



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Emerson Silva e Silva

## ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O CONCRETO ESTRUTURAL COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Palmas – TO

2019

Emerson Silva e Silva

ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O CONCRETO ESTRUTURAL COM  
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUOS SÓLIDOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Palmas – TO

2019

Emerson Silva e Silva

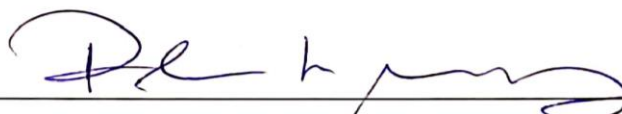
ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O CONCRETO ESTRUTURAL COM  
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUOS SÓLIDOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Aprovado em: 12 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP




---

Prof. Me. Edivaldo Alves dos Santos

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. Me. Roldão Pimentel de Araújo Junior

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

“Pois quando a sabedoria entrar no teu coração, e o conhecimento for agradável à tua alma, O bom siso te guardará e a inteligência te conservará.”

(Salomão)

## **AGRADECIMENTOS**

- Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.
- Aos meus pais, pelo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional durante toda esta jornada.
- Aos meus amigos de curso.
- A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que propiciaram minha formação com muito zelo e dedicação.
- E a todos que direta ou indiretamente fazem parte da minha formação, sou grato de coração.

## RESUMO

SILVA, Emerson Silva. **Estudo experimental sobre o concreto estrutural com substituição parcial do agregado miúdo por resíduos sólidos da construção civil**. 2019. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

O presente trabalho visa uma reformulação da forma com que as matérias primas de construção são tratadas, de forma que os recursos naturais possam ser utilizados de forma sustentável e os produtos gerados possam ter um destino mais nobre, mesmo após terem sido utilizados. Para ilustrar com mais veemência, neste trabalho estudou-se a substituição parcial do agregado miúdo em concreto estrutural por RCD (resíduo de construção e demolição) moído como alternativa para reduzir a quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção civil, bem como diminuição da quantidade de agregado natural explorado anualmente. A preocupação com este resíduo é pelo grande volume gerado anualmente em que muitos países não chegam a ser reaproveitado nem 25% deste material. Diante disso analisou-se a viabilidade técnica da substituição parcial do agregado miúdo por resíduos sólidos de construção civil, como meta a ser alcançada ao final da pesquisa. Nesse estudo utilizou o RCD moído na composição do concreto, adotando com teores de substituição do agregado miúdo. Os estudos foram realizados a partir de um traço de referência com relação água/aglomerante 0.52, então para esta relação água/aglomerante foram dosados outros três traços com adições de 10% e 20% 30% de RCD moído em substituição ao agregado miúdo. Para este estudo foram utilizados materiais comuns e de fácil obtenção na região de Palmas, como: cimento Portland, brita 1, areia natural. As dosagens seguiram método experimental baseado nos estudos de traço de ACI. 211.1-91 (American Concrete Institute). Foram realizados ensaios no concreto no estado fresco, de consistência do concreto determinado pelo método de abatimento do tronco de cone (Slump Test), no estado endurecido ensaio de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, de absorção de água e módulo de elasticidade.

Palavras-chave: RCD. Concreto Estrutural. Viabilidade Técnica. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

SILVA, Emerson Silva. **Experimental study on structural concrete with partial replacement of fine aggregate by solid construction waste**. 2019. 59 p. Course Conclusion Paper (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2019.

The present work aims at a reformulation of the way building raw materials are treated, so that natural resources can be used sustainably and the products generated can have a more noble destination, even after they have been used. To further illustrate, in this work we studied the partial replacement of the aggregate in structural concrete with ground RCD (construction and demolition waste) as an alternative to reduce the amount of waste generated by the construction industry, as well as reducing the amount of natural aggregate explored annually. The concern with this waste is the large volume generated annually in which many countries are not reused or 25% of this material. Thus, the technical feasibility of partially replacing the small aggregate with solid construction residues was analyzed, as a goal to be achieved at the end of the research. In this study it used the RCD ground in the concrete composition, adopting with substitution contents of the small aggregate. The studies were performed from a reference trait with water / binder ratio 0.52, so for this water / binder ratio three other traits were added with 10% additions and 20% 30% ground RCD replacing the fine aggregate. For this study, common and easily obtainable materials were used in the Palmas region, such as Portland cement, gravel 1, natural sand. The dosages followed an experimental method based on ACI trace studies. 211.1-91 (American Concrete Institute). Tests were carried out on the fresh concrete, concrete consistency determined by the slump test method, in the hardened state axial compressive strength, diametral tensile strength, water absorption and modulus. of elasticity.

Keywords: RCD. Structural concrete. Technical viability. Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Produção de Resíduos por setor na construção civil.....	16
Figura 2: Reciclagem de resíduos da construção civil - RCC .....	21
Figura 3: Moinho de bolas.....	27
Figura 4: Peneiramento .....	28
Figura 5: Caracterização dos Materiais.....	29
Figura 6: Ensaio de abatimento (slump test). .....	32
Figura 7: Corpos de prova moldados. ....	33
Figura 8: Ensaio de compressão axial.....	34
Figura 9: Ensaio de compressão diametral.....	35
Figura 10: Ensaio de determinação de módulo de elasticidade.....	36
Figura 11: Zonas de transição do agregado reciclado de concreto.....	42



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Granulometria do agregado miúdo natural. ....	37
Gráfico 2: Granulometria do RCD moído. ....	38
Gráfico 3: Granulometria do agregado graúdo. ....	39
Gráfico 4: Evolução da resistência a compressão ao longo das idades. ....	41
Gráfico 5: Resistência a tração por compressão. ....	43
Gráfico 6: Absorção de água e massas específicas dos CP's ensaiados ....	44
Gráfico 7: Relação resistência x Módulo de elasticidade de cálculo x Módulo de elasticidade de ensaio. ....	45
Gráfico 8: Relação dos custos e os tipos de concreto ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de massa específica e ensaio de finura do cimento Portland.....	29
Tabela 2: DOSAGEM DE 25 MPA SLUMP $100 \pm 20$ . .....	30
Tabela 3: Teores de materiais por traço .....	30
Tabela 4: Traços e teores de RCD .....	31
Tabela 5: Quantidade de corpos de prova por traço de concreto.....	33
Tabela 6: Ensaio de caracterização do agregado miúdo natural .....	37
Tabela 7: Ensaio de caracterização do agregado miúdo (RCD moído).....	38
Tabela 8: Ensaio de abatimento do concreto.....	40
Tabela 9: Ensaio de compressão axial: Resultados .....	41
Tabela 10: Ensaio de resistência a tração por compressão diametral: Resultados. ....	43
Tabela 11: Absorção de água .....	44
Tabela 12: Módulo de elasticidade do concreto .....	45
Tabela 13: Comparativo de custos de concretos de 25 Mpa. ....	47

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Composição do RCC em relação ao tipo de obra.....	17
Quadro 2: Classificação dos RCC's .....	18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
<b>2.1.1 Definição e classificação dos Resíduos</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1.2 Resíduos e sustentabilidade</b> .....	<b>18</b>
2.2 CONCRETO.....	21
<b>2.2.1 Cimento Portland</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.2 Agregado graúdo</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.3 Agregado miúdo</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2.4 Água</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2.5 Aditivos</b> .....	<b>24</b>
2.3 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CONCRETOS COMO AGREGADO.....	24
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1 LOCAL DE PESQUISA .....	26
3.2 ETAPAS PARA O BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	26
<b>3.2.1 Coleta e preparo dos materiais</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2 Moagem</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.3 Peneiramento</b> .....	<b>27</b>
3.3 CARACTERIZAÇÕES DOS MATERIAIS .....	28
3.4 CIMENTO PORTLAND.....	29
3.5 DEFINIÇÃO DAS DOSAGENS E DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS.....	29
3.7 DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP TEST) (ABNT NM 67:1998).....	31
3.8 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA (NBR 5738:2015) .....	32
3.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPO-DE-PROVA CILÍNDRICO (NBR 5739:2007) .....	33

3.10 ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (NBR 7222:2010).....	34
3.11 ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO (EC) (NBR 8522:2008).....	35
3.12 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (NBR 9778:2009).....	36
3.13 COMPARAÇÃO DE CUSTO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCD COM O CONCRETO CONVENCIONAL .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS .....	37
<b>4.1.1 Granulometria dos agregados.....</b>	<b>37</b>
4.2 RESULTADOS DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO .....	39
4.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO.....	40
4.4 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL.....	43
4.5 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA .....	44
4.6 MÓDULO DE ELASTICIDADE.....	45
4.7 COMPOSIÇÃO DO CUSTO DO CONCRETO COM RCD MOÍDO .....	46
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

A construção civil obteve um avanço significativo nas últimas décadas, isso devido ao crescente aumento demográfico no Brasil e no mundo, principalmente nos grandes centros urbanos. Sendo assim, a construção civil se apresenta como um dos principais setores responsáveis pelos avanços econômicos e sociais do país, pois é encarregada por uma representativa parcela no Produto Interno Bruto (PIB) e por empregar, direta ou indiretamente, um enorme contingente de pessoas (LORDÉLO; EVANGELISTA; FERRAZ, 2006).

Apesar de sua importância na movimentação econômica e crescimento tecnológico do país, estima-se que a construção civil é responsável por algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJÖSTRÖM, 1992).

O crescimento e aprimoramento de técnicas convencionais em todas as áreas do conhecimento humano é algo inevitável, mas esse crescimento pode tornar-se inviável caso não haja sustentabilidade. A construção sustentável tem o grande objetivo e desafio de desenvolver modelos e ferramentas que permitam ao setor da construção enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais (SEVERO & SOUSA, 2016).

Segundo John (2000) a construção civil é potencialmente o setor que mais apresenta possibilidades de incorporação de resíduos, em novos materiais, já que é o maior consumidor de recursos naturais de qualquer economia. Seguindo essa prerrogativa, a incorporação dos resíduos sólidos gerados pela construção civil em produtos fabricados dentro dessa indústria é uma maneira formidável de mitigar os impactos ambientais produzidos.

O atendimento da necessidade de reutilizar os materiais que a indústria da construção civil gera é alvo desse estudo com a intenção de determinar as vantagens de se utilizar esses resíduos dentro dos processos construtivos. A utilização de RCD pode trazer a este concreto propriedades similares ao concreto convencional com um custo menor, além de tudo isso, menos matéria prima será empregada, conseqüentemente o resíduo gerado em construção civil será menor.

### **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Se para o CONAMA (2002) os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Então é possível substituir a areia por resíduos sólidos da construção civil e demolição em concretos estruturais sem perdas significativas de desempenho?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica da substituição parcial do agregado miúdo por resíduos sólidos de construção civil em concretos estruturais convencionais.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos que determinarão quais serão os processos necessários para se alcançar objetivo geral.

- Caracterizar os resíduos sólidos de construção provenientes de uma indústria de argamassas e pré-moldados de concreto da cidade de Palmas – TO.
- Analisar a influência dos resíduos nas propriedades do concreto no estado plástico: Trabalhabilidade e massa específica.
- Analisar a influência dos resíduos nas propriedades do concreto no estado endurecido: Resistência à compressão; Resistência à tração; Módulo de elasticidade e absorção de água.
- Realizar uma análise comparativa do custo de concretos com a utilização de resíduos de produção de peças pré-moldadas, com o custo da areia natural em Palmas – TO.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O concreto com RCD pode alcançar propriedades similares ao concreto convencional. Segundo estudos a resistência à compressão pode ser similar ao de concretos convencionais. O concreto produzido com areia densa e leve de RCD apresentou resistência semelhante à do concreto com agregado natural a partir dos 7 dias, enquanto o concreto seco produzido com areia de RCD mista foi 30% inferior (SILVA et al., 2015).

A destinação correta dos resíduos sólidos é uma preocupação e deve ser levada em consideração, a resolução 307 do CONAMA (2002) foi criada com a intenção de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. E de acordo com a ABRECON (2017) – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, 50% dos municípios brasileiros ainda destinam os resíduos para lixões ou locais irregulares, isso significa dizer de maneira grosseira, que cerca de 23 milhões de toneladas de resíduos foram descartadas de forma inadequada durante o ano de 2017. A utilização de mais resíduos é uma excelente alternativa ao uso de menos matéria prima em concretos, o que culmina em menos resíduos descartados de forma inadequada.

O viés econômico também deve ser considerado, pois o agregado reciclado costuma ser mais barato que a areia natural. Segundo a Abrecon (2015), cerca de 50% das usinas de beneficiamento vendem o RCD tratado abaixo de R\$ 15,00/m<sup>3</sup>, comparando com a areia em Palmas, por exemplo, que custa em torno de R\$ 32,50/m<sup>3</sup>, a substituição completa por agregado miúdo representa uma economia em torno de 46%.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, esta também se constitui em uma atividade geradora de impactos ambientais (FERNANDEZ, 2011, p. 13).

Nagalli (2014) ressalta que a construção civil é uma grande geradora de resíduos. O gerenciamento dos resíduos da construção civil tem por intuito assegurar a correta gestão dos resíduos durante as atividades cotidianas de execução das obras e dos serviços de engenharia. O autor do livro complementa dizendo que essa gestão se fundamenta essencialmente nas estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos sólidos, primando pelas estratégias de redução da geração de resíduos na fonte.

