

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JEAN DIAS DA SILVA

MAYCON FERREIRA ALVES

**CONCRETO RECICLADO: ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO
DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO
AGREGADO**

ANÁPOLIS / GO

2021

JEAN DIAS DA SILVA
MAYCON FERREIRA ALVES

**CONCRETO RECICLADO: ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO
DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO
AGREGADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: Me. EDUARDO DOURADO ARGOLO

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

DA SILVA, Jean Dias/ ALVES, Maycon Ferreira

Concreto Reciclado: Estudo sobre a utilização de resíduos de construção e demolição como agregado.

47P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto
3. Agregados

I. ENC/UNI

2. RCD
4. Resistência
II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DA SILVA, Jean Dias; ALVES, Maycon Ferreira. Concreto Reciclado: Estudo sobre a utilização de resíduos de construção e demolição como agregado. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 47p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jean Dias da Silva

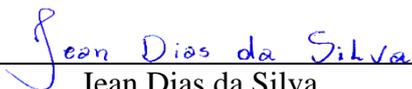
Maycon Ferreira Alves

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Concreto Reciclado: Estudo sobre a utilização de resíduos de construção e demolição como agregado.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


Jean Dias da Silva

E-mail: jeansdds@hotmail.com


Maycon Ferreira Alves

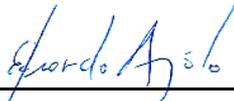
E-mail: mayconferreira@hotmail.com

JEAN DIAS DA SILVA
MAYCON FERREIRA ALVES

**CONCRETO RECICLADO: ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO
DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO
AGREGADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)



WELINTON ROSA DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)



AURELIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 24 de MAIO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e fielmente a Deus por ter me proporcionado saúde a sabedoria e me mantido sempre disposto a dar seguimento nessa importante jornada. Agradeço também abaixo todos as pessoas que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho. Ao meu orientador e excelente profissional professor e mestre Eduardo Dourado Argolo pelo incentivo e apoio no desenvolvimento deste trabalho. A coordenadora do curso de engenharia civil do centro universitário de Anápolis UniEVANGELICA, professora e Doutora Ana Lucia Carrijo Adorno, pelo excelente trabalho de apoio e colaboração. Ao meu amigo e colega de curso e dupla no desenvolvimento desse trabalho, Maycon Ferreira Alves por ter sempre mantido a disposição e colaboração em cada uma das etapas do trabalho. Á toda coordenação e direção do curso de engenharia civil do centro universitário de Anápolis UniEVANGÉLICA. A todos companheiros e amigos do curso de engenharia civil pelo apoio e incentivo. Não podia deixar de citar a minha imensa gratificação a meus queridos pais, Antônio Lopes e Rosilene Santos, pelos cuidados e apoio, e por ter apostado sempre sua fiel confiança e incentivo e me mostrando sempre o caminho certo.

Jean Dias da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar durante essa longa caminhada, por me conceder saúde, paciência e muita força nas batalhas cotidianas. Aos meus pais Odair Alves e Andréia Alves e meu irmão Eduardo Alves que sempre estiveram comigo em todos os momentos da minha vida, me apoiando e por terem feito de tudo para o meu bem. Ao professor e orientador Eduardo Argôlo por ter dado todo o suporte necessário. Ao meu amigo e colega Jean Dias, que esteve comigo desde o começo dessa jornada acadêmica.

Maycon Ferreira Alves

“A grandeza vem não quando as coisas sempre vão bem para você, mas a grandeza vem quando você é realmente testado, quando você sofre alguns golpes, algumas decepções, quando a tristeza chega. Porque apenas se você esteve nos mais profundos vales você poderá um dia saber o quão magnífico é se estar no topo da mais alta montanha.”

(Richard Milhous Nixon)

RESUMO

O fato da expansão da construção civil nos grandes centros urbanos tem acarretado diversos problemas, tanto social quanto ambiental, devido o descarte de forma errônea dos resíduos de construções e demolições. Quando o RCD não é aproveitado, são depositados em lugares inapropriados para os resíduos, como os lixões, aterros sanitários, em calçadas e principalmente em terrenos baldios, causando superlotações e danos à saúde e ao meio ambiente. O presente estudo mostra uma análise por meio de ensaios de massa específica, massa unitária, absorção, abatimento e resistência à compressão, que o entulho ao ser submetido a um procedimento de reciclagem, o mesmo é classificado de acordo com suas categorias granulométricas, e pode ser perfeitamente reaproveitado e incluído novamente principalmente na produção de concretos não estruturais. Obtendo resultados satisfatórios quanto sua resistência à compressão final e também ao preço de comércio, mesmo com o acréscimo na quantidade de água utilizado para a confecção de concreto, devido a relação água/cimento ser maior, já que os agregados de RCD tende a ser mais econômicos para o consumidor final, de modo que essa economia pode ser cerca de 45% mais barato.

PALAVRAS-CHAVE:

RCD. Resíduos de construção e demolição. Resistência. Concreto reciclado. Construção civil. Ensaios. Reciclagem.

ABSTRACT

The fact that the expansion of civil construction in large urban centers has caused several problems, both social and environmental, due to the erroneous disposal of construction and demolition waste. When the RCD is not used, it is deposited in inappropriate places for waste, such as garbage dumps, landfills, on sidewalks and mainly in vacant lots, causing overcrowding and damage to health and the environment. The present study shows an analysis through tests of specific mass, unit mass, absorption, abatement and compressive strength, that the rubble when being submitted to a recycling procedure, it is classified according to its granulometric categories, and can be perfectly reused and included again mainly in the production of non-structural concrete. Obtaining satisfactory results in terms of their resistance to final compression and also to the commercial price, even with the increase in the amount of water used for making concrete, due to the higher water / cement ratio, since the RCD aggregates tend to be more for the end consumer, so that savings can be around 45% cheaper.

