

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

ANTONIO JORGE ROQUETE DUARTE

CONCRETO RECICLADO: aplicações na construção civil

Paracatu

2019

ANTONIO JORGE ROQUETE DUARTE

CONCRETO RECICLADO: Aplicações na Construção Civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção civil

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Paracatu

2019

ANTONIO JORGE ROQUETE DUARTE

CONCRETO RECICLADO: Aplicações na Construção Civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Banca examinadora:

Paracatu-MG, 10 de maio de 2019.

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof. Matheus Dias Ruas
Centro Universitário Atenas

Prof. Msc. Willian Soares Damasceno
Centro Universitário Atenas

Dedico aos meus pais Jorge e Cláudia, à minha esposa Camila, e a todos os meus amigos pelo apoio e pelas palavras bonitas ditas. Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve do meu lado me abençoando e me dando força para a conclusão deste curso.

Aos meus pais Claudia e Jorge, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, e me dando esta oportunidade de estudar e concluir o curso.

A minha esposa Camila, por estar sempre do meu lado me dando apoio e me ajudando com o que precisar.

Aos meus professores, que ao longo do curso contribuíram com um pouco de seus conhecimentos.

Aos meus colegas, por terem compartilhado comigo os sentimentos e emoções durante estes cinco anos juntos. Que vocês tenham muito sucesso em suas próximas jornadas.

Agradeço também ao professor Carlos Eduardo Ribeiro Chula. Obrigado pelas suas valiosíssimas palavras de orientação, isso me fez crescer não só profissionalmente, mas também como pessoa. Muito obrigado.

Enfim, obrigado a todos que contribuíram para a realização de mais um sonho de me tornar um ENGENHEIRO CIVIL.

“Seja um padrão de qualidade.
As pessoas não estão acostumadas a um
ambiente onde o melhor é o esperado.”

Steve Jobs

RESUMO

Observa-se que o ramo da construção civil principalmente, é gerado uma grande quantidade de resíduos, com isso é de grande importância o seu bom reaproveitamento e sua boa gestão. O presente trabalho aborda sobre o concreto reciclado e as suas aplicações na construção civil, tendo em vista a importância da reutilização de materiais. Tem como objetivo apresentar a sua importância e suas diversas aplicabilidades neste ramo. O trabalho foi realizado através de pesquisas de acordo com o tema, e através dessas pôde-se responder de que maneira o concreto reciclado pode ser aplicado na construção civil visando a maximização dos resultados e minimização dos custos. Os objetivos de abordar a importância da reutilização dos resíduos sólidos na construção civil, analisar as características do concreto reciclado com relação ao concreto comum e exemplificar aplicações mais comuns do concreto reciclado na construção civil foram atingidos no decorrer dos capítulos, e a hipótese de haver possibilidade de utilização em elementos como pavimentação, pisos, pré-moldados de concreto e viabilidade técnica de se aplicar agregados graúdos e miúdos reciclados de construção em concretos estruturais de média resistência, foi confirmada. Verificou-se que o concreto reciclado ajuda e muito na redução de resíduos e na redução de custos para a empresa diante de um cenário altamente competitivo.

Palavras-chave: Reutilização. Aplicabilidade. Resíduos. Competitividade.

ABSTRACT

It's observed that the branch of civil construction mainly, is generated a lot of waste, with this is of great importance its good reuse and management. The present work deals with recycled concrete and its applications in civil construction, considering the importance of the reuse of materials. The work was carried out through research according to the theme and through these can be answered in what way the recycled concrete can be applied in the civil construction aiming at maximizing the results and minimizing costs. The objectives of addressing the importance of the reuse of solid waste in construction, analyzing the characteristics of recycled concrete in relation to common concrete and exemplifying more common applications of recycled concrete in civil construction were achieved during the chapters and the possibility of use in elements such as paving, floors, precast concrete and the technical feasibility of applying large and recycled building aggregates to medium-strength structural concrete has been confirmed. It was found that recycled concrete helps a lot in reducing waste and reducing costs for the company in the face of a highly competitive scenario.