Segato (2009) diz que o resíduo da Construção Civil corresponde em torno de 50% da quantidade em peso de resíduos sólidos urbanos em cidades com mais de 500 mil habitantes de diferentes países, inclusive o Brasil.

Mattos (2013) afirma que a partir dos anos 90, iniciou-se uma maior preocupação com relação ao meio ambiente. E boa parte dos ramos industriais começou a tomar iniciativas para que os danos causados por suas operações fossem os mínimos possíveis. Destaca também que um grande problema relacionado à construção civil é que estes resíduos ocupam grande volume para disposição final.

Segundo a cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção Civil da SINDUSCON-MG (2005), a geração de resíduos sólidos advindo da construção civil é grande, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos, e ainda estima que a geração desses resíduos se situa em torno de 45 kg/habitantes/ano, variando de cidade para cidade.

Segundo John (2011), apud Nunes e Muhler, (2014) a reciclagem pode ser de dois tipos básicos, que são a reciclagem primária e a reciclagem secundária. A reciclagem primária acontece quando o resíduo é reciclado dentro do mesmo processo do qual se originou. Por outro lado, a reciclagem secundária acontece quando o resíduo é reciclado em um processo diferente daquele do qual se originou.

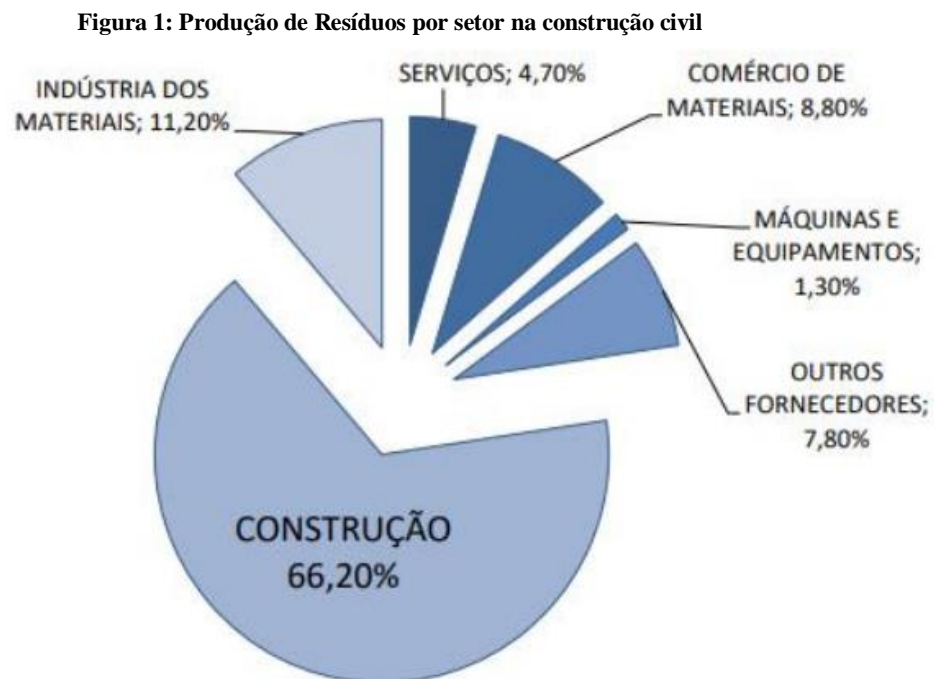
Os resíduos de demolição requerem tratamento especial já que seus geradores usualmente não possuem qualquer influência sobre o processo de associação que acontece entre os resíduos. Uma vez misturados, os resíduos de demolição tornam-se de difícil separação. Outro agravante é que os materiais de demolição são compostos por materiais

"obsoletos", ou seja, originados em processos construtivos que não contemplavam o viés do gerenciamento contemporâneo (NAGALLI, 2014).

Segundo Lima e Lima (2009), a fase de caracterização é particularmente importante no sentido de identificar e quantificar os resíduos e, desta forma, realizar o planejamento adequado, visando à redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Para Nunes e Mahler (2004) os Resíduos sólidos da construção civil em sua grande maioria são constituídos de resíduos inertes, de baixa periculosidade, cujos impactos ambientais originam-se basicamente do expressivo volume gerado e da sua disposição ilegal em locais não adequados, tais como ruas, calçadas, terrenos baldios, encostas, leitos de córregos e rios, etc. A prática de deposição ilegal é observada frequentemente em quase todas as cidades brasileiras.

Ribeiro (2017) ressalta que a maior parte desses resíduos da construção civil vem da hora da construção em si como mostrado na figura 01 abaixo:



**Fonte 1: CBIC (2016) apud Ribeiro (2017)**

Para Karpinski et al. (2008) apud Silva (2015) a composição dos RCC produzidos nas atividades da construção civil é bastante heterogênea, embora exista sempre um componente que se destaca entre as outras, temos a caracterização média da composição dos RCC associados aos parâmetros específicos da região geradora dos resíduos e às técnicas construtivas locais.

Segundo a Abrelpe (2017), os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017, compreendendo cerca de 63% do volume total de resíduos sólidos urbanos de todo o país

Os resíduos da construção civil (RCCs) provêm de perdas e desperdícios ocorridos na construção, demolição, reforma e reparos de obras. Geralmente são provenientes das próprias técnicas de construção utilizadas (ALGARVIO, 2009).

A tabela abaixo apresenta as categorias de RCC's relacionando os tipos (ou etapas) de obras e a composição dos resíduos gerados em cada processo construtivo:

**Quadro 1: Composição do RCC em relação ao tipo de obra  
Massa de RCC por tipologia de Obras e/ou Atividades (%)**

<b>Categorias</b>	<b>Rodoviárias</b>	<b>Escavações</b>	<b>Demolições</b>	<b>Diversas</b>	<b>Sobras de Limpeza</b>
<b>Concreto</b>	48,0	6,1	54,3	17,5	18,4
<b>Tijolos</b>	-	0,3	6,3	12,0	5,0
<b>Areia</b>	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
<b>Solo, poeira e Lama</b>	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
<b>Rocha</b>	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
<b>Asfalto</b>	23,5	-	1,6	-	0,1
<b>Metais</b>	-	0,5	3,4	6,1	4,4
<b>Madeira</b>	0,1	1,1	7,2	18,3	10,5
<b>Matéria Orgânica</b>	-	1,0	1,6	2,7	3,5
<b>Outros</b>	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: Moraes, 2006 apud Silva, 2015

### 2.1.1 Definição e classificação dos Resíduos

A norma NBR 10004 (ABNT, 2004) define resíduo sólido como qualquer forma de matéria ou substância (no estado sólido ou semissólido, que resulte de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços, de varrição e de outras atividades da comunidade) capaz de causar poluição ou contaminação ambiental.

A Resolução (Nº307, 2002) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define os resíduos da construção civil como:

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

Deve-se ressaltar que, tecnicamente, a reciclagem significa um conjunto de operações industriais que modificam as características físicas de determinado material para aprimorar

suas propriedades, seu rendimento e para que possa ser transformado em outro produto (Penteado, 2011; Grimberg & Blauth, 1998).

O quadro 01 apresenta a caracterização desses resíduos de acordo com a Resolução CONAMA n° 307 de 2002:

**Quadro 2: Classificação dos RCC's**

CLASSIFICAÇÃO	TIPOLOGIA
CLASSE A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
CLASSE B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
CLASSE C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde

Fonte: Resolução CONAMA n° 307 (2002)

### 2.1.2 Resíduos e sustentabilidade

Silva e Santos (2012, p. 01) menciona que a falta da utilização de políticas de desenvolvimento sustentável na construção civil tem onerado os custos das obras, principalmente por se tratar de uma das grandes fontes de geração de resíduos sólidos.

Segundo a SindusCon-SP (2005, p. 12) é de responsabilidade dos municípios elaborar Plano Integrado de Gerenciamento, que incorpore o Programa Municipal de gerenciamento (para geradores de pequenos volumes) e Projetos de gerenciamento em obra (para aprovação dos empreendimentos dos geradores de grandes volumes). Já os geradores devem elaborar Projetos de Gerenciamento em obra (caracterizando os resíduos e indicando procedimentos para triagem, condicionamento, transporte e destinação).

Oliveira e Mendes (2008, p. 08) destaca a urgência da implementação de medidas para atenuação dos impactos ambientais oriundos das atividades do setor da construção civil, visto o grande volume de geração desse resíduo, bem como dos transtornos que o mesmo provoca.

A sustentabilidade é normalmente ligada à proteção ambiental, no entanto, ela também influencia muitos outros pontos. O reuso de resíduos que, até então, eram considerados

indesejáveis podem gerar receitas para as empresas que podem, atuando nesse nicho de mercado, vendê-los e, por outro lado, diminuir os custos das construtoras com matérias primas tais como areia e brita (MATTOS, 2013, p. 01).

A legislação específica para a gestão dos RCCs no Brasil começou a partir de 2002 com a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (BRASIL, 2002).

Uma importante destinação para o entulho de concreto, material que se enquadra na Classe A da Resolução 307 do Conama (2002), é a sua reciclagem em forma de agregado, que pode ser realizada na confecção de novos materiais de construção civil. As grandes vantagens da reciclagem são o aumento da vida útil das jazidas de matéria-prima, cada vez mais escassas, na medida em que os agregados naturais são substituídos por materiais reciclados; e a possibilidade de produção de materiais de construção reciclados com baixo custo (PINTO, 1994).

No contexto dos resíduos sólidos, quando destinados de forma inadequada produzem grandes impactos ambientais, causando poluição das águas superficiais e subterrâneas, contaminação dos solos e do ar e a proliferação de doenças; não constituem somente um problema de ordem estética, mas representam também uma séria ameaça ao homem e ao meio ambiente, diminuindo consideravelmente os espaços úteis disponíveis (TENÓRIO, ESPINOSA, 2004).

Silva (2013) diz que o mercado da reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil ainda é pequeno, mas que em muitos países da Europa já é desenvolvido, em grande parte pela escassez de recursos naturais que aqueles países têm.

Neto (2012) aponta que no Brasil por possuir ainda disponibilidade de recursos naturais os índices de reciclagem são muito baixos, mesmo que em algumas regiões seja necessário o transporte a grandes distancias.

Com esses dados alarmantes vê-se a necessidade do gerenciamento correto desses resíduos, Rodrigues (2010) diz que é notória a importância da destinação adequada dos resíduos, tendo em atenção que estes possuem quantidades significativas de constituintes que podem ser reutilizáveis e recicláveis em detrimento da convencional opção da sua deposição em aterro.

Silva (2013) diz que quando não há gestão, os resíduos se tornam um dos grandes vilões do ambiente urbano, pois o entulho acumulado é vetor de doenças como a dengue, febre amarela e chamariz de insetos e roedores.

No Brasil, estudos apontam que o desperdício de matéria prima por parte da construção civil é de mais de 30%, comprovando que a matéria prima que é desperdiçada

transforma-se em resíduos sólidos e que necessitam ser destinados de forma correta, afim de não causar ou minimizar impactos ao meio ambiente. De acordo com a Resolução do CONAMA 307/2002, reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, logo após ser submetido às transformações (Silva e Santos, 2014).

Ros e Mazoni (2006) relatam que apesar de causar tantos problemas, o entulho deve ser visto como fonte de materiais de grande utilidade para a construção civil. E que grande parte dos resíduos gerados em obras de construção civil, apresentam características físico-químicas que possibilitam substituir os materiais normalmente extraídos de jazidas, possibilitando seu uso, como insumo, com qualidade comparável os materiais tradicionais. E destacam que é possível produzir agregados reciclados – areia, brita e bica corrida para uso em pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto.

Uma das opções que tem se destacado para o reaproveitamento adequado de recursos é a coleta seletiva. De fato, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) reconheceu o resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda e cidadania (Brasil, 2010). Essa noção tem incentivado a implantação de novos programas municipais de coleta seletiva que, quando bem administrados, podem diminuir o impacto ambiental de lixões e aterros, melhorar a paisagem urbana e aumentar a inclusão socioproductiva (Grimberg & Blauth, 1998).

Dadas às prioridades, quando verificadas as alternativas de tratamento para a reutilização e reciclagem, e por fim resultar nos rejeitos, estes devem ser dispostos. Da disposição ambientalmente correta dos resíduos, a PNRS define como a distribuição ordenada em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os 22 impactos ambientais adversos. Por meio da Resolução CONAMA n° 307 de 2002, os resíduos possuem tratamentos e destinações ou disposições finais de acordo com a classe a que pertencem.