KEY WORDS:

RCD. Construction and demolition waste. Resistance. Recycled concrete. Construction industry. Tests. Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descarte de RCD	15
Figura 2 - Resíduos de demolição	18
Figura 3- Areia de rio	21
Figura 4 - Brita comum	22
Figura 5 – Areia reciclada	23
Figura 6 - Pedrisco reciclado	24
Figura 7 - Brita reciclada	24
Figura 8 - Bica corrida.....	25
Figura 9 - Rachão reciclado.....	25
Figura 10 - Esquema do processo de reciclagem	28
Figura 11 - Usina de RCD fixa.....	28
Figura 12 - Usina de RCD móvel	29
Figura 13 - Demolição e trituração no local	29
Figura 14 - Demolição por explosões.....	30
Figura 15 - Trituração e separação.	30
Figura 16 - Balança.....	31
Figura 17 - Peneiramento mecânico	32
Figura 18 - Betoneira.....	32
Figura 19 - Agregados	33
Figura 20 - Moldagem dos corpos de prova.....	35
Figura 21 - Corpos de prova na câmara úmida.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas.....	20
------------------------	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Diferença nos valores dos agregados	27
Tabela 2 - Massa específica e unitária dos agregados – valores médios.....	37
Tabela 3 - Absorção média dos agregados reciclados.....	37
Tabela 4 - Características dos agregados graúdos.....	37
Tabela 5 - Teor de substituição da brita pelo agregado reciclado.....	38
Tabela 6 - Média das Resistências à Compressão em MPa.....	38
Tabela 7 - Resultados do Slump Test	39
Tabela 8 - Ensaio do concreto referência	40
Tabela 9 - Ensaio do concreto com RCD	40

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CP	Cimento Portland.
M	Metros.
MM	Milímetros.
NBR	Norma Brasileira.
NM	Norma Mercosul.
RCD	Resíduos de Construção e Demolição.
SINGEP	Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 ASPECTO HISTÓRICO.....	18
2.2 DEFINIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RCD	19
2.4 NORMAS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	20
2.5 AGREGADOS	21
2.5.1 Agregados Reciclados.....	22
2.5.2 Areia reciclada.....	23
2.5.3 Pedrisco reciclado.....	23
2.5.4 Brita reciclada.....	24
2.5.5 Bica corrida.....	24
2.5.6 Rachão reciclado.....	25
2.5.7 Adição de agregados na forma de resíduos e sua viabilidade.	26
3 A IMPORTÂNCIA DE RECICLAR	26
3.1 COMO OCORRE O PROCESSO DA RECICLAGEM (ÉTAPAS DO TRATAMENTO E PRODUTO FINAL).....	27
3.2 ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE RECILCAGEM	28
3.3 DEMOLIÇÃO.....	29
3.4 TRANPORTE E PRODUTO FINAL	30
4 ESTUDO DE CASO	31
4.1 MATERIAIS	31
4.2 CIMENTO	32
4.3 ÁGUA.....	33
4.4 AGREGADOS	33
4.5 CORPOS DE PROVA	34

4.6	CURA.....	35
4.7	MASSA ESPECÍFICA, MASSA UNITÁRIA E ABSORÇÃO	36
4.8	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
5.1	MASSA ESPECÍFICA, MASSA UNITÁRIA E ABSORÇÃO	36
5.2	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	38
6	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A sociedade ao longo dos anos vem se questionando cada vez mais sobre os problemas ambientais. Em vários ramos de trabalhos, já se vê algumas mudanças em suas formas de produção, pretendendo diminuir os impasses causados devido aos seus serviços prestados. Porém, quando se aborda sobre impactos no ambiente, pouco se lembra da construção civil.

A construção civil ao redor do mundo é considerada como uma das principais atividades para o desenvolvimento tanto social quanto econômico para uma região. Contudo, causa grandes problemas no âmbito ambiental, devido ao aproveitamento de matéria prima sem recomposição e com geração de resíduos (PINTO, 2005).

Segundo Oikonomou (2005), essa área gasta uma grande quantidade de recursos naturais, como 40% do total de energia e gera um total de 50% de resíduos produzidos no mundo. Muitos desses resíduos gerados vêm da falta de qualidade dos produtos e da mão de obra mal realizada, no qual saem da construção como entulho (LEITE, 2001).

Para Pinto (1999), a quantidade de resíduos devido as construções nas cidades são equivalentes ou superiores a quantidade de resíduos domiciliar, como por exemplo na cidade de Salvador na Bahia, que a massa gerada de resíduos varia entre 41% a 70% da quantidade total de resíduos sólidos urbanos.

O descarte de forma errônea em locais inapropriados dos resíduos de construção e demolição (RCD) como na Figura 1, podem causar um esgotamento das áreas de aterro, degradação das áreas urbanizadas, assoreamento de rios, como também o entupimento de bueiros e galerias, e em certas ocasiões há uma mistura de materiais orgânicos descartados juntamente com os resíduos das obras, com isso, tendo um crescimento de animais e insetos peçonhentos podendo gerar problemas na saúde da população (PINTO, 1999).

O gerenciamento dos entulhos no Brasil está na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 307 do ano de 2002, fazendo com que os municípios definam uma política municipal para os resíduos de construção e demolição, realizando a reciclagem da parte de origem mineral, porque representa 90% da massa do material (ANGULO, 2005).

De acordo com Angulo (2005), no Brasil e em outros países, a reciclagem do RCD cria agregados utilizados para pavimentação e materiais para enchimentos nos aterros. Porém, os resíduos de construção e demolição podem ser utilizados como agregados. Sousa (2001) realizou um estudo no qual foi possível perceber a capacidade de usar agregados produzidos a

partir dos resíduos da construção como mostra a (Figura 1), para a produção de blocos de concreto.

Figura 1 - Descarte de RCD



Fonte: TEM SUSTENTÁVEL, 2020

A reciclagem desses resíduos é uma das melhores formas de amenizar o impacto ambiental. Com isso, John (1996) diz que a área da construção civil é umas das melhores alternativas para utilizar os materiais reciclados, pois em qualquer lugar se encontra construções, desta forma diminuindo os custos de transportes e agregados para a fabricação dos concretos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho por meio de um estudo de caso busca por melhorias associadas a construção civil, procurando aplicações de métodos sustentáveis quanto ao uso de Resíduos de Construção e Demolição como agregados para a composição de concretos. Mostrando referenciais teóricos e práticos no qual comprovam a eficácia quanto ao uso do RCD, diminuindo os excessos de entulho nos aterros, evitando um grandioso desperdício de materiais, que uma vez descartados de forma incorreta acabam por contaminar os solos por agregarem alta concentração de produtos químicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo de caso, apresentando as características mecânicas (trabalhabilidade, resistência à compressão, massa específica, massa unitária e absorção) de um concreto reciclado possuindo RCD como agregado, tendo em vista a sua utilização como não estrutural em uma obra. Demonstrando quais uso recorrentes deste concreto e sugestão de utilização.