Keywords: *Reuse. Applicability. Waste. Competitiveness.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

f_{ck} Resistência característica a compressão do concreto

RCC Resíduos de construção civil

RCD Resíduos de construção e demolição

LISTA DE SÍMBOLOS

CO₂ Gás carbônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 HIPÓTESES	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GERAL	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	12
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 IMPORTÂNCIA DA REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
3 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO RECICLADO COM RELAÇÃO AO CONCRETO COMUM	20
4 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DO CONCRETO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o crescimento cada vez maior da construção civil, há também um grande crescimento dos resíduos gerados pela mesma. Com isso estuda-se para transformar esses resíduos em matéria-prima de forma vantajosa para reutilização. (SCHALCH et al, 2002)

Os materiais que são extraídos da natureza para criação de insumos, após a sua utilização, são simplesmente descartados de volta à natureza sem nenhum controle. Diante desse cenário, a reciclagem desses resíduos surge de maneira muito positiva à possibilidade de redução dos impactos gerados por esse descarte. Segundo Galato, Cardoso e Guadagnin *apud* Neto (2005) os resíduos da construção civil (RCC) têm sido intensivamente discutidos no Brasil, pois têm alta taxa de geração, representando cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados.

O concreto reciclado é uma grande alternativa para reduzir ao máximo estes resíduos gerados, desde que sejam analisadas suas particularidades, já que em praticamente tudo da indústria construtiva ele é altamente utilizado. Por isso o presente trabalho aborda sobre o concreto reciclado e suas aplicações na construção civil.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De que maneira o concreto reciclado pode ser aplicado na construção civil?

1.2 HIPÓTESES

a) Estima-se que o concreto reciclado possa ser utilizado em elementos como pavimentação, pisos, pré-moldados de concreto, etc.

b) Supõe-se que há viabilidade técnica de se aplicar agregados graúdos e miúdos reciclados de construção em concretos estruturais de média resistência.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a importância e aplicações do concreto reciclado para a construção civil.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) abordar a importância da reutilização dos resíduos sólidos na construção civil;

b) discorrer a respeito das características do concreto reciclado com relação ao concreto comum.

c) exemplificar aplicações mais comuns do concreto reciclado na construção civil;

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Verifica-se que o ramo da construção civil é uma área que gera muitos resíduos. Seu descarte indevido causa grandes problemas sanitários (doenças, etc.), ambientais (contaminação dos solos e das águas), problemas sociais, econômicos (desvalorizações de áreas, comprometimento do sistema de drenagem, além do desperdício de materiais e energia).

Este estudo será realizado com a intenção de mostrar o quanto é importante a reutilização dos resíduos da construção civil, em busca de reduzir ao máximo o consumo de matéria-prima para a produção de novos insumos na e para minimizar o impacto ambiental gerado pelo descarte à natureza, além dos benefícios econômicos e por isso ele se justifica.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O presente estudo trata de uma pesquisa bibliográfica de natureza exploratória com a finalidade de fazer um estudo teórico explorando e descrevendo o quanto é importante e necessário o concreto reciclado para o ramo da construção civil. Lima e Miotto (2007) afirma que é comum que a pesquisa bibliográfica apareça

caracterizada como revisão de literatura ou revisão bibliográfica. Isto acontece porque faltam entendimento e conhecimento de que a revisão de literatura é apenas um pré-requisito para a realização de toda e qualquer pesquisa; visto que a pesquisa bibliográfica é um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório.

Ao se tratar de pesquisa bibliográfica ela sempre será para dar uma base teórica ao seu estudo, pois o mesmo não terá grande relevância sem uma base. Lima e Miotto (2007) ainda afirma que:

Ao tratar da pesquisa bibliográfica, é importante destacar que ela é sempre realizada para fundamentar teoricamente o objeto de estudo, contribuindo com elementos que subsidiam a análise futura dos dados obtidos. Portanto, difere da revisão bibliográfica uma vez que vai além da simples observação de dados contidos nas fontes pesquisadas, pois imprime sobre eles a teoria, a compreensão crítica do significado neles existente. (LIMA e MIOTTO, 2007, pg. 44)

