

FACULDADE EDUFOR
ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME RODRIGUES MENDONÇA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE RCDS NA PRODUÇÃO DE AGREGADOS
DE CONCRETO**



São Luís

2023

M539i Mendonça, Guilherme Rodrigues

A importância da aplicação de RCDS na produção de agregados de concreto / Guilherme Rodrigues Mendonça — São Luís: Faculdade Edufor, 2023.

24 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) — Faculdade Edufor - São Luís, 2023.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó

1. Agregado reciclado. 2. Resíduos sólidos. 3. Importância. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 628.4

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE RCDS NA PRODUÇÃO DE AGREGADOS DE CONCRETO

Guilherme Rodrigues Mendonça¹
Me. Franklin Roosevelt do Ó²

Resumo: O setor da construção civil produz uma vultosa quantidade de resíduos, o que requer uma atenção especial em relação à reciclagem, reaproveitamento, aplicação e destinação destes materiais. Esta presente pesquisa trata sobre a importância do uso de agregados reciclados, como forma substitutiva parcial ou total dos agregados naturais de concreto. Esta pesquisa bibliográfica teve em seu enfoque abordar sobre as aplicações desses materiais, incluindo suas viabilidades econômicas e ambientais na construção civil. Aliado a tudo isso, discorreu-se sobre diversas, possibilidades, considerações de autores e até apresentações de experimentos e de projetos construídos por materiais agregados de RCDs. Avaliando-se tudo o que foi abordado nesta pesquisa, pôde-se observar a essencialidade do desenvolvimento de soluções como a aplicação dos agregados provenientes de RCDs, como forma de se promover os benefícios ambientais, econômicos, além de evitar desperdícios de energia e até de perda de materiais, possibilitando com isso um grande avanço em direção ao desenvolvimento sustentável. Além da redução de custos na construção civil, os agregados reciclados reduzem os números de materiais lançados em vias públicas e em aterros sanitários, favorecendo assim uma melhor gestão ambiental. Por ser um produto bem seguro e versátil, suas aplicações como agregado substitutivo do concreto natural são bem executáveis, podendo ser usadas em qualquer país.

Palavras-chave: Agregado Reciclado; Resíduos Sólidos; Importância.

1) INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento acelerado das grandes metrópoles, houve aumento gradativo na intensidade da construção civil por meio da construção de moradias, infraestrutura para atenção básica, mobilidade urbana e saúde. O desenvolvimento de supermercados, farmácias e shopping centers chamou a atenção do setor comercial. Dentro desse aspecto, o alto percentual de sobras de materiais da construção civil passou a ser produzido como agregados de concreto desde os tempos remotos do Império Romano em 1860 (CARVALHO PORTO; SILVA 2008).

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís. E-mail: guilherme.rodrigues.mendonca@alunoedufor.com.br

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-mail: franklin.doo@edufor.edu.br

Nesse ambiente, ganhou destaque o processo do aproveitamento e reciclagem de resíduos da construção civil, em que a trituração e a destinação dos resíduos de concreto melhoraram o setor da construção civil, aumentando a resistência, promovendo assim a redução do desperdício dos materiais. Os agregados reciclados absorvem mais água, tendo mais resistência devido à sua estrutura granular e uma menor densidade, o que ajuda a sustentar economicamente a produção (GONÇALVES, 2001).

A construção do presente trabalho justifica-se em discutir os problemas ambientais que os resíduos da construção civil são capazes de gerar, alguns dos quais podem ser evitados com a reciclagem desses resíduos e adicioná-los a outros materiais, como neste caso específico. Existem inúmeros materiais nestes resíduos que podem ser aproveitados na construção civil, por isso o processo de aplicação pode ser feito para fins estruturais, como é o caso dos acréscimos de pavimentação, demolição de pré-moldados de concreto e até mesmo reparos em edificações, todos com classificação classe A.

Em virtude dos aspectos mencionados acima, criou-se a questão problema que norteia e orienta este trabalho : Como os agregados reciclados podem contribuir na sustentabilidade da aplicação dos RCDs em obras da construção civil, diminuindo os impactos ambientais e otimizando a qualidade dos materiais ?

Assim, esta pesquisa tem como objetivo geral : Abordar a importância do uso de RCDs de concreto na construção civil, apresentando conceitos e características gerais. Por conseguinte, os objetivos específicos deste trabalho são: apresentar o impacto econômico do uso dos RCDs, fazendo uma análise comparativa com os agregados naturais, caracterizar os RCDs de acordo com as normas da ABNT e discorrer sobre as aplicações do concreto reciclado, suas vantagens, propriedades e importância econômica.

Esta pesquisa foi realizada a partir de pesquisa bibliográfica e documental, entendida um estudo qualitativo e descritivo, baseado em literaturas já existentes, como o primeiro passo para a elaboração de um conjunto de investigação bem eficaz. Outrossim, de acordo com Gil (2008), a pesquisa é desenvolvida, baseando-se em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, estudados pelo pesquisador.

2. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: CARACTERÍSTICAS GERAIS, HISTORICIDADE E ESPECIFICAÇÕES

2.1 Conceitos e considerações iniciais

A indústria da construção gera a maior parte dos resíduos materiais nas operações de construção. Estes são parcialmente classificados como escombros. Exemplos de perda de material incluem lascas de madeira, aço, telhas, cimento e areia. Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são geralmente definidos como resíduos de engenharia civil e construção prontamente detectáveis, que podem surgir de qualquer tipo de obra (TEODORO, 2013).

Um dos setores de serviços que mais demanda gastos e que chega a ser um dos maiores poluidores é o da construção civil, já que 25% da produção de seus resíduos sólidos e que são muito poluidores, provém deste setor. Por conta disso, há um grande esforço nos estudos que abordam diretamente o setor da sustentabilidade, de modo a promover a redução dos impactos das indústrias, das obras e demais demandas que suprem a construção civil (LUGAR CERTO, 2013).

A existência do concreto remonta à história do cimento. O cimento é o principal ingrediente na fabricação e reações químicas, para formar pastas adesivas eficientes. O cimento existe desde a antiguidade e foi utilizado como uma espécie de reboco de Paris, introduzido nas pirâmides do Egito e também utilizado na Grécia e em Roma (MATTOS, 2014). O concreto é usado na engenharia civil em todo o mundo, pois é usado na construção de casas, pontes, rodovias, tubulações de fundações e muitos tipos de construção. O consumo anual é estimado em 15 bilhões de toneladas, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, sendo que em 2018 o Brasil produziu cerca de 56 milhões de metros cúbicos de concreto (SILVA; MELO, 2021).

De acordo com Gouveia (2012) as primeiras narrativas da geração de resíduos foram datadas por volta de 10 mil anos a.C., sendo produzidos de forma rudimentar, de comunidades nômades. Mas ao longo dos anos, com os avanços tecnológicos, o crescimento socioeconômico e cultural das comunidades, as gerações de resíduos cresceram de forma exponencial. Quanto a isso, Gouveia (2012) assevera ainda que, por conta desse consumismo desenfreado da população, é preciso haver a criação de políticas públicas sanitárias, com a finalidade de gerenciar os resíduos por meio de diversos setores produtivos.

A NBR 10004:2004, classifica os Resíduos sólidos da seguinte forma:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10004:2004, item 3.1).

Ângulo e Figueiredo (2011) definem os RCDs como sendo diversos detritos, que são produzidos de resíduos britados dos agregados naturais, sendo provenientes de terras, entulhos, concreto e vários materiais mistos nos canteiros de obras, sendo mais porosos que os agregados naturais de britas e de areias naturais. Corroborando a isso, Werle et al. (2010) afirmam que o concreto oriundo de material reciclado apresenta um comportamento bem diferente do natural, por ele ter uma textura bem mais rugosa e com enorme capacidade de absorver a água.

A resolução CONAMA, nº 307 de 2002, conceitua os RCDs da seguinte forma:

[...] 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. (CONAMA, 2002, p.01).

Ainda de acordo com a resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), os RCDs são definidos em quatro classes distintas, a saber as descritas abaixo:

- ✓ Classe A – São os resíduos mais aplicados e reutilizados como agregados de construção, demolição, obras de infraestrutura, de solos oriundos de terraplanagem, de reparos e reformas de edificações, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto ;
- ✓ Classe B – São os resíduos reciclados de outras destinações, tais como papel, papelão, metais, vidros, plásticos, entre outros;
- ✓ Classe C – São os resíduos que ainda não foram implementadas tecnologias suficientes, para que se possa saber da viabilidade de suas aplicações de reciclagem e recuperação e

✓ Classe D – São os resíduos considerados de origem perigosa, provenientes de processos da construção, tais como óleos, tintas, solventes, demolições e reparos de reformas em hospitais, clínicas médicas, entre outros.

Miranda et al. (2009) apontam a dificuldade de processamento dos RCDs, por causa de suas várias fontes de produção, bem como a presença de contaminantes, que podem interferir no manuseio e nas propriedades finais do produto, já que sua qualidade é bem inferior que a do agregado natural. Já Lima (2012) assevera, categoricamente, que os problemas de gestão intrinsecamente ligados à fase do projeto, desde a qualificação da mão-de-obra até o beneficiamento dos materiais, influenciam muito no processo do manejo e produção dos RCDs.

A produção de concreto consiste em uma mistura de cimento, água e agregados grandes e pequenos. Essa mistura cimento-água sofre uma reação química para formar a lâmina. Essas reações reduzem o teor de água na pasta e contribuem para a formação do endurecimento pela evaporação de parte da água, devido ao calor gerado durante a reação. Aditivos químicos são, portanto, às vezes adicionados na produção de concreto, cujo objetivo principal é melhorar as propriedades físicas e químicas (TROMBIM; PORTELA; GONÇALVES, 2016).

Marchioni (2012) assevera que a moldagem do concreto seco precisa estar nas mesmas condições da fábrica, de tal forma que se possa ter uma resistência expressiva de concreto, fabricada por meio de uma vibroprensa. Já Batista (2009), em observância a esse cenário preocupante, afirma que há a necessidade de se pensar em medidas alternativas para se consumir menos a matéria prima do concreto seco, oriunda do meio ambiente.