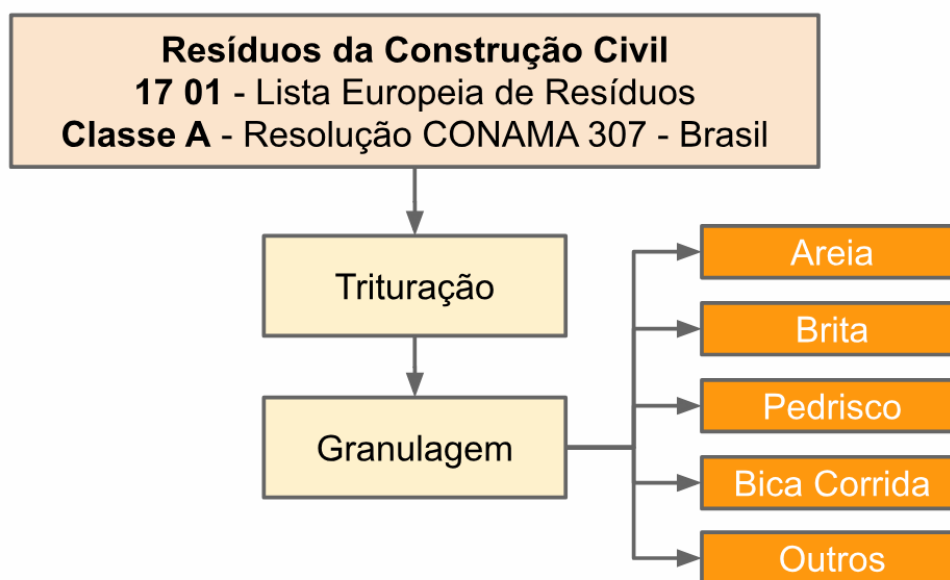
O tratamento dos resíduos são ações corretivas que podem trazer benefícios, conforme estabelecido na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), como a valorização dos resíduos e os inserindo novamente na cadeia produtiva, ganhos ambientais com a redução do uso dos recursos naturais, pela minimização da poluição, pelo aumento da vida útil de operação dos locais de disposição final e a geração de emprego e renda.

A etapa de tratamento dos resíduos envolve as ações destinadas a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de rejeito em local

inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

A figura a seguir demonstra de forma simples o processo de reciclagem, processo esse que visa o beneficiamento dos resíduos tipo A, conforme a definição do Conama (2002):

**Figura 2: Reciclagem de resíduos da construção civil - RCC**



**Fonte: Machado, 2014.**

No contexto de exploração do beneficiamento do RCD, Machado 2014 ressalta que além dos benefícios ambientais, há também o retorno social. A atividade tem o potencial de expandir a geração trabalho e renda. Que com o planejamento e organização, a implantação de uma usina de reciclagem destes resíduos pode ainda dar um retorno financeiro relativamente alto para o empresário, dado as condições ofertadas, tais como matéria prima e venda.

## 2.2 CONCRETO

O concreto é um material compósito constituído por cimento Portland, água e agregados. Os agregados são materiais granulares como britas, seixos, ou também outros tipos de resíduos. Quando se trata de agregados de acordo com a norma NBR 7211 os agregados são considerados graúdos (granulometrias superiores a 4,75 mm) e agregado miúdo com granulometrias superior a 0,075 mm e inferior a 4,75 mm de diâmetro (BARROS, 2016).

Após adicionar os materiais que constituem o concreto, realizar o amassamento, e quando realizar-se a cura, ele se torna um material endurecido com alta resistência à compressão axial e baixa resistência à tração. A dureza do concreto está ligada diretamente do fator relação água/cimento, quantidade de agregados, tipos de agregados, e também da homogeneização no momento da aplicação na obra. Uma homogeneização mal caracterizada

pode interferir na resistência física do concreto, fazendo com que se torne uma pasta inviável para aplicação na construção civil. (NOGUEIRA, 2010).

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mercado da construção civil, ainda haja um crescimento de novos materiais no mercado, o concreto continua sendo o mais empregado devido suas propriedades, além de possuir um maior custo-benefício, o que o torna um material de alta flexibilidade construtiva. O concreto é responsável por uma parte dos impactos ambientais provocado pelo homem, mas apesar de tudo é um dos mais empregados e importantes da atualidade. Para minimizar os impactos causados pela quantidade de resíduos gerados, é necessária uma pesquisa para aplicação de novos materiais em substituição aos tradicionais utilizados. Quando isso ocorre, gera benefício tanto ao meio ambiente por aproveitar os resíduos quanto às reservas geológicas do agregado utilizados que mantêm conservadas (BARROS, 2016).

### **2.2.1 Cimento Portland**

Segundo o Instituto Brasileiro de Concreto (2011), o cimento Portland consiste de um grande valor agregado, sendo o constituinte mais caro do concreto. Como todo produto industrial, o cimento apresenta variações em sua característica ao longo do tempo. No mercado existem vários tipos de cimento, e como o estudo de dosagem do cimento no concreto varia de acordo com determinado cimento, pode ocorrer que, depois de um traço de concreto ter sido otimizado, mudanças no tipo de cimento podem comprometer o desempenho do concreto se não fizer os cálculos de acordo com as especificações do fabricante.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), o parque industrial brasileiro é composto por quase de 100 fábricas com capacidade instalada para produzir aproximadamente 90 mil toneladas por ano. Segundo dados do SNIC, a região Sudeste, com a maior concentração de fábricas de cimento, foi responsável por aproximadamente 46,1% da produção brasileira do ano de 2015, seguida pelas regiões Nordeste (22,2%), Sul (15,0%), Centro-Oeste (11,8%) e Norte (4,9%).

### **2.2.2 Agregado graúdo**

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

Segundo o Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON) os agregados graúdos devem ser escolhidos levando em consideração o tamanho do grão e a forma geométrica. A composição granulométrica desse agregado é de grande importância, pois quando há alterações na composição, interfere na quantidade de cimento a ser inserido na massa, pois



quando os grãos se tornam uniformes de mesmo tamanho, diminui a trabalhabilidade do concreto fazendo com que diminua sua resistência.

No Brasil, a produção de brita divide-se por tipos de rochas, em 85% de rochas granitoides (granito, gnaisse, riolito e outras), 10% de rochas calcárias (calcário e dolomito) e 5% de basalto e diabásio. Pela variedade de rochas que podem ser exploradas para obtenção desses agregados, consideram-se como abundantes estes recursos em quase todos os países (DNPM, 2012).

### **2.2.3 Agregado miúdo**

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

O uso da areia para construção acha-se dividido entre os subsetores de revenda (lojas de materiais de construção), concreto pré-misturado, fabrico de pré-moldados de concreto, argamassa, concreto asfáltico e material para compor a base/sub-base de rodovias (DNPM, 2016). Segundo o site da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC), o consumo de areia está dividido em 35% para argamassa, 20% concreteiras, 15% construtoras, 10% pré-fabricados, 10% revendedores/lojas, 5% pavimentadoras/usinas de asfalto, 3% órgãos públicos e 2% outros.

A areia possui como alternativas de uso os finos de pedreiras de rochas silicáticas, que são chamadas areias artificiais ou areia de brita, caracterizam-se como subprodutos do processamento de rochas britadas e que, segundo TARIK (2013), corresponde a uma parcela de aproximadamente 10% do consumo em mercados como o da Região Metropolitana de São Paulo. Além desses, os resíduos da construção e demolição (RCD) têm apresentado potencial de crescimento, uma vez que estudos tanto de caracterização tecnológica, quanto de rotas de tratamento, e mesmo de modelos dinâmicos visando o gerenciamento desses resíduos em nível municipal, têm sido cada vez mais frequentes. Uma boa referência destes estudos é encontrada em LIMA (2013).

Tendo em conta o peso que os usos da areia com aglomerantes têm na quantidade total consumida daquele insumo, torna-se muito relevante a análise da substituição dos produtos finais para o mercado da areia. Sendo assim, é importante avaliar que a substituição do concreto por materiais como blocos e tijolos de cerâmica vermelha, aço, alumínio, vidro e mesmo plásticos tem um impacto direto na demanda da areia (DNPM, 2016).

Melo (2011) afirma que a produção de agregados beneficiados para substituir fontes de agregados naturais, depende do atendimento às especificações técnicas, devendo ser esse o

objetivo da reciclagem. O agregado reciclado tem suas propriedades desfavorecidas pelo ambiente externo e interno às usinas.

#### **2.2.4 Água**

Águas originadas de fontes subterrâneas, ou de captação pluvial ou ainda oriunda de processo residual industrial, podem ser de uso adequado para aplicação em concretos, porém deve ser ensaiada. Água salobra (com salinidade entre a da água do mar e as chamadas águas doces) também pode ser utilizada, porém com restrições ao uso em concretos armados (BORDIN, 2010).

A presença de impurezas na água ou elementos contaminantes durante o amassamento pode ocorrer alterações indesejadas. A água para utilizar no concreto deve ser potável livre de qualquer impureza, mesmo sendo de fontes subterrâneas deve passar por análises químicas. Dentre os fatores que implicam na contaminação da água estão os óleos, produtos químicos, graxas, dentre outros, essas contaminações são provocadas durante os períodos chuvosos, onde as águas que escoam de locais com esses resíduos são levadas para os rios e também infiltram no subsolo, provocando essas contaminações (IBRACON, 2011).

#### **2.2.5 Aditivos**

Segundo a norma NBR 11768:1992 é considerado um aditivo um produto que quando incorporados em uma pequena quantidade em concreto contendo cimento Portland possui um poder modificar as propriedades do concreto adequando-os em melhores condições. É um tipo de produto que aumentam o índice de consistência do concreto mantendo as mesmas proporções do traço calculado na dosagem do concreto.

### **2.3 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CONCRETOS COMO AGREGADO**

Alguns estudos apontam que o teor de ar incorporado nos concretos com agregados reciclados é maior que nos concretos convencionais (HANSEN, 1986; SCHULZ e HENDRICKS, 1992; KATZ, 2003).

Parece que há uma relação linear entre a massa específica da partícula do agregado reciclado e a massa específica do concreto com ele produzido, sendo isso particularmente importante para o controle de qualidade do mesmo (SCHULZ e HENDRICKS, 1992).

Evangelista e Brito (2007) realizaram substituições em massa de agregados naturais por reciclados e encontraram, aos 28 dias, 59,4 MPa de resistência à compressão simples do concreto sem agregado reciclado, e valores de 61,3 MPa e 61,0 MPa, para substituições de 30% de 100%, respectivamente. Os valores de módulo de elasticidade decresceram à medida que aumentou a quantidade de RCD, obtendo 35,5 GPa para o concreto sem agregado

reciclado e 34,2 GPa e 28,9 GPa para os concretos com 30% e 100% de substituição, respectivamente. SOARES et al. (2014) encontraram 48,0 MPa e 36,2 MPa de resistência à compressão simples e módulo de elasticidade para o concreto sem agregado reciclado, e no concreto com 100% de RCD, foram obtidos valores de 50,3 MPa e 32,1 GPa, de resistência à compressão simples e módulo de elasticidade, respectivamente.

Os agregados constituem um importante material a ser produzido a partir do RCD por ser um dos materiais mais consumidos pelo setor da construção civil. Além de contribuir com a preservação do meio ambiente, o agregado proveniente de RCD demanda menor custo de capital, de energia e, potencialmente, de transporte (KULAIF, 2001).

Uma alternativa ainda não pesquisada de viabilizar o uso de teores mais elevados de substituição de agregados naturais por agregados de RCD mistos (contendo cerâmica vermelha) na produção de blocos de concretos, ou até mesmo conseguir blocos de concreto mais resistente (estruturais), seria melhorar a qualidade dos agregados de RCD mistos. Pode-se reduzir a porosidade dos agregados de RCD produzidos através da separação por densidade utilizando, neste caso, um equipamento de processamento mineral conhecido como jigge a úmido (ANGULO; FIGUEIREDO, 2011).

Estudos apontam que é viável a utilização de agregado reciclado de RCC para a produção de concretos (JI CHEN; YEN; HUNG CHEN, 2003; LEITE, 2001). Contudo, a relação a/c deve ser levada em consideração, já que é um dos principais fatores que afetam a resistência à compressão dos agregados reciclados (CABRAL, 2010).

Existem exemplos de como isso foi realizado anteriormente, com concretos desenvolvidos com substituições parciais de 25% e 50% de agregados reciclados onde não havia a influência de contaminantes (asfalto, argila, etc) influenciando a trabalhabilidade do mesmo (DILBAS, H., ŞİMŞEK, M., ÇAKIR, Ö., 2014). No mesmo estudo, visando o desempenho mecânico, concluiu-se que a proporção ótima seria algo em torno de 30% de substituição por agregado reciclado.

### **3 METODOLOGIA**

Quanto ao objetivo metodológico para esse trabalho adotou-se uma pesquisa exploratória, que segundo Gil (2002), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.

E sobre a o procedimento metodológico, a pesquisa experimental é entendida como uma experimentação que deve permitir comparar o efeito de duas ou mais condições ou tratamentos, bem definidos, sobre um atributo do organismo ou material que é objeto da pesquisa (REY, 1998, p. 33).

O trabalho foi realizado com metodologia caracterizada em pesquisa básica, exploratória, experimental e laboratorial.

#### **3.1 LOCAL DE PESQUISA**

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de materiais para construção civil e no laboratório de minas do departamento acadêmico de Engenharia do Centro Universitário do CEULP/ULBRA.

#### **3.2 ETAPAS PARA O BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

##### **3.2.1 Coleta e preparo dos materiais**

O RCD utilizado nos ensaios foi obtido da coleta do rejeito de argamassa proveniente de processos produtivos da empresa Durax, na cidade de Palmas – TO. Com o intuito de agregar valor a esse resíduo.