Entretanto, Galvão (2011) cita que realizar um levantamento bibliográfico é se potencializar intelectualmente com o conhecimento coletivo, para ir além. É juntar e adquirir condições cognitivas melhores, a fim de: evitar a duplicação de pesquisas, ou quando for de interesse, reaproveitar e replicar pesquisas em diferentes escalas e contextos; observar possíveis falhas nos estudos realizados; verificar os recursos necessários para a construção de um estudo com características específicas; desenvolver estudos que cubram lacunas na literatura trazendo real contribuição para a área de conhecimento; propor temas, problemas, hipóteses e metodologias inovadoras de pesquisa; otimizar recursos disponíveis em prol da sociedade, do campo científico, das instituições e dos governos que subsidiam a ciência.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo o presente trabalho descreve o problema, a hipótese, os objetivos geral e específico, bem como a justificativa do estudo e a metodologia a ser abordada.

No segundo capítulo a ser abordado o presente estudo conceitua a importância da reutilização dos resíduos sólidos na construção civil

No terceiro capítulo o estudo visa analisar as características do concreto reciclado com relação ao concreto comum.

O quarto capítulo visa exemplificar aplicações mais comuns do concreto reciclado na construção civil

No quinto capítulo o presente trabalho enfatiza as considerações finais as quais validam a pesquisa, e destacam os pontos críticos do estudo.

2 A IMPORTÂNCIA DA REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Primeiramente precisamos diferenciar e verificar alguns conceitos; sendo assim Schalch, et al (2002) cita que há diferença entre reutilizar e reciclar, sendo que reutilizar é reaproveitar os mesmos objetos ou materiais utilizados anteriormente, ou seja, escrever na frente e verso da folha de papel, usar embalagens retornáveis e reaproveitar embalagens descartáveis, dentre outros exemplos. Já reciclar é contribuir com os programas de coleta seletiva, separando e entregando os materiais recicláveis quando não for mais possível reduzi-los ou reutilizá-los, sendo assim um depende do outro.

Ferreira (2018) no dicionário Aurélio, relata que, resíduo é aquilo que resta, o que fica das substâncias submetidas à ação de vários agentes físicos ou químicos.

Schalch et al (2002) discorre que normalmente os resíduos sólidos são classificados segundo a sua origem; assim sendo tomamos alguns como exemplo:

Urbanos: incluem aqueles resíduos domiciliares gerados nas residências, o comercial, produzido em escritórios, lojas, hotéis, etc., os resíduos de serviços, oriundos da limpeza pública urbana; além dos resíduos de varrição das vias públicas, limpezas de galerias, terrenos, córregos, praias, feiras, podas, capinação;

Industriais: referente aos resíduos gerados nos variados tipos de indústrias de processamentos. Em função de sua periculosidade, são divididos em classe I, classe II, classe III.

Serviço de saúde: são os resíduos produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos, etc. Esses resíduos podem ser agrupados em dois níveis distintos, os comuns e os sépticos.

Entulho: constitui-se de resíduos da construção civil: demolições, restos de obras, solos de escavações etc.

Com o aumento da produção de novos produtos decorrentes da tecnologia de extração de recursos naturais, principalmente desde a revolução industrial, a sociedade aumentou em demasia a demanda. Os produtos que antigamente tinham uma vida útil longa passaram a ser trocados com bastante

frequência, até chegarmos à era dos produtos descartáveis. Uma boa e adequada gestão dos resíduos representa atualmente um dos grandes desafios da humanidade. (ANDREOLI, et al, sd.)

Andreoli, et al. (sd) ainda afirma que a busca intensa pelo conforto fez com que a sociedade extraía da natureza os recursos naturais para a criação de cada vez mais novos produtos, que muitas vezes, logo após são desperdiçados acarretando em uma maior quantidade de resíduos sólidos, causando impactos ambientais. Como a maioria desses recursos provenientes da natureza são modificados, não retornam à natureza facilmente, pois dependem de processos diferenciados para a reciclagem.