Os tubos de concreto estão em uso há mais de 100 anos e são amplamente utilizados para coleta e transporte de esgoto urbano (água pluvial) e esgoto. Esses tubos funcionam como conduítes rígidos com uma estrutura única, proporcionando resiliência para suportar tensões causadas por cargas permanentes ou acidentais (SILVA, 2014). A fabricação e testes de tubos estão sujeitos à ABNT NBR 8.890 de 2020 (tubos de concreto com seção circular para águas pluviais e esgotos). Essas tubulações e todas as estruturas de concreto possuem metodologia própria, com projetos estruturais bem definidos para entender seus limites e os serviços prestados (SACHO et al., 2016).

As tubulações de concreto estão sendo desenvolvidas para atender às necessidades dos sistemas de esgoto, impulsionando o crescimento das grandes cidades. No Brasil, esses tubos são bastante difundidos, com diâmetros entre 400 e 2.500 mm, e são fabricados com ou sem reforço. Tubos de concreto com diâmetro superior a 400 mm

são uma alternativa melhor para estações de tratamento de esgoto, em termos de eficiência econômica (SILVA; MELO, 2021).

Esses tubos de concreto são fabricados por dois métodos: compactação vibratória e prensagem radical. As opções variam de acordo com o fabricante. No método vibratório, o concreto é despejado no molde utilizado para formar a peça e a compactação é realizada por um vibrador eletromecânico, projetado para este tipo de método. O ar contido no concreto é removido para criar alojamentos em agregados grandes e pequenos (TEODORO, 2013).

De acordo com a ABNT (2008) os tubos de concreto são geralmente com 1 metro de comprimento, produzidos em diversos diâmetros e classificados como simples ou armado, tendo ainda uma configuração diferenciada em relação aos seus tipos de encaixes. A figura 1, apresentada por Davies (2016), mostra dois tubos do tipo simples, com dois tipos de encaixe, que se diferenciam de duas formas distintas : macho e fêmea:

Figura 1 : Tubos de concreto do tipo simples de encaixe macho e fêmea



Fonte: Davies (2016)

De forma semelhante como no experimento de Davies (2016) apresentado acima, que são os tubos de concreto do tipo simples, Aragão (2007), em seus ensaios, fazendo uso de lajes pré-moldadas com concreto reciclado de RCDs, produziu três lajes, dentro dessa formação: a primeira com agregado natural, a segunda com a 50% de agregado reciclado e a última com 100% de concreto FCK, de 25 Mpa, como está na Figura 2:

Figura 2 : Laje referência fissurada



Fonte: Aragão (2007)

Estes agregados reciclados em concretos apresentam como condicionais regulamentadas pelas normas da ABNT NBR 15116:2004, serem de Classe A e estarem sempre de acordo com as normativas de aplicação dos concretos reciclados. Fundamentando-se na qualidade dos materiais agregados, Tenório (2007) realizou uma pesquisa, para que se possa entender um pouco melhor o material, antes de tornar-se popular seu uso, em que ele deu uma atenção bem especializada no nível de porosidade e resistência do agregado graúdo reciclado. Já Souza et al. (2008) acrescentam que materiais, para atingirem um nível granulométrico adequado, precisam passar por processamento de máquinas, por meio da britagem e trituração, não podendo ter uma contaminação superior a 50% do total. Eles enfatizam ainda que a participação do concreto, em dados percentuais, é de 40% os tijolos; os blocos 40%; os materiais asfálticos 12% e os resíduos cerâmicos 7%.

3. CONCRETO RECICLADO : CARACTERIZAÇÃO, ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS, ANÁLISE COMPARATIVA COM CONCRETOS COMUNS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

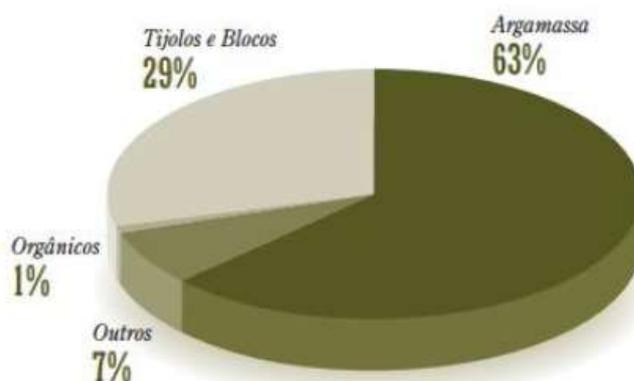
Helene e Andrade (2010) afirmam que a pasta de cimento, formada da sua mistura com a água é geralmente fluida, considerando-se a dosagem da água a ser aplicada. Ainda segundo os autores, eles afirmam que podem ser produzidos diversos tipos de materiais, devido a essa pasta estar disposta em diversas formas. E o endurecimento se torna irreversível, por causa da reação do cimento com a água, tornando-o um material com um elevado desempenho estrutural.

Já Battagin (2011) faz uma diferenciação entre o concreto comum e o reciclado, afirmando que o primeiro é formado pela adição de brita e areia ; e no segundo, são adicionados resíduos de construção e demolição, tais como argamassa, cerâmica, tijolo, blocos, entre outros materiais.