Durante a produção de telhas de concreto, o material que é rejeitado fica depositado em um recipiente específico, como o processo é otimizado, este desperdício é mínimo, para que fosse o suficiente para corresponder a 20% do total de areia a ser utilizada em todos os traços de substituição, foi necessário um período completo de produção para que fosse atingida essa quantia. O material coletado já em processo de endurecimento, mas apresentando grão de dimensões maiores.

Após a coleta do rejeito na fábrica, foram encaminhados para as dependências do laboratório de Engenharia de Minas do CEULP/ULBRA onde passaram por um processo de lavagem com água para remoção das impurezas presentes, para realização dos demais procedimentos.

### 3.2.2 Moagem

Os resíduos foram britados no laboratório de solos, obtendo como resultado desse processo, a redução do tamanho do material, com o auxílio de todos os equipamentos de segurança necessários.

Os pedaços foram postos no moinho de bolas, produzido por RTS – Máquinas de pesquisa de minério, na proporção de 1:2, em que 1 representa a quantidade de material a ser moído e 2 representa a quantidade de bolas a serem utilizadas na moagem, durante 15min, baseado na metodologia de Silva (2018) para obtenção de um material granular, este processo foi repetido por 04 vezes, sendo moído cerca de 4 quilos por vez, pois o moinho não tem capacidade suficiente de moer todo material em uma única vez.

O Moinho de bolas é um aparelho auxiliar na moagem de materiais através de um sistema composto por um grande jarro e esferas de porcelana ou aço inoxidável. O sistema é capaz de suportar cerca de 10 kg de material de cada vez, incluindo as esferas utilizadas no processo.

**Figura 3: Moinho de bolas**



**Fonte: Autor**

### 3.2.3 Peneiramento

O peneiramento foi realizado com peneiras e agitador mecânico. Este processo foi necessário para realizar uma compatibilização granulométrica do RCD com a areia natural para que o resultado final não fosse influenciado por essa diferença e sim pelo comportamento do material.

### 3.3 CARACTERIZAÇÕES DOS MATERIAIS

Os materiais foram classificados através da composição granulométrica com peneiras da série normal juntamente com o agitador de peneiras eletromecânico, para o alcance de uma curva granulométrica, segundo ABNT NM 248:2003.

**Figura 4: Peneiramento**

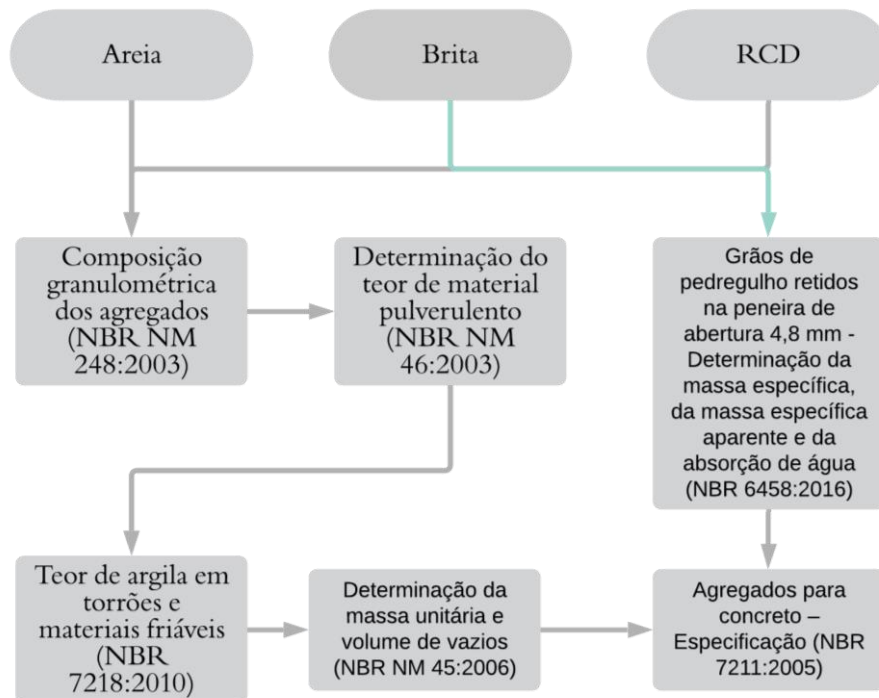


**Fonte: Autor.**

Para obtenção de uma curva granulométrica, segundo ABNT NM 248:2003, o resíduo moído, deve ser peneirado mecanicamente, sendo aproveitado o passante na peneira (#4,8mm). Em relação à distribuição granulométrica do RCD moído, as porcentagens retidas acumuladas nas diferentes peneiras, foram verificadas e atestou-se que estavam dentro dos limites de distribuição granulométrica, previstos na ABNT 7211:2009, para que um material seja considerado agregado miúdo para concreto.

Nesta etapa foram caracterizados os agregados graúdos (Brita) e os agregados miúdos (Areia natural e RCD moído) para utilização na fabricação do concreto de acordo com as normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. O fluxograma a seguir, apresenta de forma sucinta os ensaios necessários para a caracterização dos materiais desta pesquisa:

**Figura 5: Caracterização dos Materiais**



Fonte: Autor.

As características do aglomerante (cimento) foram extraídas do catálogo do fabricante.

### 3.4 CIMENTO PORTLAND

O cimento utilizado para o traço foi o CP II F-32, por não possuir adição mineral que possa interferir nas análises das propriedades estudadas.

Não foram realizados ensaios com o cimento utilizado, pois optou-se por utilizar as informações que o fornecedor dispõe, exceto o ensaio de finura do aglomerante. Assim temos na tabela 1 os dados referentes ao aglomerante utilizado.

**Tabela 1: Dados de massa específica e ensaio de finura do cimento Portland.**

Massa específica e Finura do cimento Portland.	
Massa específica do cimento (g/cm <sup>3</sup> )	3150
Determinação da Finura Por Meio da Peneira n°200 NBR 11579 Mb 3432:2001 (%)	0,98

Fonte: Autor

### 3.5 DEFINIÇÃO DAS DOSAGENS E DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS

As dosagens dos concretos utilizados nesta pesquisa foram realizadas através do método do ACI 211.1-91 (American Concrete Institute).

As dosagens foram determinadas com teores de 10%, 20% e 30% de substituição do agregado miúdo por RCD moído, seguindo o padrão de pesquisas como a de Dilbas, Şimşek e Çakir (2014) que concluíram como sendo 30% o teor ótimo para a substituição de agregados comuns por RCD. Para o traço referência foi utilizado um fck = 25 MPa com desvio padrão

de 4.0 MPa, sendo o  $f_{c28} = 31,6$  MPa e abatimento de  $100 \pm 20$ . A tabela 2 apresenta todos os dados necessário para calcular os traços:

**Tabela 2: DOSAGEM DE 25 MPA SLUMP  $100 \pm 20$ .**

Massa Unitária			
Areia	1526 kg/m <sup>3</sup>		
Brita	1380 kg/m <sup>3</sup>		
RCD moído	1480 kg/m <sup>3</sup>		
Massa Específica			
Areia	2650 kg/m <sup>3</sup>		
Brita	2640 kg/m <sup>3</sup>		
RCD moído	2560 kg/m <sup>3</sup>		
Cimento CP II – F – 32	3150 kg/m <sup>3</sup>		
DOSAGEM EXPERIMENTAL			
Teor de argamassa	~57 %		
Consumo de cimento	394,23		
Fator água / cimento	0,52 Sem ar incorporado		
TRAÇO EXPERIMENTAL EM MASSA			
Cimento	Areia	Brita	A/C
1	1,80	2,56	0,52

Fonte: Autor.

A tabela 3 destaca o consumo de materiais em cada traço seguindo as ordens de substituição em cada um:

**Tabela 3: Teores de materiais por traço**

Traço	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Areia (kg/m <sup>3</sup> )	Brita (kg/m <sup>3</sup> )	RCD moído (kg/m <sup>3</sup> )	Água (kg/m <sup>3</sup> )
TR	394,23	710,88	1007,40	0	205
T10	394,23	639,79	1007,40	71,88	205
T20	394,23	568,70	1007,40	142,18	205
T30	394,23	497,62	1007,40	213,26	205

Fonte: Autor.

O traço referência foi definido como traço piloto, para a determinação dos traços com substituição, foi necessário a pesagem da areia descontando o percentual de substituição por RCD e adicionando esse material moído a mistura. A tabela 4 apresenta as proporções de substituição de cada traço e a nomenclatura para cada teor de substituição:



**Tabela 4: Traços e teores de RCD**

TR	Traço de referência, sem nenhuma adição de RCD.
T10	Traço com substituição de 10% do agregado miúdo por RCD moído
T20	Traço com substituição de 20% do agregado miúdo por RCD moído
T30	Traço com substituição de 30% do agregado miúdo por RCD moído

Fonte: Autor.

### 3.6 PRODUÇÃO DO CONCRETO (NBR 5738:2015)

Os concretos foram produzidos a partir da pesagem do material. Logo após ser realizada a determinação do traço, utilizou-se uma quantidade de material suficiente para o preenchimento do tronco de cone, para a determinação do abatimento, e posteriormente a moldagem de CP's suficiente para realizar todos os ensaios. A mistura e o preparo do concreto foram feitos em uma betoneira da marca Menegotti de 150 litros comum com eixo horizontal. Após a mistura foram realizados ensaios de consistência e as moldagens dos corpos de prova.

### 3.7 DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP TEST) (ABNT NM 67:1998)

A consistência do concreto foi determinada pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), conforme a NBR NM 67:1998. Para esta pesquisa foram realizados ensaios de caracterização do concreto no estado fresco para o concreto de referência e os concretos com substituição por RCD. A figura 6 apresenta o comportamento do traço de referência durante o ensaio de abatimento.

**Figura 6: Ensaio de abatimento (slump test).**



**Fonte: Próprio autor**

O ensaio de slump test (abatimento de tronco de cone) que é realizado tanto em laboratório quanto no canteiro de obras, a fim de verificar a fluidez do concreto para ser lançado na estrutura. Para o procedimento é necessário uma haste de ferro de 16 mm de diâmetro por 60 cm de comprimento e um tronco de cone, de 30 cm de altura, 20 cm de diâmetro de base e 10 cm de diâmetro no topo. O tronco de cone deverá ser preenchido com concreto em três camadas iguais, intercaladas por 25 golpes com a haste de metal por camada, depois, o tronco de cone é lentamente suspenso. O concreto, sem apoio, abater-se-á sobre seu próprio peso, a medida do decréscimo entre a altura final e a altura do tronco de cone determinará o abatimento do concreto.

### 3.8 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA (NBR 5738:2015)

Para a moldagem dos CPs foram utilizados os moldes cilíndricos de dimensões 100 mm x 200 mm segundo a NBR 5738:2015 que prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão, neste caso, a moldagem com o vibrador de agulha 19 mm e após as curas determinadas, acontecerão os rompimentos dos CPs curados nas idades requeridas.

Os corpos de prova foram moldados em fôrmas metálicas de dimensões precisas conforme definido pela ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Após a moldagem, foram colocados sobre uma superfície plana, livre de qualquer outra coisa. Durante as primeiras 24h, todos os corpos de prova foram armazenados em local resguardado de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto. Por fim, os corpos de prova

foram desmoldados e identificados, e em seguida, submersos em água. A figura 7 apresenta os CP's logo após a moldagem, aguardando o endurecimento para a desmoldagem no dia seguinte.

**Figura 7: Corpos de prova moldados.**



Fonte: Autor.

O número de corpos de provas quanto ao tipo de ensaio e aos traços, ficaram dispostos conforme a tabela 5:

**Tabela 5: Quantidade de corpos de prova por traço de concreto**

Ensaio	Normas	Idades	Nº de CP's/Idade	Total de CP's
Compressão Axial	NBR 5739/2007	03, 07, 28 dias	02	24
Absorção de Água	NBR 9778/2009	45 dias	02	08
Módulo de Elasticidade	NBR 8522/2008	28 dias	02	08
Tração por Comp. Diametral	NBR 7222/2011	28 dias	02	08
			Total de CP's	48

Fonte: (SILVA, 2018)

### 3.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPO-DE-PROVA CILÍNDRICO (NBR 5739:2007)

O ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico é regido pela NBR-5739: 2007. Até a idade de ensaio, os corpos de prova foram mantidos em processo de cura úmida ou saturados nas condições preconizadas. Existe também uma tolerância para o tempo de ensaio em função da idade de cura, que varia de 30 minutos a 02 dias.

A carga de ensaio foi ser aplicada continuamente e sem choques, com velocidade de carregamento de 0.3MPa/s a 0.8MPa/s, nenhum ajuste foi efetuado no equipamento enquanto o corpo de prova estiver sendo ensaiado.

A resistência à compressão é obtida dividindo a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova.

Todos os traços foram submetidos aos ensaios de compressão conforme disposto pela ABNT NBR 5739:2007 – Concreto - Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. No conjunto de prensas EMIC PC-200, do laboratório de Materiais e estudos do CEULP/ULBRA.