A reciclagem de resíduos, assim como qualquer outra atividade humana, também pode causar sérios impactos ao meio ambiente. Variáveis como: tipo de resíduo, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado, dependendo podem tornar o processo ainda mais impactante do que o próprio resíduo era antes de ser reciclado. Com isso, o processo de reciclagem pode gerar riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados evitando maiores danos. (ÂNGULO, ZORDAN e JOHN, 2001).

Os brasileiros integram as estatísticas cada vez maiores relativas a produção de resíduos sólidos. A geração de resíduos no mundo gira em torno de mais ou menos 12 bilhões de toneladas por ano, e até 2020 a quantidade prevista é de aproximadamente 18 bilhões de toneladas por ano (UNEP-EEA, 2007). O Brasil repete as tendências mundiais, em 2008 foram produzidos aproximadamente 67 milhões de toneladas de resíduos (IBGE, 2011). (SANTOS e DIAS, 2012).

Schalch, et al, (2002) destaca que a maioria das cidades brasileiras desfaz de seus resíduos sólidos domiciliares sem nenhum controle, uma prática que pode vir a provocar graves consequências como a contaminação do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas; criação de focos de organismos patogênicos, vetores de transmissão de doenças, com sérios impactos na saúde pública. O quadro vem piorando cada vez mais com a presença de resíduos industriais e de serviços de saúde em muitos depósitos de resíduos domiciliares, e, não raramente, com pontos de descargas clandestinas.

Porto e Silva (2008) dissertam que a construção civil é um dos setores de produção que há maior quantidade de desperdício na utilização dos recursos

naturais. O entulho muitas vezes é gerado por deficiências e falta de uma boa gestão no processo da construção, como nos erros ou omissões na elaboração dos projetos, na má execução dos serviços em uma obra, nos materiais de baixa qualidade empregados, nas perdas no armazenamento e transporte, no uso de mão de obra não qualificada, além da substituição de componentes pela reforma ou reconstrução.

Lima (2012) menciona que a construção civil é responsável diretamente por uma grande parte dos resíduos gerados diariamente não só em nosso país, mas em todo o mundo. O grande acúmulo de Resíduos da Construção Civil – RCC – se deve, principalmente, às perdas de materiais nas obras através do grande desperdício no ato da execução e nos restos de materiais que são perdidos devido a problemas no transporte, recebimento e armazenamento.

Ainda segundo Lima (2012), diante dos mais diversos fatores que contribuem para esta geração, estão os problemas relacionados a fase do projeto, seja pela falta de definições e/ou detalhamentos satisfatórios, falta de precisão nos memoriais descritivos, baixa qualidade dos materiais adotados, baixa qualificação da mão-de-obra, o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais, a falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, ao tipo de técnica escolhida para a construção ou demolição, aos tipos de materiais que existem na região da obra e também à falta de processos para reutilização e reciclagem no canteiro de obra. Assim como as construções, também citamos as reformas, ampliações e demolições que são atividades altamente geradoras de resíduos.

Visando amenizar o impacto desses resíduos no meio ambiente, algumas ações vêm sendo implementadas nas várias etapas ao longo do processo de construção civil. Principalmente, quando se fala de canteiro de obras, que existem algumas políticas de coleta segregada dos resíduos gerados, visando à sua reciclagem ou reuso. (SOUZA, et al., 2008).

Dentro da construção civil existem vários tipos de reutilização de resíduos, Ângulo, Zordan e John (2001), destaca que o setor siderúrgico é um grande reciclador. A maioria da quantidade de aço destinado a reforço de concreto armado produzido no país é proveniente do processo de arco elétrico, que utiliza como matéria prima quase que exclusivamente sucata. Um exemplo citado por

Ângulo, Zordan e John em seu artigo é que em 1997 a reciclagem desta sucata permitiu economizar cerca de 6 milhões de toneladas de minério de ferro, evitou a geração de cerca de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de cerca de 11 milhões de toneladas de CO₂.