1.2.2 Objetivos específicos

- Pelo estudo de caso, mostrar que o entulho pode ser reaproveitado como agregados na construção civil.
- Apresentar os problemas causados pelos descartes incorretos dos resíduos de construção e demolição.
- Por meio de rompimentos de corpos de prova, comparar os resultados das propriedades mecânicas do concreto convencional com o concreto reciclado, e mostrar que pode ser utilizado como um concreto não estrutural.

1.3 METODOLOGIA

Os levantamentos teóricos deste trabalho se fundamentam em pesquisas, nas quais abordam o assunto a ser desenvolvido, neste contexto foi utilizado como referenciais informativos, sites de pesquisas, artigos científicos, livros e normas que abordam o referido assunto.

Os estudos aplicados a este trabalho serão divididos em etapas, sendo a primeira consiste em pesquisas, sob as quais serão levantados dados técnicos que fundamentarão o desenvolvimento teórico quanto ao uso do RCD na composição de concretos.

Na segunda etapa será realizado o estudo de caso dos ensaios desenvolvidos por autores, cujo objetivo são levantamentos práticos para analisar as características físicas do concreto com RCD segundo as exigências que regem a Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Por fim seguindo os dados dos levantamentos teóricos de pesquisas e o estudo de caso, serão retiradas as conclusões, segundo cada uma das etapas desenvolvidas nesse trabalho.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo abordará a introdução do trabalho, juntamente com a justificativa, os objetivos e a metodologia.

No segundo capítulo mostrará o início do desenvolvimento do trabalho, onde falará sobre o referencial teórico, como os aspectos históricos, definição dos resíduos de construção e demolição, classificação dos RCD e suas normas técnicas, agregados e sua viabilidade.

O terceiro capítulo apresentará a importância da reciclagem e como é feito o processo de britagem e separação dos resíduos de construção e demolição, juntamente com suas eficiências e ineficiências tanto na área ambiental como nas áreas construtivas.

O quarto capítulo tratará do estudo de caso, no qual será realizado os procedimentos de comparação do concreto convencional para o concreto reciclado.

O quinto capítulo apresentará os resultados e discussões sobre o estudo de caso realizado no capítulo quatro.

O sexto capítulo será abordado a conclusão sobre o estudo realizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTO HISTÓRICO

A construção civil é uma das áreas mais antigas que se tem conhecimento, e desde o passado sempre gerou uma grande quantidade de entulho. Segundo Levy (1995), desde a época das cidades do Império Romano datam os primeiros registos da reutilização de resíduos na construção de novas obras. Mas só depois de 1928 que começaram a desenvolver pesquisas visando o alto consumo de materiais de construção.

As primeiras utilizações de RCD significativa, só foi detalhada após a segunda guerra mundial, devido as grandes destruições nas cidades da Europa, os entulhos das edificações foram britados e produzidos agregados para a reconstrução, então em 1946 que se iniciou de fato o desenvolvimento de agregados por reciclagem de entulho (LEVY, 1995).

2.2 DEFINIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos de construção e demolição (RCD), são todos os rejeitos provenientes de exercícios realizados na área da construção, podendo ser de demolições, de reformas, de novas construções dentre outros. De acordo com Angulo (2000), existem no mínimo duas fontes de criação de resíduos, que são pela construção e a demolição, sendo que em vários países, os rejeitos da construção representam 19 a 52% (m/m) do RCD, em contrapartida os materiais da demolição representam 50 a 81% (m/m) do RCD (Figura 2).

Figura 2 - Resíduos de demolição



Fonte: RECICLI, 2020

Podem ser considerados como um RCD, por exemplo, materiais como blocos, madeiras, metais, concretos, argamassas, materiais betuminosos, tijolos, telhas, gesso e muitos outros, sendo eles todos oriundos de construções e demolições.

As quantidades de materiais minerais localizados no RCD têm uma variação significativa dependendo dos canteiros de obras e dos países (PINTO, 1986), assim como os não-minerais, devido aos costumes de cada região, por exemplo como no Brasil, que é bastante utilizado o bloco cerâmico.

A gestão desses resíduos gerados pela construção civil no Brasil, possui seus critérios e procedimentos principais prescrito na Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Pois tem como objetivo evitar a geração de resíduos de forma descontrolada, assim, fazendo o descarte corretamente, reciclando e reutilizando.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RCD

Os resíduos de construção e demolição possui suas classificações, no Brasil de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (CONAMA, 2002), alterada pela Resolução nº 431 do CONAMA (BRASIL, 2011), classifica os RCD em quatro classes diferentes, sendo eles:

- Classe A: No qual são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como:
 - a) Sendo de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e entre outras obras de infraestrutura.
 - b) Componentes cerâmicos como (tijolos, telhas, blocos, placas de revestimentos e entre outros), argamassas e concretos.
 - c) E fabricação ou demolição de peças pré-moldadas em concreto como blocos, tubos e entre outros, produzidos no canteiro da construção.
- Classe B: No qual são resíduos recicláveis para outras destinações, como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, gesso e madeiras.

- Classe C: No qual são resíduos que não possuem tecnologia de reciclagem ainda ou pelo alto custo de se desenvolver, por exemplo o gesso.
- Classe D: No qual são resíduos considerados perigosos, como as tintas, solventes, óleos e entre outros.

2.4 NORMAS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

No Brasil além do CONAMA, há normas de implantação e operação de áreas de manuseio dos resíduos feitos pela NBR (Norma Técnica Brasileira), sendo elas no Quadro 1:

Quadro 1 - Normas

NORMAS	ANO
NBR 15112	2004
NBR 15113	2004
NBR 15114	2004
NBR 15115	2004
NBR 15116	2004

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

Os títulos das normas técnicas são:

- A NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- A NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- A NBR 15114 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- A NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.