Para cada traço com substituição de agregado miúdo por RCD moído, foram confeccionados e rompidos 02 (dois) corpos de prova por intervalo de idade, essa quantidade de rupturas, possibilitou o cálculo das resistências médias com uma boa precisão, e também, a determinação do desvio padrão para as médias das resistências. Os ensaios ocorreram nas idades de 03, 07 e 28 dias do processo de cura do concreto. Foram produzidos 48 (quarenta e oito) corpos de prova, para a realização de todo o projeto de pesquisa, sendo que apenas 24 (vinte quatro) foram submetidos aos ensaios de resistência a compressão. A figura 8 apresenta o CP durante o ensaio na prensa que realiza a compressão na peça.

**Figura 8: Ensaio de compressão axial**



**Fonte: Autor.**

### 3.10 ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (NBR 7222:2010)

Na realização do ensaio de resistência à tração por compressão diametral, foram seguidas as especificações da NBR 7222:2010. Os corpos de prova utilizados permaneceram submersos em água até a idade de 28 dias prevista para os ensaios, seguindo a recomendação da ABNT NBR 5738:2015.

Este ensaio também faz parte do grupo que foi realizado no conjunto de prensas EMIC PC-200 que há no laboratório de Materiais e estudos do CEULP/ULBRA. Na figura 9 o processo é similar ao ensaio de compressão, onde a mudança está basicamente no posicionamento do CP.

**Figura 9: Ensaio de compressão diametral.**



**Fonte: Próprio autor**

### 3.11 ENSAIO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO (EC) (NBR 8522:2008)

As determinações do módulo de elasticidade foram realizadas pelo método de elasticidade tangente inicial do concreto ( $E_{ci}$ ), é determinado pelo ensaio prescrito pela NBR 8522:2008, sendo este o módulo a ser determinado por ensaio, conforme estabelecido pela NBR 6118:2014.

Primeiramente, determina-se a resistência à compressão do concreto ( $f_c$ ) em dois corpos de prova da mesma da mesma dosagem, preparados e curados da mesma forma que os corpos de prova a serem utilizados para a determinação do módulo, devendo ser ensaiados à compressão conforme a NBR 5739:2007. Na figura 10 está representado o ensaio do módulo de elasticidade da peça de concreto.

**Figura 10: Ensaio de determinação de módulo de elasticidade.**



**Fonte: Autor.**

### 3.12 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (NBR 9778:2009)

O ensaio será realizado de acordo com a NBR 9778/2009, com idade de 45 dias e serão moldados 02 corpos de prova para cada traço. O ensaio tem como objetivo medir a porcentagem de absorção de água no concreto, pois é uma relação de que há durabilidade do concreto.

### 3.13 COMPARAÇÃO DE CUSTO DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCD COM O CONCRETO CONVENCIONAL

O levantamento do custo foi feito com base em bancos de dados do SINAPI e do SINCRO. Para a obtenção do material reciclado, foi realizada uma composição unitária levando em consideração todos os insumos de dentro do estado em que a pesquisa foi realizada. Uma segunda composição unitária foi realizada com a intenção de obter o custo do concreto de referência e o custo do concreto com substituição do agregado miúdo por RCD moído. Por fim, a comparação entre os custos foi realizada levando em consideração o custo de um concreto industrializado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos durante a pesquisa a respeito dos materiais utilizados na fabricação dos traços de concretos, bem como os ensaios nos concretos, tanto em estado fresco, como em estado endurecido, estão dispostos a seguir.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Após o processo de beneficiamento do agregado miúdo reciclado e a escolha dos demais materiais que compõe os concretos, foram realizados os ensaios para a caracterização de cada um deles.

#### 4.1.1 Granulometria dos agregados

Na tabela 6 estão descritos os dados obtidos através da caracterização da areia proveniente de Palmas – TO.

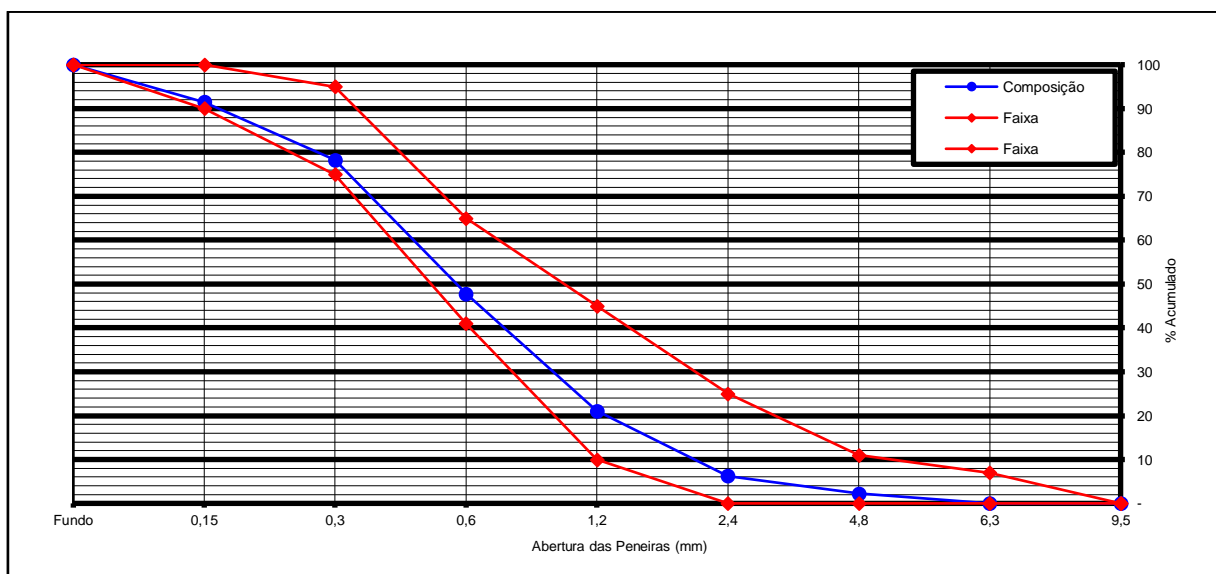
**Tabela 6: Ensaios de caracterização do agregado miúdo natural**

Determinação da massa unitária do agregado miúdo natural (NBR NM 45:2006)		
Massa unitária	1,526	g/cm <sup>3</sup>
Determinação da massa específica do agregado miúdo (NBR NM53:2009).		
Massa específica	2,650	g/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura da areia (NBR NM- 248:2003)	2,47	%
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	2,4	mm

Fonte: Autor.

Pode-se observar no gráfico 1, a curva granulométrica do agregado miúdo (areia natural):

**Gráfico 1: Granulometria do agregado miúdo natural.**



Fonte: Autor.

Na tabela 7 estão os dados obtidos nos ensaios de caracterização do RCD moído, proveniente do rejeito cedido pela empresa DURAX, na cidade de Palmas - TO.

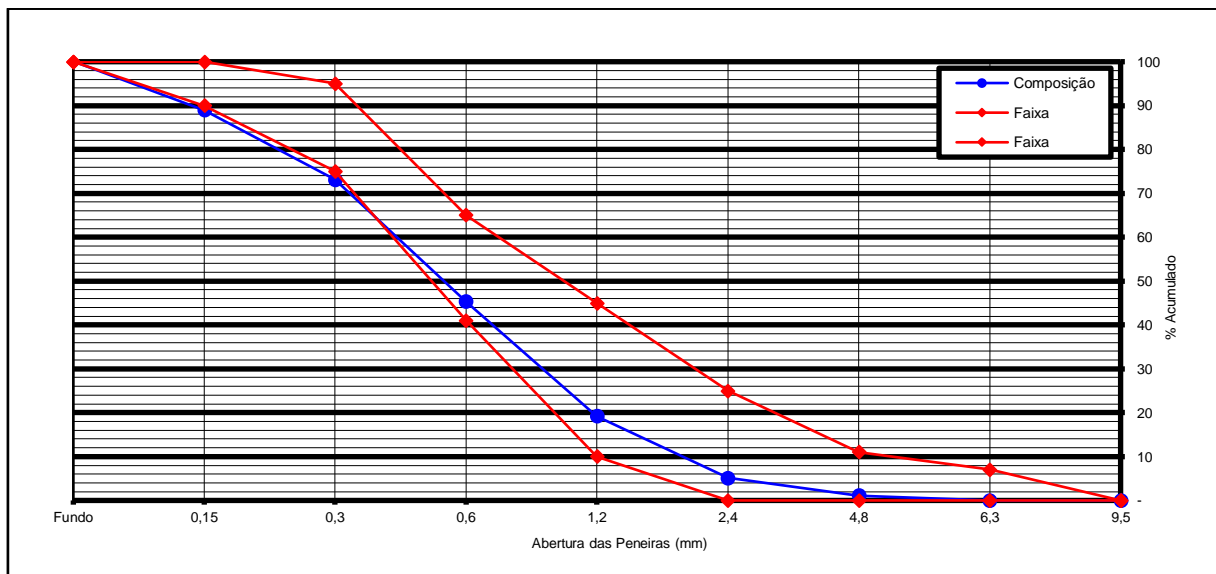
**Tabela 7: Ensaios de caracterização do agregado miúdo (RCD moído)**

Determinação da massa unitária do agregado reciclado (NBR NM 45:2006)		
Massa unitária	1,480	g/cm <sup>3</sup>
Determinação da massa específica do agregado miúdo (RCD moído) (NBR NM53:2009).		
Massa específica	2,560	g/cm <sup>3</sup>
Módulo de finura da areia (NBR NM- 248:2003)	2,33	%
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	2,4	mm

Fonte: Autor

O gráfico 2 mostra a curva granulométrica do material reciclado, onde as cores vermelhas representam o limite inferior e superior da zona ótima de utilização.

**Gráfico 2: Granulometria do RCD moído.**



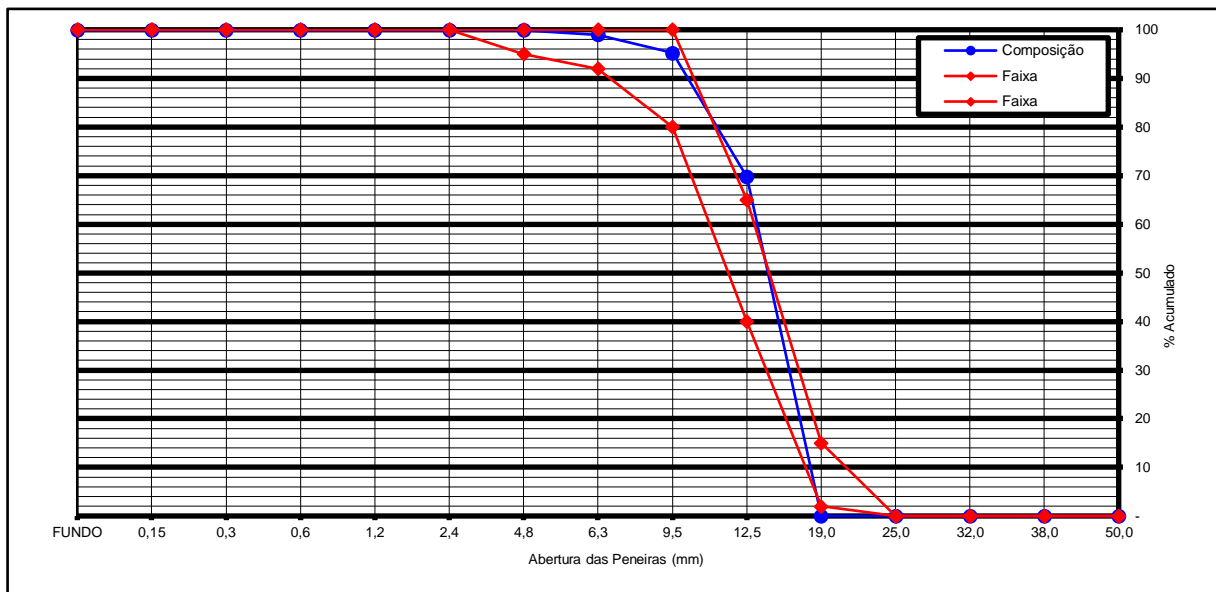
Fonte: Autor.

Observou-se que a curva do RCD moído está dentro da zona ótima com um pequeno desvio, o que não descarta a utilização do material, e o módulo de finura do RCD moído apresenta valor próximo ao do agregado natural, após a comparação dos gráficos observamos que é possível realizar a substituição do agregado natural por RCD moído.

E por fim, no gráfico 3 está disposta a curva granulométrica do agregado graúdo, está dentro do limite superior e inferior de trabalho, como os demais agregados atendendo a ABNT 7211:2009.



Gráfico 3: Granulometria do agregado graúdo.



Fonte: Autor.

Com base nos dados e segundo Mehta e Monteiro (1994), a granulometria, a dimensão máxima, a forma e a textura do agregado são fatores que influenciam na retração por secagem do concreto, entretanto o módulo de deformação do agregado é considerado mais importante.

Logo a diferença entre o módulo de finura do agregado miúdo natural e do RCD moído possa resultar em variações nas propriedades finais do concreto. A distribuição granulométrica também se difere entre os dois agregados, o que pode interferir no empacotamento dos grãos, diminuindo a homogeneidade da massa no pior dos casos.