Ângulo, Zordan e John (2001) ainda destacam que o mercado e os pesquisadores brasileiros ainda ignoram uma grande quantidade de resíduos com um bom potencial de emprego na construção civil. Uma especial atenção deve ser dada aos resíduos oriundos do saneamento urbano, ou seja, escória da incineração de lixo urbano domiciliar e lixo hospitalar e o lodo de esgoto, pois eles devem apresentar um crescimento acentuado na sua produção no futuro próximo devido à inexistência de áreas de deposição. A reciclagem do fosfogesso, resíduo da produção de adubos, já foi testada anteriormente no Brasil. Entretanto, a tecnologia foi abandonada devido aos produtos apresentaram enorme tendência ao desenvolvimento de fungos na fase de uso.

Algarvio (2009) expõe alguns exemplos de materiais que podem ser reutilizados na construção civil, sendo alguns deles:

TABELA 1.

Materiais	Descrição
Concreto	O concreto é um material constituído por agregados, cimento portland, água e aditivos. Sem nenhum processamento, pode ser utilizado, para fazer enchimento e elevação de terrenos, na construção de estradas, etc.
Tijolos e alvenarias	Os agregados reciclados provenientes do processamento de tijolos e alvenarias são as mesmas do que as do concreto. Porém, este material não é adequado em algumas aplicações devido à sua elevada porosidade e baixa resistência. Por exemplo, não podendo ser utilizado como agregado para asfalto e é pouco adequado para sub-base de estradas, devido justamente a alta porosidade.

Madeiras	<p>As estruturas em madeira precisam primeiramente ser analisadas se estão danificadas ou não, se não estiverem danificadas, pode reaproveitá-las em portas, tábuas e vigas. Se estiver danificada, são adotados critérios que dependem do seu grau de contaminação. Por exemplo, a madeira que não esteja contaminada pode ser utilizada na produção de papel etc. Se a madeira estiver pouco contaminada, pode fazer madeira prensada, através de moagem e da adição de ligantes. A madeira com maior contaminação, que contenha cobertura plástica ou que seja prensada, pode ser utilizada na produção de aglomerado ou decomposta por gaseificação, obtendo-se um gás que pode ser utilizado como fonte de energia.</p>
Asfalto	<p>O asfalto pode ser reutilizado na sub-base de estradas, a frio ou a quente. Quando se utilizada a frio, basta a redução de tamanho do material e a adição do respectivo agente de regeneração, o resultado obtido é utilizado em vias de sujeitas a baixas cargas. Em aplicações maiores torna-se necessária a adição de cimento. O processo a quente podem ser reutilizadas percentagens elevadas de asfalto (até 95%).</p>
Metal	<p>Este material deve ser sujeito a uma análise para que o seu valor material seja aumentado. Quando não é possível reutilizar o aço, este pode ser reciclado para produzir novo metal.</p>

3 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO RECICLADO COM RELAÇÃO AO CONCRETO COMUM

Andrade e Helene (2010) discorrem que na mistura do cimento, juntamente com a água, forma-se uma pasta que fica mais ou menos fluida, dependendo da dosagem de água adicionada. Essa pasta envolve as partículas de agregados com diversas dimensões para produzir um material, que, nas primeiras horas, está em um estado que é capaz de ser moldado em fôrmas das mais variadas formas. Com o tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo característica de resistência mecânica capaz de torná-lo um material de grande desempenho estrutural, sob as mais variadas formas de exposição.

A grande diferença entre o concreto comum e o reciclado é exatamente o agregado graúdo ou miúdo, que será acrescentado. No caso do comum adiciona-se brita e areia, já no reciclado são adicionados os resíduos de construção e demolição (RCD), tais como fragmentos de concretos, argamassas, cerâmicas, tijolos, blocos e outros, obtidos por meio da britagem, operações de separação ou beneficiamento. (BATTAGIN, 2011).

O concreto de cimento Portland (concreto comum) é atualmente o mais importante material estrutural e de construção civil. Mesmo sabendo que é o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das grandes descobertas da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. Seu descobrimento no final do século XIX e seu intensivo uso no século XX, o transformaram no material mais utilizado pelo homem depois da água, revolucionando a arte de projetar e construir estruturas, cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade. (ANDRADE e HELENE, 2010).