Ao trabalhar na análise comparativa entre o concreto comum e o concreto com agregados reciclados, Ângulo e Figueiredo (2011) observaram que a diferença essencial entre ambos está relacionada à porosidade. Do lado do concreto comum, eles observaram que ele é material com baixa resistência à tração, se for comparada à capacidade de compressão e são, portanto, pouco porosos, por serem oriundos de seixos, areias e britas. Já em relação aos agregados reciclados, eles observaram que são materiais bem mais porosos que os de origem de rochas britadas, tendo sua resistência e durabilidade controladas pelas porosidades do seu agregado e da pasta do cimento.

De acordo com Silva (2014) uma outra forma de diferenciar os agregados reciclados dos naturais está relacionado às suas formas geométricas, pois dependendo de onde os RCDs são provenientes, eles podem se apresentar em diversos formatos e dimensões irregulares, como está bem presente nas diferenças de composição do RCD, na figura 3, em que Blumenschein (2007), mostra a distribuição dos RCDs no Brasil :

Figura 3 : Composição do RCD no Brasil



Fonte : Blumenschein (2007)

O gráfico acima representado nos mostra que os resíduos de classes A e B são possíveis de serem reciclados no Brasil e que, em sua grande maioria os resíduos provenientes da construção civil, tais como argamassa, tijolos e blocos são os mais aplicáveis.

Os concretos não comuns, segundo Santos (2007) são produzidos em diferentes tipos de produtos, tais como plásticos, metais, argamassas, gesso, além de demais. Já Morand (2016) aponta o concreto comum e a argamassa como os principais produtos de onde são oriundos os RCDs.

No tocante às normas regulamentadoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT -2004) que discorrem sobre o uso dos RCDs na construção civil, destacaremos as seguintes abaixo:

- NBR 15115:2004 – Ela classifica e normatiza os agregados de resíduos, que são designados critérios na execução das camadas de pavimentação e de reforço da sub-base e base de pavimentos, bem como também o cascalhamento, que é uma camada de revestimento primário;
- NBR 15116:2004 - Ela classifica e normatiza os agregados de resíduos, que são aplicados em pavimentações sem funções estruturais, ou seja, para classes de resistências C10 e C5, mas foi renovada em 2021, tendo como diferencial o surgimento de três classes de agregados, classificados como: Agregado Reciclado de Concreto (ARCO), Agregado Reciclado Cimentício (ARC) e Agregado Reciclado Misto (ARM) ;

- NBR 15113:2004 – Ela normatiza as condições para o projeto, a operação e a implantação dos aterros de construção da classe A, sempre fundamentando-se na manutenção da separação dos materiais, o que irá permitir a disponibilidade destes materiais, para usos futuros;
- NBR 15114:2004 – Ela normatiza a implementação de uma área de reciclagem de resíduos sólidos da construção e resíduos inertes, tendo como prerrogativas os seguintes pontos: critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das águas superficiais e preparo da área de operação e
 - NBR 15112:2004 - Ela normatiza as condições para a implantação do projeto e sua operação em áreas de transbordo e triagem da destinação de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.

3.1 Impactos ambientais dos resíduos da construção

Ao observar que muitas das indústrias de construção utilizam muitas técnicas e materiais que causam prejuízos ao meio ambiente, é necessário o estabelecimento de critérios e procedimentos a serem seguidos, de forma que se possa fazer uma boa gestão dos resíduos industriais, bem como disciplinar ações e estratégias necessárias para minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2012). Já Silva (2014) recomenda o uso de resíduos provenientes de construção civil, pois outros provenientes das classes C e D, poderiam vir a contaminar o terreno.

Em termos quantitativos, a CBIC (2010) aponta o forte crescimento do setor da construção civil, que, a partir de 2015, teve uma alta de 1,6% na construção, elevando de forma considerável o PIB nacional, mas em consequência dessa alta, teve um ponto negativo, que foi o impacto ambiental, em que passou a emitir mais CO₂ na atmosfera. Por conta disso, a ABRELPE (2019) apresenta os dados quantitativos de RCDs coletados em 2018, nos municípios do Brasil, resultados dos serviços de coleta de limpeza em 2018, que tiveram uma pequena alta de 3,5% de resíduos em relação ao ano de 2017, bem apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 : Dados da quantidade total de RCD coletados pelos municípios no Brasil

2017		2018	
Total (toneladas/dia)	Per capita (kg/habitante/dia)	Total (toneladas/dia)	Per capita (kg/habitante/dia)
123.421	0,594	122.012	0,585

Fonte: ABRELPE/IBGE (2019)

Como se sabe que o gestor e coordenador da obra são os responsáveis em recolher e fazer toda a logística dos resíduos, o que se observa acima é apenas o que foi ignorado nas vias de acesso e nos logradouros. Devido a isso, Amadei (2011) afirma que há critérios para se avaliar a composição do RCD, tais como: índices de perdas dos materiais mais importantes, as técnicas que são aplicadas, os materiais que estão à disposição no local, pois estes podem atuar na variação da estrutura e forma do RCD.