Assim, quando se usa um alto teor de substituição de agregados naturais pelo RCD moído, é coerente que o concreto produzido por esse último possua maior retração, uma vez que os agregados reciclados possuem um módulo de deformação menor que os agregados naturais, sofrem por tanto maior deformação, além de, em função da alta absorção de água por parte destes, exigirem elevado teor de água (POON et al., 2002).

O aumento da substituição do agregado natural por RCD moído pode causar deficiência hidratação da pasta de cimento no estado fresco e no estado sólido isso pode levar a redução da resistência do concreto caso não haja nenhuma interferência no traço.

#### 4.2 RESULTADOS DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

Logo após a mistura dos materiais, pouco antes da moldagem dos corpos de prova, foram realizados alguns testes, como a observação da homogeneidade da mistura e o slump test. A tabela 8 apresenta os resultados de slump observados em cada um dos traços:

**Tabela 8: Ensaio de abatimento do concreto.**

Traço	Slump test
TR	90 mm
T10	70 mm
T20	75 mm
T30	80 mm

**Fonte: Autor**

Segundo Hansen (1992), o agregado reciclado não deve possuir reações deletérias com o cimento ou com a armadura, e por fim, deve ter uma forma granulométrica satisfatória para produzir um concreto com trabalhabilidade aceitável.

Para concretos feitos com agregados reciclados que possuam argamassa, tais como os agregados reciclados de concreto e de argamassa, há também a possibilidade de geração de finos durante o processo de mistura, devido ao desgaste da argamassa antiga contida no agregado reciclado, em função do atrito dos agregados, aumentando assim a coesão dos mesmos, e diminuindo a trabalhabilidade (HANSEN e NARUD, 1983; HANSEN, 1986). Isso pode ter ocorrido com maior intensidade nos menores teores de substituição do RCD moído, causando essa divergência nos dados obtidos.

Topçu (1997) e Topçu e Sengel (2004) constataram uma redução na trabalhabilidade em concretos produzidos com agregados reciclados de concreto, chegando a uma redução de 15 a 20% na mesma medida do abatimento do tronco de cone, para 100% de substituição. Bairagi et al. (1993) encontraram reduções mais significativas na trabalhabilidade (de 33 a 50%), sendo que essa perda foi mais evidenciada nos primeiros 15 minutos após a mistura dos materiais.

Outra explicação para este fenômeno seria a exsudação dos concretos, que é um caso particular de segregação, quando os componentes sólidos mais pesados se depositam no fundo das fôrmas ou moldes, e o componente mais leve, a água, sobe para a superfície das peças concretadas. Metha e Monteiro (1994) define a exsudação como sendo um fenômeno cuja manifestação externa é o aparecimento de água na superfície após o concreto ter sido lançado e adensado, antes de ocorrer a sua pega. Isso não descarta a influência da granulometria.

Apesar do TR estar fora da linha de tendência, os traços com adição de RCD apresentam uma propensão entre si, quanto maior o teor de substituição, maior será o abatimento.

#### 4.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO

Na tabela 9, são apresentados os resultados dos ensaios de compressão axial em todas as idades, bem como as médias:

Tabela 9: Ensaio de compressão axial: Resultados

Traços	3 Dias		Médias* 03 dias	07 dias		Médias 07 dias	28 dias		Médias 28 dias
	CP1	CP2		CP1	CP2		CP1	CP2	
TR	19,30	12,80	19,30	22,20	23,10	22,65	30,40	31,10	30,75
T10	18,00	18,90	18,45	19,70	18,80	19,25	27,60	26,90	27,25
T20	17,30	17,90	17,60	17,20	19,80	18,50	25,00	25,30	25,15
T30	16,00	16,40	16,20	18,90	16,60	17,75	24,80	23,10	23,95

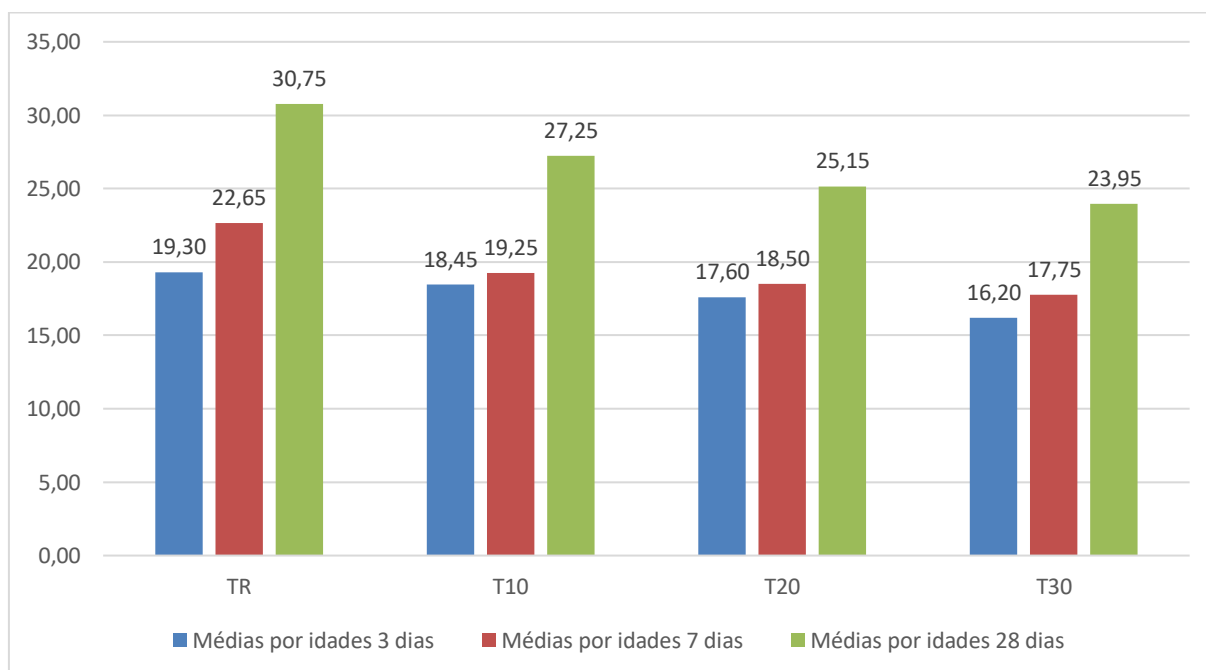
\*No traço TR de 03, foi utilizado apenas o valor da maior resistência por causa da alta discrepância dos dados.

Fonte: Autor.

É possível identificar que a média de resistências dos CP's segue uma tendência em relação aos traços. Algo interessante que vale ser observado é em relação as médias dos 28 dias de cura, em que conforme o teor de RCD moído aumenta no traço, a resistência cai quase que proporcionalmente a adição, exceto no T30 em que a queda de resistência fica em torno de 22% em relação ao TR.

No gráfico 4, estão dispostos os traços por ordem de substituição e as idades correspondentes a cada traço:

Gráfico 4: Evolução da resistência a compressão ao longo das idades.



Fonte: Autor.

Outro detalhe observado, em que é evidenciado no gráfico 4, é o ganho de resistência individual dos traços, no TR a resistência é acrescida de forma quase linear, diferente dos traços com adição, em que o ganho de resistência nas primeiras idades é lento, e é possível observar a diferença brusca dos resultados de 07 dias em relação ao de 28 dias. Sendo que nas idades iniciais os traços de concreto com adição obtiveram cerca de 70% menos de ganho de resistência, nos piores casos (T10 e T20), se comparado com o TR. O T30 por outro lado

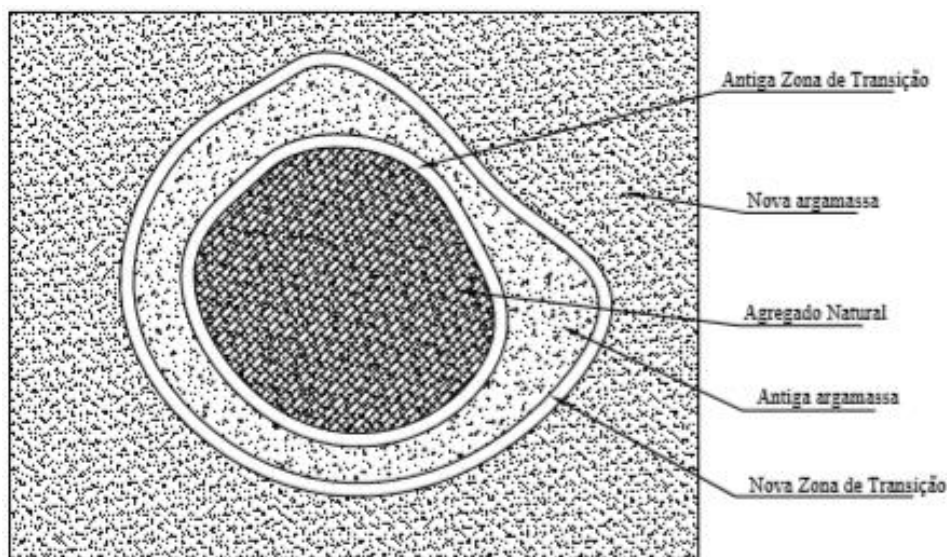
obteve maior ganho inicial, se comparado aos demais traços com adição, mas dos 07 dias aos 28 dias o ganho de resistência foi inferior aos demais.

A interface entre a argamassa e o agregado é chamada a zona de transição e é considerado o ponto mais fraco do concreto, pois ela é quem governa as propriedades do concreto convencional, tais como resistência a compressão, resistência a flexão, módulo de deformação, dentre outras (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Através de ensaios laboratoriais, OTSUKI et al. (2003) comprovam em concretos produzidos com agregados reciclados de concretos que, para as propriedades estudadas (resistência à flexão e módulo de deformação), a zona de transição também é o fator limitante de desempenho para este tipo de concreto.

Assim é possível que o RCD moído tenha afetado diretamente a zona de transição dos concretos. Como pode ser observado na figura 11, no concreto produzido com agregado reciclado de concreto, existem dois tipos de interface entre o agregado e a argamassa: uma interface entre o agregado natural e a argamassa antiga e outra interface entre a argamassa antiga e a nova argamassa, diferente do que ocorre no concreto convencional feito somente com agregado natural, onde só existe um único tipo de interface (RYU, 2002a; RYU, 2002b; OTSUKI e MIYAZATO, 2000; OTSUKI et al., 2003; TAM et al., 2005; ETXEBERRIA et al., 2006).

**Figura 11: Zonas de transição do agregado reciclado de concreto**



Fonte: RYU, 2002

Rasheeduzzafar e Khan (1984), citados por Hansen (1986), e Ryu (2002) dizem que a resistência do concreto com agregado reciclado de concreto depende da qualidade da nova zona de transição quando a qualidade da antiga zona de transição for melhor que a nova.

Quando a qualidade da nova zona de transição for melhor que a antiga, a resistência do concreto com agregado reciclado de concreto dependerá da qualidade da antiga zona de transição, ou seja, da qualidade do agregado reciclado.

Conforme o teor de substituição do agregado natural por RCD moído aumenta, existe a possibilidade do surgimento de novas zonas de transição, este aumento pode ocasionar no enfraquecimento da microestrutura do concreto, reduzindo sua capacidade de resistir aos esforços.

#### 4.4 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A tabela 10 é composta pelos valores da resistência a tração por compressão diametral, esse ensaio mostra a capacidade do concreto a resistir aos esforços de tração:

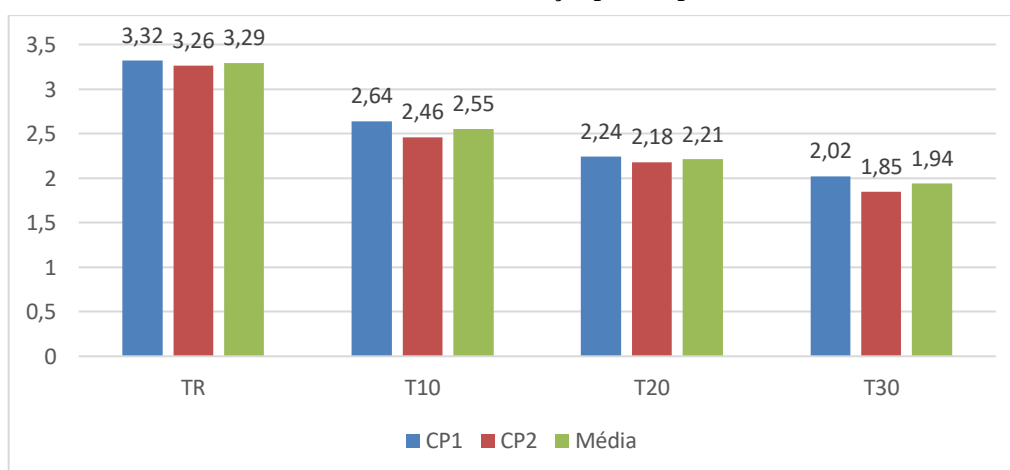
**Tabela 10: Ensaio de resistência a tração por compressão diametral: Resultados.**

Traço	CP's 28 dias (Mpa)		Média
	CP1	CP2	
TR	3,32	3,26	3,29
T10	2,64	2,46	2,55
T20	2,24	2,18	2,21
T30	2,02	1,85	1,94

Fonte: Autor

No gráfico 5, estão dispostos os resultados ensaiados em laboratório, obtidos através da compressão diametral dos CP's.

