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em <http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/a%C3%A7os%20carbono%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>

LEITE, M. B. (2001). **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Tese de Doutorado), p. p. 290. Acesso em 20 de 05 de 2021, disponível em <http://hdl.handle.net/10183/21839>

LIMA, V.M. **Novas tecnologias para a construção habitacional**.In: **Simpósio engenharia de produção**,2, 1995, Bauru. Anais... Bauru,p 108-113,2019.

LOPES, I. d. (2017). **ESTUDO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E SUAS APLICAÇÕES NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO**. UNIEVANGÉLICA (Dissertação), Anápolis.

MELO, M. A. (2011). **O desenvolvimento industrial e o impacto no meio ambiente**. Revista Jurys Way. Acesso em 15 de 05 de 2021, disponível em https://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=6837

MIRANDA, L. F., Ângulo, S. C., & Careli, É. D. (2009). **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. *Ambiente Construído*, 9(1), 57-71.

- MORAND, F. G. (2016). **ESTUDO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE RESÍDUOS DE OBRA COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. *Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Monografia)*, p. p. 104. Acesso em 20 de 05 de 2021, disponível em <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017420.pdf>
- NOGUEIRA, L. d. (2013). **Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável**. UniCEUB (Trabalho de Conclusão de Curso), Brasília.
- NOGUEIRA, L. G. (2013). **Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável**. FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - FATECS (Trabalho de Conclusão de Curso - TCC), p. p. 118. Acesso em 20 de 05 de 2021, disponível em <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6363/1/20916233.pdf>
- REGANATI, B. (2020). **A história do Concreto**. Acesso em 15 de 09 de 2021, disponível em Concreto Usinado: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>
- ROMEIRO, A. R. (2012). **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. Acesso em 20 de 05 de 2021, disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>
- SANTANA, V. M..D. et..al .**UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RECICLADO NA APLICAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS**. *XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba*. Acesso em 20 de 05 de 2021, disponível em http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/0246_0254_01.pdf
- SANTOS, A.M. **Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de concreto- influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. São Carlos,2015. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- SINDUSCON. **Construção civil encerra 2017 com menos 125 mil vagas**. 2017. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-construcao-civil-encerra-2017-com-menos-125-mil-vagas/> Acesso em 15 de maio de 2021.
- TOZZI, s. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. Rio de Janeiro, Abes,2016.
- ULSEN, C. (2011). **CARACTERIZAÇÃO E SEPARABILIDADE DE AGREGADOS MIÚDOS PRODUZIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**. *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Tese de*

Doutorado), p. p. 239. Acesso em 16 de 05 de 2021, disponível em https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-12122011-132841/publico/Tese_Carina_Ulsen.pdf

VOLOCH, L. (2012). **CARBONIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA: VIABILIDADE DE APLICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE LONDRINA – PR.** *Departamento de Geociência da Universidade Estadual de Londrina (TCC)*. Acesso em 21 de 05 de 2021, disponível em http://www.geo.uel.br/tcc/135_carbonizacaoderesiduossolidosurbanoscomoalternativadetratamentodegeracaodeenergiaviabilidadeaplicacaonomunicipiodelondrinapr_2012.pdf