Uma destinação final dos resíduos propicia uma melhor qualidade o meio em que está se produzindo os resíduos. Quanto a isso, Santos (2015) afirma que o sistema de coleta e transporte dos resíduos dependem diretamente da quantidade de resíduos gerados, já que os pequenos geradores de resíduos consomem em média 2m³ de resíduo. Afirma ainda que, para isso, é necessário a aplicação do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), que contribui melhorando a limpeza da cidade e conseqüentemente, diminuindo os impactos ambientais e responsabilizando os pequenos geradores.

Ainda sobre os impactos, Ferreira e Moreira (2013) afirmam que a grande vantagem de se fazer bom uso dos reciclados são a preservação dos recursos naturais, a economia na aquisição da matéria prima e a diminuição da poluição gerada pelo entulho. Em relação a esses usos, Correa et al. (2009) apresentam as produções de RCD em países europeus, de modo a entender a necessidade de se ter produções sustentáveis, assim como está na Tabela 2:

Tabela 2 : Reciclagem e aplicação de RCD em países europeus

País	Produção anual (x10 ⁶ t)	Reciclada %	Aplicação da porcentagem reciclada	
Bélgica	7,0 (1990)	87%	Agregados para concreto: 19,5%	Estradas: 80,5%
França	24,0 (1990)	15%	Agregados para concreto: 10%	Estradas: 54,5%
				Contenções e aterros: 35,5%
Reino Unido	30,0 (1999)	45%	Agregados para concreto: 4,5%	Estradas: 20%
				Contenções e aterros: 75,5%
Espanha	38,5 (2003)	10%	Bases e sub-bases de rodovias: 30%	Base de solos: 35%
				Aterros: 35%

Fonte: Correa (2009)

Há de se observar acima que em alguns países como a Bélgica a reciclagem é bem alta e o processo de reúsos materiais, diminuiria consideravelmente o consumo de energia. Já em relação aos usos dos RCDs no Brasil, Ferreira e Moreira (2013) afirmam que há três etapas relevantes: o antes e do depois da Resolução CONAMA 307 de 2002 e a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNSR). E como a construção civil continua sendo uma indústria bastante poluidora e há a necessidade, de acordo com essas resoluções, de se trabalhar com materiais menos poluentes, de modo tal que se possa reduzir eficazmente essa poluição atmosférica.

4. APLICAÇÕES DOS RCDS: PROPRIEDADES, IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SEUS DIVERSOS USOS

4.1 Propriedades de resistência dos RCDs

De acordo com Mehta e Monteiro (2014) os RCDs têm três propriedades distintas, que são a resistência à compressão, a resistência à tração e a absorção de água índice de vazios. Quanto à resistência à compressão, eles afirmam que, com uma substituição total do agregado natural pelo RCD, o concreto terá reduções aproximadas de até 25% de resistência. Já em relação à resistência à tração, eles afirmam que o uso de resíduos obteve uma redução de 10% na tração direta e na flexão. Já na absorção da água, Lovato (2007) afirma que o agregado reciclado, reduz aproximadamente cerca de 25% de aumento da absorção de água para o concreto. Em relação às suas aplicações, os concretos reciclados, após serem peneirados e britados, poderão ser usados em diversos fins de reutilização, podendo ser agregados para novos concretos e até serem sub-base ou base para construção rodoviária (CARVALHO PORTO, SILVA, 2008).

Em relação ao desempenho, Cabral (2007) afirma que os agregados de argamassa, por possuírem de 40 a 50% de seu volume, podem acarretar em um mau desempenho, por meio da reutilização do agregado reciclado. Já em relação aos agregados graúdos, Scott (2006) afirma que seu desempenho é bem satisfatório, visto que o fator água-cimento apresenta uma taxa bem baixa, proporcionando assim um concreto bem mais espesso, mas ainda assim apresenta uma fraca resistência à compressão, abrasão e permeabilidade. E em sua pesquisa, Tenório (2007) afirma que a abrasão em agregados reciclados pode chegar até o triplo em agregados convencionais.

Segundo o experimento de Assis (2015), que consistiu em verificar a resistência do concreto, de forma comparativa, colocando os reciclados e os naturais em análise, foi observado que, após todo o processo realizado, teve o resultado de que 100% do agregado miúdo, teve aos 7 dias de teste a sua maior resistência à compressão, chegando ao patamar de 8,7MPa. Já Nogueira (2013) da mesma forma, em sua pesquisa teve como foco a produção de agregados reciclados, na construção civil do Distrito Federal e observou que, ao término do seu estudo, o agregado só chegou ao esperado de 30Mpa, 28 dias depois, que foi bem abaixo do que se esperava.

Na figura 4, verifica-se um corpo de prova de concreto, recém moldado e desmoldado no experimento de Davies (2016), não apresentando fraqueza em sua estrutura, mas como não foi produzido em uma prova de concreto convencional, é necessário que se examine diversas formas de adensamento, para que a compactação se torne igual ou bem próxima da peça pré-moldada.

Figura 4 : Moldagem de prova de concreto



Fonte: Davies (2016)

A moldagem dos corpos de prova dos concretos é, de acordo com Trentin (2014), feita por meio de um adensamento realizado pelo uso de um núcleo vibratório, em que após a moldagem são desmoldados, para que possam passar pelo processo de cura. Já quanto às suas propriedades de resistência à compressão dos corpos de prova a ABNT (2007) determina que deve ser calculada por meio de ensaios laboratoriais, seguidos de uma avaliação do seu desempenho, através de amostras estatísticas.