- A NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

2.5 AGREGADOS

Os agregados para a composição de argamassas e concretos das construções civil são classificados de acordo com as NBR. A NBR 7211 (ABNT, 2005) classifica os agregados como materiais composto por grãos de minerais duro, compactos limpos livres de materiais orgânicos, que possa comprometer as características físicas e químicas do concreto, ainda abordando os agregados a NBR 7211 (ABNT, 2005) classifica os agregados de acordo com seu tamanho, como agregados miúdos e graúdos, sendo executado ensaios conforme a regulamentação da ABNT NM 248 (NBR NM, 2003).

Agregados miúdo: São agregados com granulometria cujo grãos passam na malha da peneira de 75 mm e ficam retidos na peneira de abertura com 150 μm (Figura 3).

Agregados graúdos: Estes agregados passam pela peneira de malha com abertura de 75 mm e ficam retidos na malha da peneira de 4,75 mm (Figura 4).

Figura 3- Areia de rio



Fonte: PRA CONSTRUIR, 2020

Figura 4 - Brita comum



Fonte: TECNOSIL, 2020

2.5.1 Agregados Reciclados

Os resíduos das reformas de construção e demolição das obras de construção civil podem ter uma nova origem quanto ao seu destino, de acordo com a NBR 15116 2004, o RCD pode ser reutilizado nas obras de infraestruturas, mas sem fins estruturais, a norma cita que agregado reciclado, são materiais granulares obtidos através do tratamento dos RCD, apresentando características técnicas, na qual possam ser aplicadas em nova obras de infraestrutura. Os resíduos são classificados de acordo com os critérios do CONAMA 307, que os dividem em classe de A até D. Neste trabalho o foco centraliza na classe A, que estão os RCD, resíduos reutilizáveis nas obras de infraestrutura.

Segundo Da Silva (2004), a utilização dos entulhos como agregados em produção de concreto reciclados, se tornam eficiente de modo que o produto apresenta boa evolução quanto a resistência a compressão no período de 3 a 7 dias, a perda por abrasão é bem mais alta se comparada com o concreto convencional e o de uso do RCD. Cerca de 19% maior, mas de acordo com a STM – C33 considera apto ao uso material que possuam índice de abrasão menor que 50%.

De acordo com o site ABRECON, resíduos das construções variam de acordo com o processo de geração, com isso as dimensões geométricas tornam-se fora do padrão quanto aos materiais já conhecidos, ao qual se torna necessário um processamento com uma padronização para a utilização do produto como agregado (areia ou brita). Com isso o produto é classificado de acordo com o uso e suas características.

2.5.2 Areia reciclada

- CARACTERÍSTICA: Agregado com dimensões máximas, inertes, produzidos com materiais reciclados do concreto e blocos de concreto (Figura 05).
- RECOMENDAÇÃO DE USO: Produção de novos blocos de concreto, contra de vedação.

Figura 5 – Areia reciclada



Fonte: ECO.X, 2020

2.5.3 Pedrisco reciclado

- CARACTERÍSTICA: Agregado cuja dimensão máxima são inferiores a 6,3 mm produzidos com materiais reciclados de concreto e blocos de concreto (figura 06).
- RECOMENDAÇÃO DE USO: É comum o uso em blocos de vedação e construções de manilhas de esgoto etc.

Figura 6 - Pedrisco reciclado



Fonte: ECO.X, 2020

2.5.4 Brita reciclada

- CARACTERÍSTICA: Agregados cuja dimensão máxima são inferiores a 39 mm, produzidos com materiais reciclados de concreto e blocos de concreto (figura 07).
- RECOMENDAÇÃO DE USO: São utilizados em obras não estrutural como exemplo em obras de drenagem.

Figura 7 - Brita reciclada



Fonte: ECO.X, 2020

2.5.5 Bica corrida

- CARACTERÍSTICA: Material de resíduos da construção cuja dimensão são inferiores 63 mm (ou a critério desejado) (Figura 08).

- **RECOMENDAÇÃO DE USO:** São utilizados em obras de regularização ou em obras de base e sub-base em pavimentos e em aterros topográficos.

Figura 8 - Bica corrida



Fonte: ECO.X, 2020

2.5.6 Rachão reciclado

- **CARACTERÍSTICA:** Material cuja dimensão é inferior a 150 mm produzidos com materiais reciclados de concreto e blocos de concreto (Figura 09).
- **RECOMENDAÇÃO DE USO:** São mais comuns à sua utilização em obras de pavimentação, drenagens e entro outras demais obras.

Figura 9 - Rachão reciclado



Fonte: FRANK E SUSTENTABILIDADE, 2016

2.5.7 Adição de agregados na forma de resíduos e sua viabilidade.

Segundo Carvalho (2006) em um estudo para analisar a viabilidade da adição da lama de cal derivada das indústrias de papel e celulose em argamassa de cimento com presença de cal hidratada, onde ele utilizou este resíduo em substituição à cal hidratada em proporções variando de 0 a 100% e seus resultados demonstraram a viabilidade do manuseio e aplicabilidade e após o endurecimento foi possível notar que a adição de resíduo nos teores de 20% e 80% resultaram em ganhos de resistência mecânica à compressão e tração.

Além disso, com ensaios realizados de acordo com as Normas Brasileiras de Regulamentação (NBR), foi possível constatar que o uso de lama de cal garante boa resistência de aderência. Economicamente, a adição de resíduos, se comparada a adição de cal hidratada, também mostrou ser mais vantajosa. Com a análise de todos os resultados obtidos pelo autor, pode-se observar que para a construção civil, o uso de resíduos da construção civil pode se mostrar viável se forem analisadas em testes de compressão e tração.

Posteriormente foram conduzidos estudos que utilizavam resíduos em pastas de cimento com diferentes traços e após os ensaios de compressão notou-se que a resistência não foi alterada e que além disso, as misturas com os resíduos garantiram bom isolamento acústico e térmico (NOLASCO, 1997).