O concreto comum possui uma grande quantidade de características que lhe garantem o posto de material estrutural mais utilizado no mundo. Apesar disso, este material possui algumas limitações, como o comportamento marcadamente frágil e a baixa capacidade de deformação apresentada antes da ruptura quando o material é tracionado. Assim, a sua capacidade de resistência à tração é muito reduzida quando comparada à sua capacidade de resistência à compressão. Isso

ocorre em função da fragilidade do material às fissuras e microfissuras que podem ocorrer em seu interior (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011).

O concreto com agregados reciclados é aquele produzido com resíduos britados, em substituição parcial ou total aos agregados convencionais. Como esses agregados convencionais, oriundos de rochas britadas, seixos e areias são pouco porosos, a resistência ou durabilidade deste concreto é controlada pela porosidade (vazios) da pasta de cimento. (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011)

Ângulo e Figueiredo (2011) ainda discorrem que os agregados reciclados são mais porosos que os agregados de rochas britadas e areias naturais. Sendo assim, sua resistência e durabilidade são controladas, não apenas pela porosidade da pasta de cimento, mas também pela porosidade de seu agregado. Com isso, a diferença essencial entre um concreto convencional e um concreto com agregado reciclado é a porosidade.

As pesquisas sobre propriedades mecânicas em concretos reciclados tratam, na sua maior parte, da propriedade de resistência à compressão e, na maioria das vezes, o resultado é o mesmo: há viabilidade técnica dos concretos com agregados reciclados devido aos resultados apresentarem nos testes um bom desempenho diante dessa propriedade. Porém, para que o bom resultado seja concretizado, existe a necessidade de dar um tratamento ao agregado reciclado antes da concretagem. (VIEIRA e MOLIN, 2004).

Vieira e Molin (2004) apud Chen et al. (2003) expõem que foi desenvolvido um estudo de reutilização de concretos com agregados reciclados de tijolos e concretos, utilizando os agregados reciclados em lotes separados de agregados graúdos reciclados, lavados e não lavados. Ao final da pesquisa os resultados mostraram que os concretos reciclados, oriundos dos agregados graúdos que passaram pelo processo de lavagem, obtiveram bons valores em torno de 90% da resistência à compressão e flexão dos concretos de referência. Para os concretos de agregados reciclados não lavados, os valores não passaram de 75%.

Pereira, Medeiros e Levy (2012), citam que os concretos nos quais foi usada somente a fração graúda do agregado reciclado que é apenas a substituição da brita apresentaram diminuição de apenas 5% no valor da resistência à compressão em relação ao concreto com agregados naturais (concreto comum).

Vieira e Molin (2004) ainda demonstram que diminuição da resistência dos concretos reciclados é algo que sempre traz muitas discussões. É facilmente comum encontrar resultados não satisfatórios cujas misturas obtenham valores bem abaixo dos dados de referência.

Para uma substituição total, ou seja, a utilização de frações miúda (areia) e graúda (brita), tal redução chegou a valores entre 20% e 40%. Quando adotada uma substituição parcial, em que existe na fração miúda uma composição de 50% de material natural (areia) e 50% de agregado reciclado, a redução ficou entre 10% e 20% (PEREIRA, MEDEIROS E LEVY, 2012).

O concreto proveniente de material reciclado apresenta um comportamento diferente em relação ao concreto convencional, tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido, em função do agregado reciclado apresentar diferentes formas, textura superficial rugosa e grande potencial de absorção de água. (WERLE, et al., 2010)

Os agregados reciclados, diferentemente dos naturais, têm uma alta taxa de absorção de água. Determinar essa taxa de água que será acrescentada é imprescindível, pois ela determina o percentual de água que deverá ser suprido do agregado reciclado, minutos antes das concretagens, para que não tenham problemas como redução na relação água/cimento, no abatimento e moldabilidade das misturas devido à falta de água. As taxas de absorção têm que ser compensadas para evitar que os agregados absorvam toda a água do traço e as misturas se tornem pouco trabalháveis e excessivamente secas, devido à falta de água. Com isso, esse procedimento tem que ser feito cuidadosamente para que não haja um excesso de água na mistura, saturando os agregados e ocasionando um aumento da relação água/cimento e, conseqüentemente, uma diminuição nas resistências mecânicas dos concretos produzidos, inviabilizando a sua utilização em comparação com os concretos convencionais (VIEIRA e MOLIN, 2004).