Em seu estudo de caso, Diógenes (2021), para provar a Resistência à Compressão Simples (RCS) dos agregados reciclados, fez um ensaio com três tipos distintos de corpos de prova, para cada traço, o que totaliza 24 ensaios com blocos de concreto para piso intertravado. Os ensaios foram realizados em consonância com a norma NBR 9781 (ABNT,2013). Dos 24 ensaios, 6 foram moldados com provas de concreto convencionais, 9 com parcial de brita, com 20% de agregado de reciclado de RCD e 9 com substituição de 40% de agregado graúdo por agregado reciclado. Após o resultado, o autor produziu provas de corpos cilíndricos, assim como se observa na figura 5.

Figura 5: Moldagem do corpo de prova cilíndrico.



Fonte: Diógenes (2021)

O que se observa no experimento de Diógenes (2021) acima, foi o resultado da moldagem que produziu uma das provas de corpos cilíndricos, em meio a 24 ensaios. Já em seu experimento abaixo, ele produziu um agregado reciclado de peças pré-moldadas de concreto, como se observa na figura 6 :

Figura 6 : Agregado reciclado de peças pré-moldadas de concreto



Fonte: Diógenes (2021)

Verifica-se na foto acima que o resultado de uma melhor qualidade na obtenção de um agregado reciclado se dá por meio de um processo seletivo, a ser realizado dentro do próprio local da construção, fazendo, de forma coordenada a separação do material que será aproveitado dos resíduos. E isso faz com que os materiais sejam retirados de acordo com o tamanho, tipo de material e processo construtivo (DAVIES, 2016).

4.2 Aplicações dos RCDs, suas vantagens e importância econômica

Santana et al. (2011) afirmam que o concreto reciclado já está sendo aplicado de forma bem satisfatória em obras urbanas, com orçamentos financeiros bem menos onerosos e que ainda podem ser aplicados em bases de pavimentos, estruturas residenciais e até como pré-moldados em concreto.

Os problemas concernentes ao uso de RCDs no Brasil, que impossibilitam uma eficaz comercialização dos agregados reciclados, são apontados por meio da ABRECON (2017), como sendo a alta taxa tributária, a deficiência ou inexistência de uma legislação incentivadora do consumo e o desconhecimento do mercado. Todas estas métricas podem ser vistas na foto 7 :

Figura 7 Dificuldades da venda de agregados reciclados



Fonte: ABRECON (2017)

De acordo com Ângulo et al. (2011), em suas pesquisas foram verificadas que as usinas de reciclagem classificam em duas partes os tipos de resíduos em cor cinza (os cimentícios) e de cor vermelha (materiais cerâmicos), sendo que o primeiro pode ser usado em componentes pré-fabricados à base de cimento e o último pode ser usado em bases de pavimentação.

Segundo a SINDUSCON-CE (2011), o uso de agregado de RCD mais recomendável é na pavimentação. Já Morand (2016) destaca também que os agregados de reciclados são muitos usados em agregados de concreto e argamassa.

Dentre os mais diversos tipos de materiais que podem ser reutilizados na construção civil, Algarvio (2009), cita os itens a seguir:

- ✓ Madeiras: Elas podem ser reutilizadas em portas, tábuas e vigas, mas antes do seu reuso, precisa saber o seu estado de conservação. Caso não esteja danificada, pode ser usada na produção de papel; caso esteja um pouco contaminada, poderá ser usada como madeira prensada, por meio do processo de moagem e adição de ligantes e caso esteja muito contaminada, poderá ser reaplicada na produção de aglomerados ou ser decomposta pela gaseificação, de modo a obter um gás, que será uma fonte de energia;
- ✓ Concretos: Pode ser usado para fazer enchimentos, construção de estradas, elevação de terrenos, entre muitas outras construções e edificações;
- ✓ Tijolos e alvenarias: Bem semelhante às aplicações dos concretos, mas com uma ressalva de que são bem menos porosos e de menor resistência à compressão que os concretos. Por conta destas características, não são recomendáveis como agregados de asfaltos, sendo também pouco usados como base e sub-base de estradas;
- ✓ Metal: Precisa ser previamente estudado, bem antes de sua aplicação, pois caso não seja possível reutilizar o aço, este poderá ser usado para produzir outro metal e
- ✓ Asfalto: Pode ser aplicado na sub-base das estradas, nas formas a frio ou a quente. Quando se utiliza nas condições a frio, adiciona-se o agente de regeneração, assim que há a redução do tamanho do material. Em caso de aplicações mais expansivas, é necessário o acréscimo de cimento. Já quando se utiliza nas condições a quente, são reutilizadas em altas percentuais de temperaturas do asfalto, chegando até 95%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa pretendeu mostrar a importância de se conhecer os vários tipos de RCDs e suas aplicações na construção civil, bem como também tomar conhecimento na essencialidade da reciclagem, que causa um bem-estar socioambiental e também econômico, visto que o desperdício e o índice de contaminações nas áreas de construção irão diminuir de forma bem satisfatória. Hoje em dia, estamos observando um mundo em constantes mudanças tecnológicas e de inovação e isso vem causando muitos prejuízos nas obras, quando não se trabalha de forma sustentável. A partir deste ponto, é que esse projeto de pesquisa procurou apresentar as diversas formas de se fazer bom uso de agregados reciclados nas construções, obedecendo sempre as normas regulamentadoras, de tal forma que se possa otimizar a qualidade do concreto, evitando o desperdício e reduzindo os impactos ambientais.