3 A IMPORTÂNCIA DE RECICLAR

A construção civil carrega em seu histórico, grandes benefícios sociais e econômicos junto a estes benefícios também vem os fatores negativos que acompanha este setor, o desperdício de materiais é um dos assunto que vem sendo bastante discutido e estudados ao longo dos anos, de acordo com o site CONSTRUCT, a construção civil é responsável por consumir cerca de 40% a 75% da matéria prima produzida em todo planeta , um estudo apresentado pelo site GLOBAL CEMENT em 2012 aponta que foram consumido o equivalente a 536 quilos de cimento por pessoas no mundo, cerca de 3,5 milhões de toneladas por ano, elevando o histórico da construção civil como o setor da indústria com o maior emissor de poluente do planeta.

Em entrevista ao Globo Ciência o professor da universidade Federal de Santa Catarina, Vahan Agopyan afirma que além de possuir um alto consumo de matéria prima, a construção civil causa impactos quanto a sua expansão, de modo que não podemos parar de

construir, casas hospitais e sistemas de transportes de modo que a população aumenta cabe a necessidade de continuar construindo para manter a demanda.

3.1 COMO OCORRE O PROCESSO DA RECICLAGEM (ÉTAPAS DO TRATAMENTO E PRODUTO FINAL)

É possível notar, que devemos olhar para os entulhos da construção e demolição e refletir um pouco sobre como descartá-lo, de modo que possamos visualizá-lo não como entulho mais sim como uma solução que possa de entulho a novos agregados, através de separação e tratamento de maneira que estes esteja apto a ser reintegrando novamente de forma sustentável no dia a dia do mercado construtivo. Como foi mostrado no capítulo 1 deste trabalho o órgão que fiscaliza e classifica os resíduos da construção e de demolições é o CONAMA 307, apresentamos de forma detalhada no capítulo 2, item 2.3 a classificação dos RCD de acordo com a resolução CONAMA 307, no item 2.4 do capítulo 2 se encontra as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas técnicas). A utilização do RCD pode gerar uma economia significativa, pois os agregados obtidos de materiais reciclados da construção são significativamente bem mais baratos se comparado com agregados de extração natural, fazendo uma média da diferença entre as percentagens podemos notar que o valor é de 45,26 % mais barato podemos tirar essa conclusão na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1- Diferença nos valores dos agregados

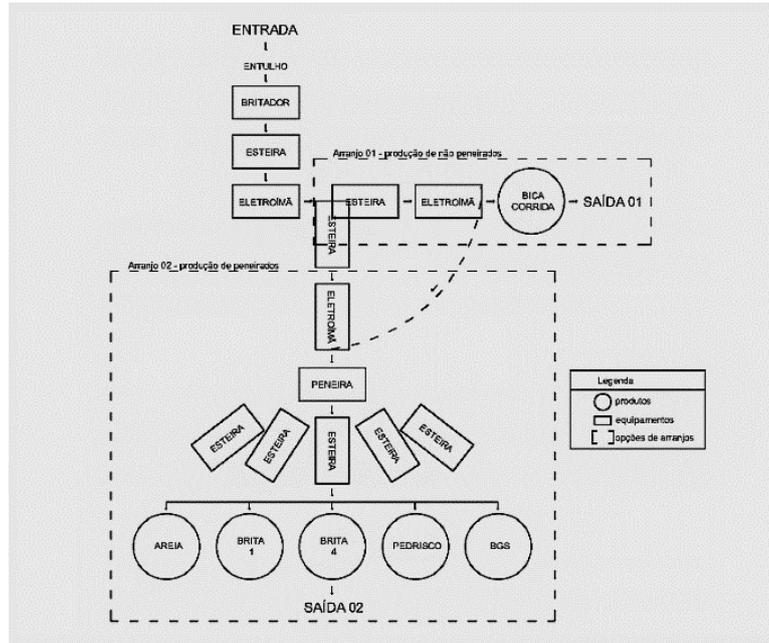
Material	Volume	Unitário (R\$/M ³)		Total (R\$/km)		Diferença (%)
		Material natural (Tabela SINAPI)	Material reciclado	Material natural	Material reciclado	
Brita graduada	2.600,00	56,26	32,00	146.276,00	83.200,00	43,1
Bica corrida	2.600,00	55,30	29,00	143.780,00	75.400,00	47,6
Rachão	7.800,00	58,30	32,00	454.740,00	249.600,00	45,1

Fonte: V SINGEP, 2016

3.2 ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE RECILCAGEM

Este esquema foi elaborado com base no sistema de tratamento de resíduos da usina de reciclagem RCD da ECO-X (Figura 10), em geral as usinas de reciclagem possuem duas classificações, elas podem ser fixas como mostra a (Figura 11) ou móvel (Figura 12).

Figura 10 - Esquema do processo de reciclagem



Fonte: GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2016

Figura 11 - Usina de RCD fixa



Fonte: PREFEITURA JERQUARA SP, 2018

Figura 12 - Usina de RCD móvel



Fonte: PREFEITURA JERQUARA SP, 2018

3.3 DEMOLIÇÃO

Processo em que ocorre uma das primeiras etapas para a reciclagem dos resíduos, as demolições de obras menores são feitas por máquinas (Figura 13), e as maiores por explosões (Figura 14), e os procedimentos de trituração pode ocorrer na usina ou poderá ser feito no local da obra a ser demolida como mostra a (Figura 13).

Figura 13 - Demolição e trituração no local



Fonte: GRUPO MB, 2021

Figura 14 - Demolição por explosões



Fonte: TB TERRA BRASIL, 2018

3.4 TRANPORTE E PRODUTO FINAL

Quando o produto não é processado no local o mesmo é transportado bruto para a usina fixa e passarão pelo processo mostrado na (Figura 10), ao passar pela usina de trituração os resíduos são separados de acordo com suas categorias granulométricas como mostra a (Figura 15).

Figura 15 - Trituração e separação.



Fonte: SUSTENTARE SANEAMENTOS, 2020

4 ESTUDO DE CASO

Visando os objetivos detalhados, essa parte do trabalho será realizado por meio de uma pesquisa teórica, que utilizará os dados fornecidos pela dissertação de Silva (2004), Campos et al. (2012) e Santos et al. (2017), sendo intituladas *Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado, Análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido com resíduo sólido de cerâmica vermelha, e Concretos preparados com rcd: análise de microestrutura com ênfase na zona de transição*. Com isso será discutido os resultados dos experimentos.