Em tudo que se faça, principalmente algo inovador, algo novo, sempre há suas vantagens e algumas desvantagens (dificuldades), sendo assim Porto e Silva apud Zordan (2001) mostram algumas dessas vantagens e algumas dificuldades ao substituir os agregados convencionais (areia e brita) que são os mais utilizados em obras no dia a dia:

TABELA 2.

Vantagens	Dificuldades
Seu uso possibilita trazer melhorias ao concreto, no caso utiliza baixo consumo de cimento;	No caso dos materiais cerâmicos a presença de faces polidas interfere negativamente na resistência à compressão do concreto produzido.
Energia economizada no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), sendo que usando no concreto, parte do material fica em granulometrias graúdas;	Dificuldades na seleção e na caracterização das propriedades destes materiais reciclados. Como exemplo pode-se citar o fato do concreto que foi demolido apresentar alguns outros resíduos de materiais de construção e até solo, dependendo da forma como foi estocado e retirado, além de ainda haver algumas impurezas.
Utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles, podendo utilizar todos de uma vez;	A coleta deste entulho para o processo de reciclagem é de grande dificuldade, pois o tráfego intenso na rua, acaba dificultando o acesso à construção para descarga de materiais, ou retirada de entulhos. Isso ocorre devido à ausência de um estudo das possibilidades da logística para evitar certos transtornos.
Consegue-se utilizar uma parcela maior do entulho produzido, como o proveniente de pequenas obras e de demolições que não trazem viabilidade para se investir em equipamentos de moagem/ trituração;	Para descarga de materiais, ou retirada de entulhos. Isso ocorre devido à ausência de um estudo das possibilidades da logística para evitar certos transtornos.

4 APLICAÇÕES MAIS COMUNS DO CONCRETO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Numa edificação, em todas as suas fases executivas, em algum momento existem atividades que podem ser executadas com materiais recicláveis de um canteiro de obra. As operações que são realizadas através de materiais recicláveis, utilizam-lhes sob forma bem alinhada, quais sejam: na forma de argamassa, na forma de concreto, na forma de assentamentos de pedaços de blocos cerâmicos e na forma de entulho solto, misturado, na porção miúda ou somente na porção graúda. Devendo-se ficar sempre atento ao grande detalhe de que concreto e argamassa com elementos de resíduos de construção civil não podem ser utilizados em peças de estruturas de concreto armado com elevadas cargas de compressão e/ou tração. (GRIGOLI, 2000).

Grigoli (2000) ainda cita algumas de suas utilizações durante a obra, às quais pode-se citar: assentamentos de batentes, assentamentos de esquadrias e/ou contramarco, enchimentos de rasgos de paredes, chumbamentos de tubulações elétricas e hidráulicas, assentamento de blocos cerâmicos, chumbamentos de caixas elétricas, execução de embonecamento de tubulações, remendos e emendas em alvenarias, enchimentos de rebocos internos, enchimentos de caixões perdidos, enchimento de degraus de escadaria, estrado sobre o solo para lançamento de contra piso e passeio público, contra piso de interiores de unidades, concreto de piso para abrigos de automóveis leves, drenos de floreiras, drenos de visitas de hidrantes e drenos de fundo de poço de elevador, drenos de escoamento de água de chuvas e drenos de pátios de estacionamento, aterramento de valetas junto ao solo, estaqueamento e fundações de muros com pequenas cargas, vigas de concreto com baixa solicitação, pilares de concreto com baixa solicitação, contra piso ou enchimento de casa de máquinas e áreas comuns de tráfego baixo.

O concreto reciclado já vem demonstrando uma grande atuação numa série de usos em obras urbanas, com a obtenção de custos mais acessíveis. É possível verificar sua utilização atualmente em concretos para: bases de pavimentos, estruturas residenciais com $f_{ck} < 20\text{MPa}$ e produção de artefatos pré-moldados em concreto (tubos, lajes, blocos). (SANTANA, et al, 2011).