Por ser a construção civil uma das atividades que mais gera resíduos, há a necessidade de se trabalhar a produção de agregados reciclados, de modo a proporcionar um menor impacto direto no meio ambiente, tendo como resultante disso uma redução da poluição e de áreas necessárias para aterros, além de reduzir o consumo de energia e uma produção de novos agregados. Mesmo sendo bem recentes as pesquisas acerca dos RCDs, uma grande parte de seus estudos só apresentam vantagens, na maioria dos casos. Já no caso do Brasil tem algumas barreiras, como as questões tributárias, a desconfiança no novo, falta de uma legislação vigente, entre outros.

A economia gerada, ao se adotar o agregado reciclado, é bem significativa, tanto sob o ponto de vista econômico como também ambiental, visto que isso gera um panorama ambiental bem satisfatório e uma drástica redução da destinação inadequada de resíduos. O uso de areia e britas recicladas estão sendo referenciadas como sendo ótimas alternativas para uma mitigação de impactos ambientais causados pela construção civil. Por conta disso, é salutar a busca por mais pesquisas, níveis de conhecimentos e experimentos na área, de modo que se possa a fazer bom uso das dosagens experimentais das provas de concretos, das propriedades dos materiais e demais informações necessárias para o bom sucesso da aplicabilidade dos RCDs.

É importante ressaltar sobre a necessidade de se trabalhar na adoção de RCDs, produzindo assim materiais que irão gerar menos resíduos nocivos, poluir menos e gerar menos riscos de contaminações, acidentes e outras variáveis que circundam nas construções. Tudo isso deve ser iniciado, em primeiro lugar, pelos gestores governamentais, de tal forma que possam fazer uso de seus aparatos institucionais, com

adoções de leis, normas e demais atos normativos, para que possam trabalhar de forma bem planejada, estruturada e coesa, atuando assim de forma direta ou indireta na produção dos agregados reciclados e em todas as suas fases, desde a produção até à logística e descarte.

Já em relação ao seu uso, é relevante ressaltar que sua importância se deve a diversos fatores positivos, tais como: acessibilidade, pois ele pode ser produzido em qualquer canteiro de obra; sustentabilidade, pois há uma diminuição na produção de resíduos e pode ser reaproveitado de diversas maneiras e ganho econômico, pois há uma redução nos custos de produção provenientes da retirada e disposição dos resíduos. Dentre os RCDs que podem ser aplicados na construção, podemos citar os de classe A, tais como os agregados reciclados de concreto, que podem ser usados em diversas construções e edificações. E também os agregados reciclados de classe B, tais como os resíduos de madeiras, que poder ser usados em portas, vigas e tábuas.

Por fim, observou-se a necessidade de se propor estratégias relacionadas aos problemas causados pela má gestão de resíduos na construção civil, que é traduzida pela deposição irregular de resíduos em terrenos baldios, margens de rios e córregos, sem quaisquer medidas de destinação final dentro dos parâmetros das normas regulamentadoras vigentes. Mas para que isso seja realizado, precisa-se implantar um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil, de modo que se possa ter menos danos ao meio ambiente, perdas e desperdícios nos canteiros de obras. E é por conta desses cuidados a serem tomados é que se precisa trabalhar, com muita austeridade e cautela todas as aplicações dos RCDs na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Mercado** – Resíduos Sólidos. São Paulo - SP, 2017. Disponível em: < <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/> >. Acesso em 08/11/2023.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/> . Acesso em: 08/11/2023..

ALGARVIO, D. A. N. **Reciclagem de resíduos de construção e demolição**: Contribuição para controlo do processo. 2009. Tese de Doutorado. FCT-UNL.

AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/PR**. Universidade Estadual de Maringá, 2011.

ÂNGULO, S. C., TEIXEIRA, C. E., CASTRO, A. L. D., NOGUEIRA, T. P. **Resíduos de construção e demolição**: avaliação de métodos de quantificação. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, p. 299-306, 2011.

ÂNGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D.de. **Concreto com agregado reciclado**. In: ISAIA, G. C. (Editor). Concreto: ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.Vol.2.

ARAGÃO, Hélio. **Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição**. Maceió:2007. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Programa de Pós-graduação em Engenharia civil. Universidade Federal de Alagoas.

ASSIS, Allison da Silveira. **Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) como agregados na produção de concretos**. Apresentado no Congresso Técnico de Engenharia e Agronomia – CONTECC, Fortaleza, 2015. Disponível em: < [http://www.confea.org.br/media/Civil_utilizacao_de_residuos_de_construcao_e_demolicao_o_rcd_como_agregados_na_producao_de_concretos.pdf](http://www.confea.org.br/media/Civil_utilizacao_de_residuos_de_construcao_e_demolicao_rcd_como_agregados_na_producao_de_concretos.pdf)>. Acesso em 16/11/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -ABNT, **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **ABNT NBR 5739** - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 8522** :Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão.. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **ABNT. NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio, 2013.