4.1 MATERIAIS

Por se tratar de um estudo de caso, os materiais utilizados nos experimentos estão todos caracterizados pelos autores já citados anteriormente, como betoneiras (Figura 18), peneiras (Figura 17), balanças (Figura 16) e entre outros. Devido a isso, para maiores detalhes podem ser vistos nos artigos e dissertação referenciados.

Figura 16 - Balança



Fonte: SILVA, 2004

Figura 17 - Peneiramento mecânico



Fonte: SILVA, 2004

Figura 18 - Betoneira



Fonte: SILVA, 2004

4.2 CIMENTO

Foram utilizados para os experimentos de Campos et al. (2012) e Silva (2004) o Cimento Portland CP II E – 32, que possui adição de escória granulada de alto-forno, e é o mais utilizado tanto para corpos de prova quanto para elementos construtivos não estruturais.

Já para Santos et al. (2017), foi utilizado o Cimento Portland CP III, que possui adição de 35% a 70% de escória em sua composição.

4.3 ÁGUA

Para os três experimentos a água utilizada para produção dos concretos, foram disponibilizadas pela rede pública de seus respectivos municípios, sendo as cidades de Niterói-RJ, Belo Horizonte-MG e Presidente Prudente-SP.

4.4 AGREGADOS

Figura 19 - Agregados



Fonte: SILVA, 2004

Para Silva (2004):

-Agregado miúdo natural: utilizou-se areia média e fina proveniente do rio Paraíba do Sul (Figura19).

-Agregado graúdo natural: utilizou-se brita 1, com granulometria entre 4,8mm e 19mm, conforme a NBR 7211/83 (Figura 19).

-Agregado miúdo reciclado: utilizou-se como agregado miúdo reciclado todo material passante na peneira 4,8mm e retido na 0,3mm (Figura 19).

-Agregado graúdo reciclado: todo o material passante na peneira 19mm e retido na 4,8mm (Figura 19).

Para Campos et al. (2012):

Foi utilizado agregado natural comum, mas para o agregado reciclado graúdo foi utilizado cerâmica vermelha, que foi peneirada em malha 19 mm e sua massa retida foi descartada e a passante foi peneirada novamente em uma peneira de 4,8 mm.

Para Santos et al. (2017):

-Agregado graúdo natural: Originado de rocha granítica e tamanho convencional de 19 mm.

-Agregado miúdo natural: Pó de pedra que também pode ser utilizado com areia artificial, material passante na peneira 4,75 mm.

-Agregado miúdo reciclado: Originado pelo processo de britagem do RCD, sendo material passante na peneira 4,75 mm, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005).

4.5 CORPOS DE PROVA

Sendo todos eles moldados de forma cilíndricos e com as dimensões de 10x20 cm de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003) (Figura 20).

Figura 20 - Moldagem dos corpos de prova



Fonte: SILVA, 2004

4.6 CURA

Os corpos de prova dos três experimentos ficaram até irem para o processo de compressão em uma câmara úmida, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003) (Figura 21).

Figura 21 - Corpos de prova na câmara úmida



Fonte: SILVA, 2004

4.7 MASSA ESPECÍFICA, MASSA UNITÁRIA E ABSORÇÃO

No experimento de Silva (2004) foi realizado os ensaios de massa específica, sendo para o agregado miúdo a NBR 9776 (ABNT, 1987) e para o agregado graúdo a NBR 9937 (ABNT, 1987), já para a massa unitária foi utilizada a NBR 7251 (ABNT, 1982) para ambos agregados. Campos et al. (2012) realizou apenas os experimentos de massa específica e absorção pela NBR NM 53 (ABNT, 2002) e Santos et al. (2017) não realizou esses ensaios.

4.8 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os ensaios de compressão dos corpos de prova cilíndricos, foram realizados com o objetivo de obter as tensões de ruptura do concreto, tanto nos de referência quanto nos concretos que possuem RCD. Silva (2004), Campos et al. (2012) e Santos et al. (2017) utilizaram a NBR 5739 (ABNT, 1994).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 MASSA ESPECÍFICA, MASSA UNITÁRIA E ABSORÇÃO

Para estabelecer a dosagem de um concreto, é de essencial importância ter as informações da massa específica e massa unitária. A massa específica é um atributo dependente da porosidade e pode ser definida como a massa do material juntamente com os poros internos por unidade de volume.

A massa unitária é o volume que está sendo ocupado tanto pelos agregados quanto pelos vazios que estão entre os grãos.

A absorção é a capacidade máxima de água que um material consegue absorver, em relação a sua massa seca, em porcentagem (DUAILIBE, 2008).

Então, de acordo com Silva (2004) a massa específica, unitária (Tabela 2) e absorção (Tabela 3) são:

Tabela 2 - Massa específica e unitária dos agregados – valores médios

Fração granulométrica	Tipo de material	Massa específica (kg/dm ³)	Relação com o natural (%)	Massa unitária (kg/dm ³)	Relação com o natural (%)
Miúdo	Natural	2,65	-	1,33	-
	Reciclado	2,54	96	1,15	86
Graúdo	Natural	2,85	-	1,35	-
	Reciclado	2,4	82	1,12	83

Fonte: SILVA, 2004

Tabela 3 - Absorção média dos agregados reciclados

Agregados reciclados			
Propriedade	Absorção (%)		
	10 min	30 min	24 h
Graúdo	3,96	4,66	6,12
Miúdo	6,9	7,48	9,23

Fonte: SILVA, 2004

Para Campos et al. (2012), a massa específica e a absorção (tabela 4) são:

Tabela 4 - Características dos agregados graúdos.

Agregados	Método de ensaio	
	NM 53/02	NM 53/02
	Absorção (%)	Massa específica (g/cm ³)
Graúdo natural (brita 1)	1,22	2,87
Graúdo reciclado de cer. vermelha	15,62	1,86

Fonte: CAMPOS ET AL, 2012

Por meio desses dados é possível perceber a diferença dos resultados das massas específicas e massas unitárias dos agregados naturais e agregados reciclados. Pois os agregados de RCD possui uma densidade menor do que o agregado comum, e isto está diretamente ligado a porosidade dos agregados reciclados e a origem do material.