**Gráfico 5: Resistência a tração por compressão.**



Fonte: Autor.

Conforme o resultado de resistência a compressão a tendência se confirmou para o ensaio de resistência à tração, diminuindo as propriedades do concreto à medida que o teor de resíduo aumenta na composição. Observa-se uma redução de quase 40% na resistência,

comparando o TR com o T30, logo esse traço é o que apresenta menor desempenho em relação aos demais.

#### 4.5 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Consiste em ensaiar os CP's, secando-os durante 72 horas, anotando o peso no estado seco e posteriormente submergindo-os em água por mais 72 horas para encontrar o peso dos CP's úmidos, seguindo as diretrizes da NBR-9878.

Na tabela 11 estão dispostos os dados relacionados as médias das massas específicas seca e saturada, além do teor de absorção de água para cada traço ensaiado segundo a NBR-9778 ABNT, 2005.

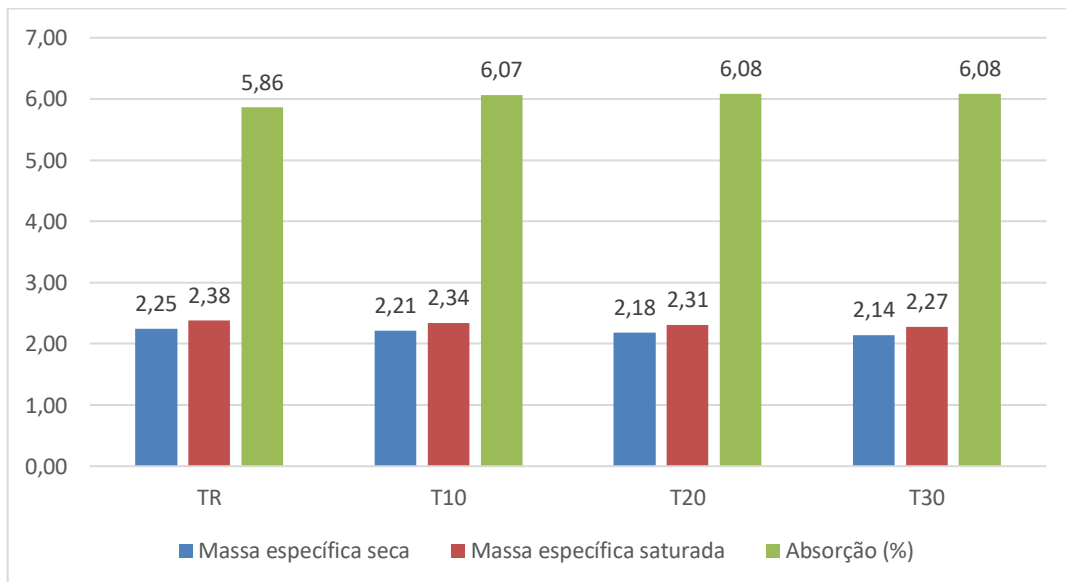
**Tabela 11: Absorção de água**

Traços	Absorção de água (%)	Massa específica seca (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica saturada (g/cm <sup>3</sup> )
TR	5,86	2,25	2,38
T10	6,07	2,21	2,34
T20	6,08	2,18	2,31
T30	6,08	2,14	2,27

Fonte: Autor.

No gráfico 6, são apresentados os dados de médias de massas e os de absorção:

**Gráfico 6: Absorção de água e massas específicas dos CP's ensaiados**



Fonte: Autor.

A substituição da areia por RCD moído apresentou uma leve redução do peso específico do concreto, um dado importante, pois, em grandes volumes uma leve redução por metro cúbico pode gerar uma grande diferença, de modo a economizar, visto que o peso próprio da estrutura será menor.

Segundo Tam et al. (2005), agregados com altas taxas de absorção geralmente conduzem a concretos com desempenho inferiores, afetando propriedades como resistência, durabilidade, deformação e retração.

Geralmente concretos confeccionados com agregados reciclados são caracterizados por uma alta percentagem de meso e macro poros, sugerindo assim uma porosidade com maior tendência à absorção de água e à lixiviação, do que os preparados com agregados naturais (SANI et al., 2005).

Essas informações dos estudos anteriores demonstram que os agregados reciclados, em concretos aumentam a porosidade e levam a uma maior absorção de água, geralmente notada mais veemente em substituições maiores, sendo confirmados os dados obtidos neste estudo.

#### 4.6 MÓDULO DE ELASTICIDADE

Na tabela 12 estão relacionados os resultados obtidos através do cálculo do  $E_{ci}$  e do ensaio de  $E_{ci}$ . Os valores dispostos na tabela são os valores médios.

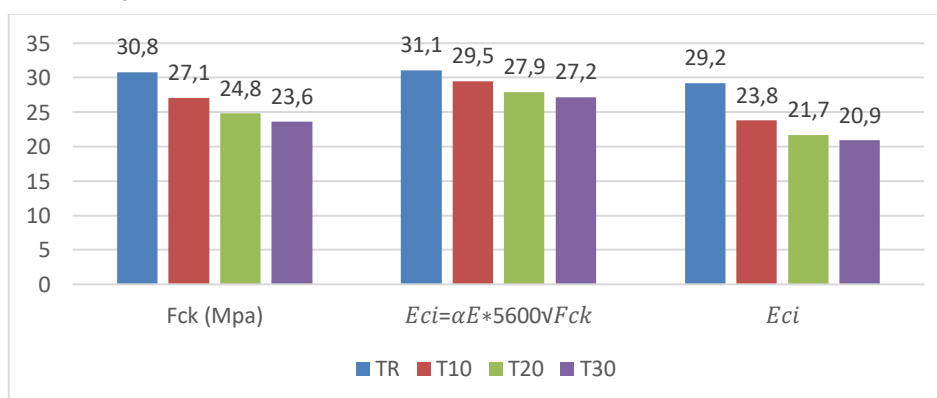
**Tabela 12: Módulo de elasticidade do concreto**

Método/Traço	TR	T10	T20	T30
Fck (Mpa)	30,80	27,10	24,80	23,60
$E_{ci}=\alpha E*5600\sqrt{Fck}$ (Gpa)	31,10	29,50	27,90	27,20
<b><math>E_{ci}</math> (Gpa)</b>	<b>29,20</b>	<b>23,80</b>	<b>21,70</b>	<b>20,90</b>

Fonte: Autor

No gráfico 7 estão dispostos os resultados do módulo de elasticidade:

**Gráfico 7: Relação resistência x Módulo de elasticidade de cálculo x Módulo de elasticidade de ensaio.**



Fonte: Autor.

Para este trabalho, o módulo de elasticidade está diretamente ligado com a densidade dos materiais empregados na elaboração do concreto, isso significa dizer que se a mistura dos materiais resultar em um produto de porosidade alta, como foi o caso, a resistência é

comprometida e módulo de elasticidade é menor. A tendência observada nesse caso foi a redução do módulo de elasticidade, a medida em que a porosidade aumenta.

É importante conhecer o teor de argamassa no agregado reciclado, porque esta afeta algumas propriedades dos concretos, tais como o módulo de deformação, o grau de fissuração e a retração por secagem (TOPÇU e SENDEL, 2004).

Kokubu et al. (2000) dizem que o módulo de deformação de concretos com agregados reciclados decresce com o aumento do teor de argamassa aderida nos agregados reciclados. No caso deste estudo, como a utilização do resíduo foi basicamente argamassa a teoria se confirma com os ensaios realizados, havendo uma redução no módulo por conta desta substituição.

Ao que tudo indica o comportamento do módulo de elasticidade do concreto é regido pelas características do agregado. Portanto, como o agregado reciclado tende a ser mais deformável que o agregado natural, o concreto produzido com este é também, mais deformável que o concreto confeccionado com agregados naturais.

#### 4.7 COMPOSIÇÃO DO CUSTO DO CONCRETO COM RCD MOÍDO

O levantamento do custo foi realizado levando-se em conta o custo do concreto similar quantificado pelo SINAPI. Além do concreto pronto, foi realizada a composição unitária para o concreto de referência e os concretos com substituição parcial do agregado miúdo por RCD moído.

Para o custo do agregado reciclado, foi necessário realizar uma composição unitária, usando como base o SINAPI e o SINCRO do ano vigente, dos quais foram extraídos os valores de insumos, mão de obra e equipamentos necessários para realizar o processo de beneficiamento do resíduo.

Com o valor do agregado reciclado, foi possível quantificar o custo unitário do concreto com os teores de substituição, obtendo os seguintes resultados, apresentados na tabela 13:

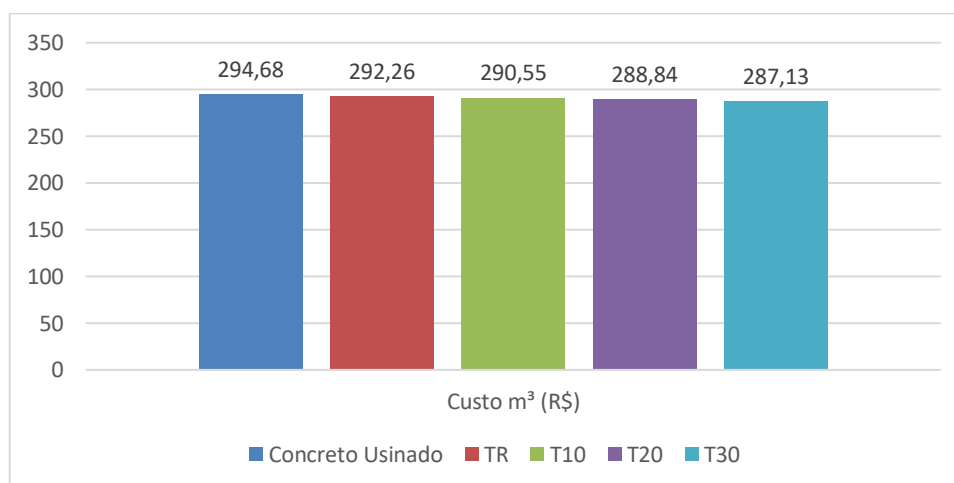


**Tabela 13: Comparativo de custos de concretos de 25 Mpa.**

Tipo de concreto	Custo do m <sup>3</sup> (R\$)
Concreto usinado C25	294,68
TR	292,26
T10	290,55
T20	288,84
T30	287,13
Custo dos insumos: Cimento: R\$ 28,00/saco 50kg; Agregado graúdo natural: R\$ 70,82/m <sup>3</sup> ; Agregado miúdo natural: R\$ 75,00/m <sup>3</sup> ; Agregado miúdo reciclado: R\$ 11,21/m <sup>3</sup> .	

Fonte: Autor

O gráfico 8 apresenta comparativo de custo entre os concretos usinado, concreto de referência e os concretos com substituição do agregado miúdo por RCD moído.

**Gráfico 8: Relação dos custos e os tipos de concreto**

Fonte: Autor

É possível observar a leve redução no custo unitário do concreto conforme o teor de substituição aumenta. A maior diferença está entre o concreto usinado e o T30, com uma redução de quase 3%. Embora a redução no custo seja pouca, vale ressaltar que o concreto com substituição é mais leve que o de referência ou mesmo que o concreto usinado, portanto faz com que o carregamento da estrutura global possa ser menor, reduzindo assim, com mais veemência o custo final de uma obra.

Para os demais tipos de concreto a redução fica em torno dos 0,6%, conforme o teor de resíduo aumenta, sempre comparando com o anterior.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho estão apresentados os resultados do estudo experimental com a substituição parcial de agregado miúdo por RCD moído (faixas granulométricas semelhante da areia) para fabricação de concretos estruturais, de maneira que seja agregado valor aos resíduos de construção civil em geral. Os resultados expostos, em função da substituição da areia por RCD moído.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são válidos somente para composições similares de RCD, em que haja uma predominância de partículas cimentícias sem agregados naturais mesclados em aglutinações formando grãos maiores. Vale ressaltar que é necessário também curvas granulométricas com a maior aproximação possível das encontradas durante a caracterização dos materiais para se obter resultados próximos aos deste trabalho, pois qualquer mudança pode gerar resultados totalmente diferentes, são variações das quais não se pode prever.

Os valores obtidos através dos ensaios de tensão e ruptura dos concretos com substituição parcial do agregado miúdo por RCD moído, ficaram abaixo do concreto de referência. É possível que este fenômeno tenha ocorrido por ser tratar de um material com absorção maior de água. Assim a hidratação do concreto estaria sendo afetada pelo aumento da quantidade de RCD moído. É certo que, a quantidade de água adicionada na fabricação dos concretos foi sempre constante, pode ter ocorrido uma deficiência de água para a hidratação e a relação água/cimento diminuiria, causada justamente pela absorção elevada do resíduo em comparação com a areia natural. Com isto, haveria um aumento dos vazios nos corpos de prova, aumentando assim a porosidade, reduzindo seu peso e conseqüentemente levando a uma diminuição da tensão de ruptura. Esta observação é confirmada pelo teste de slump destes corpos de prova, onde o aumento da substituição de RCD acarretou um aumento do abatimento do concreto obtido, evidenciando uma redução na trabalhabilidade do concreto conforme a adição de resíduo aumentava.