_____. – **ABNT. NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2020. 35p.

BATISTA, Cristiano G. **Influência na resistência à compressão de concretos com agregados reciclados de concreto em substituição ao agregado natural**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense UNESC, Criciúma, 2009. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000040/000040E8.pdf>>. Acesso em: 15/11/2023.

BATTAGIN, Arnaldo. **Concreto reciclado**. 2011. Disponível em: <<https://cimento.org/concreto-reciclado/>>. Acesso em: 04/11/2023.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007. 48p. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/services/e-books/>>. Acesso em 12/11/2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: resoluções vigentes entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 15/11/2023

CABRAL, A. E. B.. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do rcd**. Tese (Doutorado) - Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos 2007.

CARVALHO PORTO, M. E. H.; SILVA, S. V. **Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares**. XXVIII Encontro nacional de engenharia de produção. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO - CBIC. **Dados do Setor de Construção Civil**. 2010. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/home/> Acesso em 15/11/2023.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução No 307**, de 5 de julho de 2002. Publicada no DOU nº 136, de 17 de julho de 2002, p. 95-96.

CORREA, Marcio Roberto Silva; BUTTLER, Alexandre Marques; RAMALHO, Márcio Antonio. **Revista Técnica**, nº 152, novembro de 2009.

DAVIES, Fernando Souza. **Utilização de agregados reciclados de concreto na fabricação de tubos de concreto**: Dissertação (Graduação) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Paraná, 2016.

DIÓGENES, Caio Silva. **Uso de Agregado reciclado em substituição parcial do agregado graúdo na produção de concreto, para pavimento intertravado**: Dissertação (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Russas, Ceará, 2021.

FERREIRA, Aline Ribeiro Lessa; MOREIRA, Hélinah Cardoso. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil**: Estudo de caso do Município do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008292.pdf>>. Acesso em 15/11/2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008, pp.50.

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de Concreto** – um novomaterial para Dosagens estruturais. 2001. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos**: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & saúde coletiva*, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>>. Acesso em 06/11/2023.

LIMA, Rosimeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. **Guia Para Elaboração De Projeto De Gerenciamento De Resíduos Da Construção Civil**. Paraná, 2012. Acesso em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012>. Acesso em: 15/11/2023.

LOVATO, Patrícia S. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para utilização em concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10609/000598258.pdf?sequence=1>> Acesso em: 16/11/2023.

LUGAR CERTO, C. W. **Site Lugar Certo**, 2013. Disponível em: <http://www.lugarcerto.com.br/app/402,61/2013/03/08/interna_ultimas,46563/concretosustentavel-economiza-quase-100-de-recursos-da-natureza.shtml>. Acesso em: 21/10/2023.

MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco para peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2012.

MATTOS, B. **Estudo do Reuso, reciclagem e destinação final dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro** / Bernardo Bandeira de Mello Mattos – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Roseback; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Élcio Duduchi. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. *Ambiente Construído*, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das principais aplicações dos resíduos de obra como materiais de construção**. Dissertação(Graduação) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

NOGUEIRA, Luis Gustavo da Silva. **Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável**. Projeto de graduação apresentado a Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6363/1/20916233.pdf>>. Acesso em 16/11/2023.

SACHO, S. D. et al. **Avaliação econômica e de emissões de CO2 da reciclagem de resíduos de construção e demolição Classe A: Estudo De Caso Para Goiânia - Go**. MIX Sustentável, v. 2, n. 2, p. 20, 2016.

SANTANA, V. M.; et al. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos Estruturais**. Cruz das Almas, 2011. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/0246_0254_01.pdf>. Acesso em: 15/11/2023.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. 2007. 168 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SANTOS, Isabela da Rocha. **Medidas para redução dos impactos ambientais gerados pela construção civil**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014319.pdf>>. Acesso em 15/11/2023.

SCOTT HOOD, R. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2006.

SILVA, D. DE A. E; MELO, C. E. L. DE. **Utilização de material cerâmico proveniente do RCD para aplicação em concreto: uma revisão**. Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), v. 19, p. 1–15, 2021.

SILVA, M. B. DE. L.E. **Novos Materiais à Base de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos de Produção de Cal (RPC) para Uso na Construção Civil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2014.

SINDUSCON-CE. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza, 2011. Disponível em: < <http://www.sindusconce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-deResiduos-Solidos.pdf> >. Acesso em: 17/10/2023.

SOUZA, U. E. L; et al. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva**. Porto Alegre. 2008. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3573>>. Acesso em: 01/11/2023..

TEODORO, S.B. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013, 65 p.

TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, 2007.

TRENTIN, T. F. S. **Análise estrutural de tubos de concreto armado com resíduo de borracha de pneu.** 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2014.

TROMBIM, D.; PORTELA, I.; GONÇALVES, E. **Concreto reciclado:** estudo e caracterização das matérias primas. In: Educação e Ciência para a cidadania global, São José dos Campos. Anais. São Paulo: UNIVAP – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, 2016.