Esta diferença é perceptível nos dados de massa específica, devido ao agregado graúdo reciclado da tabela 2 ser derivado de entulho, com isso possui na sua estrutura concreto e frações de argamassa, e o agregado graúdo reciclado da tabela 4 é de cerâmica vermelha, assim percebe-se uma melhor qualidade no agregado reciclado de entulho utilizado.

A absorção de água nos agregados reciclados é maior do que a dos agregados naturais, devido a sua alta porosidade, isso é perceptível na tabela 3, no qual a diferença de absorção do gráudo natural para o gráudo de RCD é de 14,4%, além do gráudo reciclado ser de material cerâmico, devido que o material cerâmico possui um grande poder de absorção de água. Com isso, quando se é feito os cálculos para a dosagem, é necessário ter uma mudança para não atrapalhar os traços dos concretos.

5.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

No ensaio à compressão de Campos et al. (2012) foi utilizado um traço para o concreto que corresponde a 20 MPa em um corpo de prova de 28 dias e fator água/cimento (a/c) de 0,7 (Tabela 5).

Tabela 5 - Teor de substituição da brita pelo agregado reciclado.

Traço	Brita (%)	Quantidade(lt)	Agregado reciclado (%)	Quantidade (lt)
Piloto	100	122	0	-
1	80	97,6	20	24,4
2	60	73,2	40	48,8
3	40	48,8	60	73,2
4	20	24,4	80	97,6
5	0	-	100	122

Fonte: CAMPOS ET AL, 2012

De acordo com esses dados da tabela 4 foi realizado o ensaio de compressão do concreto (Tabela 6).

Tabela 6 - Média das Resistências à Compressão em MPa.

Traço	Idade do Concreto		
	7 Dias	14 Dias	28 Dias
Piloto	19,79	25,13	25,34
1 (20%)	15,38	19,00	20,37
2 (40%)	14,39	17,80	20,27
3 (60%)	12,92	17,47	18,26
4 (80%)	12,35	15,01	18,08
5 (100%)	10,59	13,95	17,32

Fonte: CAMPOS ET AL, 2012

Percebe-se que o traço do corpo de prova referencial em 28 dias apresentou um resultado maior do que o esperado de 25,34 MPa, ficou dentro dos parâmetros calculados até o traço de 40%, com o traço de 100% de agregado reciclado a resistência à compressão deu abaixo do esperado com 17,32 MPa.

Essa queda na resistência é devido a grande porosidade dos agregados reciclados, além que esse concreto feito por Campos et al. (2012) tem como agregado graúdo material cerâmico, que possui uma alta facilidade de absorção de água e com isso aumentado o fator a/c e assim diminuindo a resistência do concreto.

É possível ver esse aumento do fator a/c em ensaio de abatimento, como feito por Campos et al. (2012) na (Tabela 7) abaixo:

Tabela 7 - Resultados do Slump Test

	NM 67:1998
Traço	Abatimento do cone (cm)
Piloto	4,50
1 (20%)	6,00
2 (40%)	10,10
3 (60%)	12,30
4 (80%)	16,40
5 (100%)	17,90

Fonte: CAMPOS ET AL, 2012

Nos ensaios feitos por Santos et al. (2017), também é possível ver a diferença da resistência do concreto com agregado natural e reciclado (tabela 8 e 9), com um traço de 1:2:2 com fator a/c 0,5 e com resistência à compressão de 24,50 MPa para o concreto natural e para o concreto reciclado um traço também de 1:2:2, mas com fator a/c de 0,65 e uma resistência à compressão de 18,29 MPa.

Tabela 8 - Ensaio do concreto referência

Nº do corpo de prova	Resistência à compressão
1	24,19 MPA
2	24,19 MPA
3	22,92 MPA
4	22,16 MPA
5	25,47 MPA
6	28,01 MPA

Fonte: SANTOS ET AL, 2017

Tabela 9 - Ensaio do concreto com RCD

Nº do corpo de prova	Resistência à compressão
1	17,83 MPA
2	19,10 MPA
3	21,39 MPA
4	16,55 MPA
5	16,55 MPA
6	17,83 MPA

Fonte: SANTOS ET AL, 2017

Essa grande diferença nas resistências é devido a alta porosidade como já foi dito, e devido ao acréscimo também do fator a/c no concreto reciclado, gera um volume maior de vazios no concreto, devido a exsudação por causa de materiais pulverulentos. Apesar de que nos ensaios de Santos et al. (2017), ao invés de utilizar como agregado graúdo reciclado a cerâmica vermelha como Campos et al. (2012), foi utilizado britagem de rocha granítica como RCD no agregado miúdo.

6 CONCLUSÃO

Apesar desta análise sendo feita baseada em um processo de outros autores, os resultados são animadores. Uma boa estratégia e um bom setor administrativo também poderia atrair tanto fornecedor de matéria prima quanto empresa terceirizada transportadoras de RCD que naturalmente escolheriam descartar de maneira imprópria este material.

(PACHECO; TAWIL, 2020). Possíveis investimentos em mídias, tanto digital quanto informativa poderiam ser a receita para a permanência dessa ideia no mercado regional, conferindo o papel fundamental na manutenção dos recursos naturais e no bem-estar social.

A partir dos resultados o investimento em utilização de concreto a base de agregados de RCD se torna interessante, dado sua importância no cenário ambiental, se bem customizada, também pode ser fonte de renda para trabalhadores em usinas de reciclagem, contribuir para projetos sociais, influenciar direta e indiretamente na redução de gastos do poder público e até mesmo transformar pedras, aparentemente sem valor, em oportunidades.

Com a análise teórica feita sobre os experimentos apresentados, foi possível perceber que o agregado de RCD possui uma alta porosidade e que para produzir concretos reciclados com traços de concretos naturais, tendo em vista uma trabalhabilidade parecida, é necessário o acréscimo da relação a/c e esse aumento tem como consequência a diminuição da resistência a compressão do concreto.

Os resultados obtidos nos ensaios apesar de não serem os mesmos dos concretos referenciais e devido ao aumento do consumo da água, obtiveram valores satisfatórios e isso não os impedem de serem utilizados, já que os mesmos atendem resistências mínimas para determinados tipos de construções como blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural que indica uma resistência à compressão mínima de 3,0 MPa, sendo com absorção em (%) para agregado normal máxima de 11% (Individual) e máxima de 10% (Média) e para agregados leves com máxima de 16% (Individual) e máxima de 13% (Média) de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016).