O RCD moído utilizado para substituir do agregado miúdo não foi satisfatório, houve perda de resistência, pois somente com substituição da areia não apresentou desempenho adequado, podemos concluir que o RCD dificulta a hidratação, enfraquece as ligações com seus compostos frágeis e causa porosidade no concreto.

Pode-se concluir que a substituição do material não melhora as características resistência, e dentre os concretos com a substituição, o que apresentou resistência aos 28 dias valores baixos foi o de 30%, por isso mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que a

utilização de RCD moído nesta faixa de substituição do agregado miúdo para uso nos concretos estrutural, não é recomendada.

O material utilizado vem de peças pré-moldadas de baixa resistência, este pode ter sido um fator determinante na resistência final dos concretos com substituição, pois agregados menos resistentes geram zonas de transição mais fracas, reduzindo assim a capacidade da peça de concreto de resistir aos esforços.

A substituição do agregado natural por RCD moído, pode alcançar a resistência conforme Cabral (2007), mas para que isso ocorra, é necessária reduzir a relação água/cimento para se obter a resistência similar ao de concretos convencionais, embora essa interferência possa causar o aumento do consumo de cimento e por fim influencie negativamente no custo final do concreto.

Logo, esta pesquisa demonstra a viabilidade técnica da substituição do agregado miúdo RCD moído. Entende-se aqui também, que serão necessárias novas pesquisas para a avaliação de todo o potencial da utilização do RCD moído como material substituto da areia para fabricação de concreto. Por outro lado, o uso de RCD como material de construção estaria colaborando com a conservação de recursos naturais, com a diminuição da quantidade de areia extraída da natureza, a redução da quantidade de lixo produzida por essa indústria, assim como com o desenvolvimento de um material novo.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Tendo-se em vista que o presente trabalho com a substituição do agregado miúdo por RCD em concreto não alcançou a resistência esperada, os seguintes estudos podem ser realizados a partir dos fins aqui citados:

1. Concretos de diferentes faixas de resistência
2. Estudos sobre a reação álcali-agregado no concreto com substituição agregado miúdo por RCD.
3. Estudos sobre carbonatação no concreto com substituição agregado miúdo por RCD (devido possibilidade de maior porosidade).
4. Estudar a granulometria do agregado reciclado e usar um método de empacotamento para melhorar as propriedades do concreto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto procedimento para moldagem e cura de corpos de provas: Rio de Janeiro: julho, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto- ensaios de compressão de corpos de provas cilíndricos: Rio de Janeiro: julho, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água: Rio de Janeiro: julho, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - especificações. 3 ed. Rio de Janeiro, 2009. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica: Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (**NBR 7223**:1998). Determinação da consistência pelo Tronco de Cone SLUMP TEST. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão Rio de Janeiro: ABNT, 008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**:2015 Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: 2015 Edificações Habitacionais – Desempenho.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26**: 2001 Agregados - Amostragem.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27**: 2001 Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. ASTM C618-78 Standard Specification for Fly Ash And Raw Or Calcined Natural.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. 74 p. 2017. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTOS DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (ANEPAC). **O Mercado de Agregados no Brasil 2013**.

Disponível em: <http://www.anepac.org.br/>. Acesso em: 30 abr. 2019.

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil.

**Pesquisa Setorial 2014/2015**. Disponível em: [https://abrecon.org.br/pesquisa\\_setorial/](https://abrecon.org.br/pesquisa_setorial/).

Acesso em 10 mar. 2019.

ALGARVIO, D. A. N. **Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**: contribuição para controle do processo. Lisboa, 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

ANGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D. de. Concreto Com Agregados Reciclados. In: ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: Arte Interativa, 2011

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA (2002). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos Para A Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Brasil.

Brasil. (2010, 2 de agosto). **Lei nº 12.305, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União. Recuperado em 16 de maio de 2016, de [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em 29 Abr, 2019.

BARROS, Laerte Melo. **Concreto de alta resistência a partir de matérias primas amazônicas e vidros reciclados**. 2016. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2016.

BORDIN, Vanessa. **Nova norma da ABNT estabelece critérios para o uso de água em concreto**. 2010. Vogg Branded Content. Disponível em: . Acesso em: 21 abr. 2019.

CABRAL, A. E. B. Mechanical Properties Modeling of Recycled Aggregate Concrete. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 4, p. 421-430, 2010.

DILBAS, H., ŞİMŞEK, M., ÇAKIR, Ö., **An investigation on mechanical and physical properties of recycled aggregate concrete (RAC) with and without silica fume**, *Construction and Building materials*, v. 61, pp. 50-59, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Sumário mineral 2012**. 32. ed. Brasília: Dnpm, 2012. 121 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Sumário mineral 2016**. 36. ed. Brasília: Dnpm, 2016. 131 p.

EVANGELISTA, L., BRITO, J. **Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates**. *Cement & Concrete Composites*, v. 29, pp. 397-401, Jan. 2007

GRALIK, Guilherme et al. Estudo da viabilidade do uso de resíduo de polimento de rochas ornamentais em porcelanas. **Rede Latino-americana de Materiais**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p.1075-1086, 04 out. 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

Grimberg, E., & Blauth, P. (1998). **Coleta seletiva de lixo: reciclando materiais, reciclando valores**. Polis, 31, 1-100.

HANSEN, T. C.; NARUD. H. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. **Concrete International**, Vol. 5, N. 1, 1983.

HANSEN, T. C. Recycled aggregates and recycled aggregate concrete: second state-of-art report developments 1945-1989. In: **Matériaux et Constructions**, Vol. 19, N. 111, 1986.

HANSEN, T. C. Recycled aggregates and recycled aggregate concrete: third state-of-art report developments 1945-1985. In: **Recycling of Demolished Concrete and Masonry**, RILEM Technical Committee Report N. 6, Editor: T. C. HANSEN, E & FN SPON, London, p. 1-163, 1992.

IBRACON (instituto Brasileiro de Concreto). GERALDO CEHELLA ISAIA (São Paulo). (Ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ispis Gráfica e Editora, 2011. 931 p.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JOHN, V.M.; CAVALCANTE, J.R. **Workshop Reciclagem de Resíduos como Materiais de Construção Civil**. São Paulo: ANTAC, 1996.

JI CHEN, H.; YEN, T.; HUNG CHEN, K. Use of Building Rubbles as Recycled Aggregates. **Cement and Concrete**, v. 33, p. 125-132, 2003.

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

KATZ, A. Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated old concrete. **Cement and Concrete Research**, Vol. 33, p. 703-711, 2003.

KARPINSK, L.A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

LORDÊLO, P. M.; EVANGELISTA, P. P. A.; FERRAZ, T. G. A. **Programa de gestão de resíduos em canteiros de obras: método, implantação e resultados**. In: Programa de Gestão de Resíduos da Construção Civil, SENAI/BA, 2006.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos Com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção e Demolição**. Porto Alegre, 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Porto Alegre, 2001.

LIMA R.S & LIMA R.R.R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. 1 st ed. Curitiba: CREA-PR; 2009.

LIMA, F.M.R.S. **A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados**. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. 154 p.

MACHADO, R. **Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Rio de Janeiro-RJ**, 2014. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Último acesso em 30 Abr. 2019

MATTOS, B. B. M. **Estudo do Reuso, Reciclagem e Destinação Final dos Resíduos da Construção Civil na Cidade do Rio de Janeiro**. 2013. Dissertação (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MELO, A.V. S. **Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil**. (Mestrado). Federal da Bahia. Salvador, 2011.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NETO, M. J. H. **Reciclagem de resíduos da construção civil - a engenheira – o engenheiro – a geração do resíduo – seu uso e alternativas**. Monografia de especialização. Ponta Grossa, 2012.

NOGUEIRA, Kelso Antunes. **Reação Álcali-Agregado: diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008**. 2010. 93 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2010. of Radio Engineers vol. 37, p. 1378-1395 in CETEM 2 ed, 2008.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F. **Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC)**. Rio de Janeiro, 2004.

OTSUKI, N.; MIYAZATO, S. The influence of recycled aggregate on ITZ, permeability and strength of concrete. International Workshop on Recycled Aggregate. **Proceedings**. Niigata, Japan. P. 77-93, 2000.

OTSUKI, N.; YODSUDJAI, W.; NISHIDA, T.; YAMANE, H. Developed method for measuring flexural strength and modulus of elasticity of micro-regions in normal and recycled aggregate concretes. **Magazine of Concrete Research**, Vol. 55, N. 5, p. 439-448, 2003.

PENTEADO, M. **Guia pedagógico do lixo**. SMA/CEA. São Paulo. 2011

PINTO, T. P. **Construction Wastes as Raw Materials for Low-Cost Construction Products**. In: First International Conference of CIB, TG 16, Tampa, 1994, proceedings.

POON, C. S.; KOU, S. C.; LAM, L. Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. **Construction and Building Materials**, Vol. 16, p. 281-289, 2002.

RIBEIRO, B.Z. **Construção de uma Cadeia Sustentável para Destinação de Resíduos da Construção Civil (RCC) pelo Método do Design Thinking**. Palmas, 2017.

ROS, D. C. & MAZONI, P. **Por que e como elaborar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Brasília-DF, 2006.



RYU, J. S. An experimental study on the effect of recycled aggregate on concrete properties. **Magazine of Concrete Research**, Vol. 54, N. 1, p. 7-12, 2002a.

RYU, J. S. Improvement on strength and impermeability of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. **Jornal of Material Science Letters**, Vol. 21, p. 1565-1567, 2002b.

RODRIGUES, R.R. **Redução dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos urbanos através de uma coleta seletiva**. Belo Horizonte – MG, 2010.

SINDUSCON-SP. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil A experiência do SindusCon-SP**. São Paulo-SP, 2005.

SINDUSCON-MG, SENAI-MG. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 3°. Ed. Rev. e Aum. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2005. 72p.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). Disponível em: [www.caixa.gov.br](http://www.caixa.gov.br). Acesso em: 29 Abr. 2019.

SILVA, E. C. B. D. da. **Gerenciamento e reciclagem dos resíduos sólidos na construção civil**. 2013. disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2013/12/02/gerenciamento-ereciclagem-dos-residuos-solidos-na-construcao-civil-por-elaine-cristina-barbosa-domingos-da-silva/> . Acesso em: 30 Abr. 2019.

SILVA, M. A. da & SANTOS, V. A. A. dos. **Reciclagem e Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil em São Luís – MA: um processo sustentável**. Joinville, 2012.

SOARES, D., BRITO, J., FERREIRA, J., et al., **Use of coarse recycled aggregates from precast concrete rejects: Mechanical and durability performance**, *Construction and Building Materials*, v. 71, pp. 237-245, Sep. 2014.

SCHULZ, R. R.; HENDRICKS, Ch. F. Recycling of masonry rubble. In: **Recycling of Demolished Concrete and Masonry**, RILEM Technical Committee Report N. 6, Editor: T. C. HANSEN, E & FN SPON, London, p. 164-255, 1992.

TARIK, L.M. Areia para construção. **Sumário Mineral**. DNPM. Brasília. 2013.v.33. p.32-3.

TOMIO, A. **A Mineração no Mercosul e o Mercado de Bentonita**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 1999. 105p.

TOPÇU, I. B. Physical and mechanical properties of concretes produced with waste concrete. **Cement and Concrete Research**, Vol. 27, N. 12, p. 1817-1823, 1997.

TOPÇU, I. B.; SENDEL, S. Properties of concretes produced with waste concrete aggregate. **Cement and Concrete Research**, Vol. 34, p. 1307-1312, 2004.

## CopySpider Scholar

[Exportar relatório](#)
[Referências ABNT](#)
[Visualizar ▾](#)

TCC II EMERSON SILVA E SILVA EDITADO FINAL.docx (01/11/2019):

[Documentos candidatos](#)

editorarealize.com.br...  
[2,28%]

scielo.br/pdf/nem/v... [0,89%]

scielo.br/scielo.php... [0,65%]

professor.pucgoias.e...  
[0,46%]

cbdb.org.br/document...  
[0,38%]

www1.dnit.gov.br/nor...  
[0,35%]

Arquivo de entrada: TCC II EMERSON SILVA E SILVA EDITADO FINAL.docx (8859 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos comuns	Similaridade (%)
editorarealize.com.br...	2570	2,28
scielo.br/pdf/nem/v...	3900	0,89
scielo.br/scielo.php...	3516	0,65
professor.pucgoias.e...	2527	0,46
cbdb.org.br/document...	1954	0,38
www1.dnit.gov.br/nor...	782	0,35

arteris.com.br/wp-co...

Parece que o documento foi removido do site ou nunca

**CopySpider** Ferramentas Ajuda

Arquivo URL Iniciar Parar Limpar Opções Scholar

E-mail emersonsilva005@gmail.com Modo de pesquisa Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
C:\Users\Emerson\Desktop\TCC II EMERSON SILVA E SILVA ED...	Analisar	00:03:45	100%	2,28%	OK		X

**APOIA.Æ**  
Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do CopySpider.

Versão: 1.4.3 RC2