REFERÊNCIAS

ABRECON. **MERCADO**. Disponível em: < <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/>>. Acesso em: 20 dez. 2020

ALMEIDA GRAZIELA. **Gestão de resíduos sólidos da construção civil**. 2016. 75p. Monografia (pós-graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 167p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 53:2002 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738 - concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, para realizar os ensaios de resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificações**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251 – Agregado em estado solto. Determinação da massa unitária – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica dos agregados miúdos por meio do frasco de Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9937 – Agregados – Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113 - **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114 - **Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115 - **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116 - **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011, que altera o artigo 3º da Resolução nº 307**. 2011. Diário Oficial da União, n. 96, de 25 de maio de 2011, p. 123.

CAMPOS, C. F. S; MAZINI, G. B; NETO, G. A. S. Análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido com resíduo sólido de cerâmica vermelha. *Colloquium Exactarum*, v. 4, n.2, Jul-Ago. 2012, p. 01 – 11.

CARVALHO, Anderson Luz. **Avaliação das propriedades mecânicas da argamassa contendo adição de resíduo de carbonato de cálcio gerado na fabricação de celulose**. – Salvador, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307**. Brasília, 2002.

CONSTRUCT. **Desperdício na construção civil: impacto no meio ambiente**. Disponível em: < <https://constructapp.io/pt/desperdicio-na-construcao-civil-impactos-no-meio-ambiente/>>. Acesso em: 27 abril. 2021.

DA SILVA, L. R. A. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado**. 2004. 113p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2004.

DUAILIBE, G. J. **Avaliação de propriedades hidrodinâmicas em materiais granulares e argamassas com cinza pesada e agregado reciclado**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ECO.X. **Produto Agregados Recilados**. Disponível em: < <http://www.usinaecox.com/produtos-agregados-recicladados/>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

FRANK Sustentabilidade . **Pedra 2 Recilada (Rachão)**. Disponível em: < <https://www.franksustentabilidade.com.br/2016/11/pedra-2-reciclada-rachao.html>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

FRASSON SUELI. FILHO PASCHOSLIN JOÃO. FARIA ANA. **Estudo comparativo entre custo de utilização de agregados natural e reciclados na execução de rodovias.** Simpósio internacional de gestão de projetos, inovação e sustentabilidade 2016.

GLOBO CIÊNCIA . **Construção civil consome até 75% da matéria prima do planeta.** Disponível em: < <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>>. Acesso em: 27 abril. 2021

GLOBAL CEMENT. **Definindo a tendência: Consumo de cimento vs PIB.** Disponível em: < <https://www.globalcement.com/magazine/articles/858-defining-the-trend-cement-consumption-vs-gdp>>. Acesso em: 27 abril. 2021

JOHN, V. M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos.** In: WORKSHOP SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997. 170p. p21 – 30.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2011. 290p. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LEVY, S. M; HELENE, P. R. L. **Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução política e ecologicamente correta.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa, 1º, Goiânia, Brasil. Agosto 1995 Anais. Goiânia, PP 315-325

MATHEUS PESSOA PACHECO, SAMER SUBHIE AL TAWIL. **O problema dos resíduos sólidos da construção e demolição: uma possível solução para região de anapolis.** Trabalho de conclusão de curso, engenharia civil, Unievangelica 2020.

NOLASCO, M. A. **Tratamento aeróbio de efluentes da indústria de Celulose e papel visando uma menor produção de lodo biológico.** In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997. Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/biologico.pdf>> Acesso em 12 out. 2020.

OIKONOMOU, N. D. Recycled concrete aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 27, n. 2, p. 315–318, 2005.

PINTO, T. P **Gestão ambiental de resíduos da construção civil:** a experiência do SindusCon-SP. São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCon-SP, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. 189p.

PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas.** 1986. 137p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1986.

PRACONSTRUIR. **O QUE É AREIA USINADA.** Disponível em: < <http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/materiais-de-construcao/areia-para->

construcao/attachment/o-que-e-areia-usinada//>. Acesso em: 20 dez. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JERIAQUARA SP. **Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil no Brasil**. Disponível em: <http://jeriquara.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/DOM-51-05.06.2018-1.pdf?fbclid=IwAR0qzcnw4pJ_uZraaSxTWpBx_tSUlztyH8ALIINfu9Yq4wzUb3sG9c1bBh8>. Acesso em: 30 abril. 2021

RECICLI. **Resíduos de construção e demolição: RCD ou entulho de obra**. Disponível em: <<https://www.recicli.com.br/servicos-e-produtos/residuos-de-construcao-e-de-demolicao-rcd-ou-entulho-de-obra>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SANTOS, E. R. S; MEDEIROS, C. M; TEIXEIRA, E. C. **Concretos preparados com rcd: análise de microestrutura com ênfase na zona de transição**. 69ª Reunião Anual da SBPC - 16 a 22 de julho de 2017 - UFMG - Belo Horizonte/MG.

SILVA, L. R. A. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado**. 2004. 113p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. Niterói, 2004.

SOUSA, J. G. G. **Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e proporcionamento de blocos de concreto: aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado**. 2001. 124p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília.

SUSTENTARE SANEAMENTOS. **Reciclagem de entulhos**. Disponível em: <<https://www.sustentaresaneamento.com.br/reciclagem-de-entulhos/>>. Acesso em: 01 Maio. 2021

TB TERRA BRASIL. **Conheça os principais tipos re demolição e suas aplicações**. Disponível em: <<https://www.terrabrasilterrapienagem.com.br/tipos-de-demolicao/>>. Acesso em: 30 abril. 2021

TECNOSIL. **AGREGADOS PARA CONCRETO: O QUE SÃO E PARA QUE SERVEM**. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/agregados-para-concreto-o-que-sao-e-para-que-servem/#:~:text=Define%2Dse%20como%20agregado%20gra%C3%BAdo,a%20peneira%20de%204%2C8mm.>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

TORRES, Levi. **O PARADOXO DA RECICLAGEM DE RCD**. Disponível em: <<https://www.temsustentavel.com.br/o-paradoxo-da-reciclagem-de-rcd/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.