Helene e Levy (2002) evidenciam em sua obra que a partir de 1988 a Comunidade Europeia veio a executar um grande número de edificações em concreto proveniente de resíduos reciclados. Em alguns casos com aplicação apenas no concreto, em outros casos apenas nos blocos de alvenaria, assim como da mistura dos dois, entre os exemplos citados vemos o 1º edifício do Reino Unido a incorporar a tecnologia de concreto usinado com a utilização de agregados reciclados (figura 1), ampliação do porto de Antuérpia, totalizando, 650.000 m³ de concreto com 80.000m³ de concreto reciclado proveniente da demolição da antiga eclusa (figura 2), na Alemanha a empresa responsável desenvolveu um projeto pioneiro conversão e reciclagem de resíduos de construção. Na área de 200.000m² foram construídas, 550 unidades residenciais, comerciais, e escritórios com infraestrutura para realizar eventos. 500.000 toneladas de resíduos de alvenaria e 20.000m³ de resíduos de concreto processados e reutilizados no próprio canteiro de obra em 1996 – 1997 (figura 3).

FIGURA 1 – O edifício do meio ambiente do BRE.



Fonte: Helene e Levy (2002)

FIGURA 2 – Eclusa de Berendrecht na Bélgica.



Fonte: Helene e Levy (2002)

FIGURA 3 – Vila militar em Itzehoe na Alemanha.



Fonte: Helene e Levy (2002)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi realizado através de pesquisas acerca do tema concreto reciclado e suas aplicações na construção civil, o qual nos permitiu a compreensão da importância dessa reciclagem para o bem-estar não só da sociedade, mas também das empresas.

Hoje em dia, diante de um cenário onde as construções estão cada vez mais frequentes, deve-se sempre pensar o que fazer com os resíduos gerados. A reciclagem desses resíduos é muito importante, pois reduz a necessidade de extrairmos recursos naturais não renováveis, diminui o volume de resíduos descartados gerando uma redução de áreas necessárias para aterro, causa uma redução do consumo de energia durante o processo de produção de novos produtos e uma conseqüente redução da poluição. Os cofres públicos e das empresas também ganham respiros em tempos de crise, uma vez que os mesmos evitam gastos com o transporte e descarte.

No Brasil já surgiram algumas iniciativas. Hoje há centros de reciclagem de resíduos que fazem a separação das classes e de acordo com o que será utilizado determina-se o que deve ser retornado a determinada obra.

A hipótese que foi abordada verificou que há muita utilização para esses resíduos, evitando assim o seu descarte de maneira inadequada e sem nenhuma preocupação com o meio ambiente. A sua vasta utilização, se feita de maneira correta, minimiza custos e maximiza resultados.

Com isso, pode-se concluir que o concreto reciclado é uma boa alternativa para sairmos da mesmice e transformarmos algo que ocupa muito espaço no canteiro de obra e em locais inapropriados, em ferramenta de grande auxílio ao meio ambiente e a sociedade em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS

ALGARVIO, Dora Alexandra Neto. **Reciclagem de resíduos de construção e demolição: Contribuição para controlo do processo**. 2009. Tese de Doutorado. FCT-UNL. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/2023>>. Acesso em: 05 de fev. de 2019.

ANDREOLI, C. V. et al. **Resíduos sólidos: origem, classificação e soluções para destinação final adequada**. [2014?], [S.l.]. disponível em: <https://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/32_Residuos-solidos.pdf>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

ÂNGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com agregado reciclado**. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/293811678_CONCRETO_COM_AGREGADOS_RECICLADOS>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Eduardo; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Anais.. São Paulo: IBRACON, 2001. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/001771851>>. Acesso em: 05 de fev. de 2019.

BATTAGIN, Arnaldo. **Concreto reciclado**. 2011. Disponível em: <<https://cimento.org/concreto-reciclado/>>. Acesso em: 18 de fev. de 2019.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2018, disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/residuo>>. Acesso em: 12 de fev. de 2019.

GALATTO, C.F; CARDOSO, A. C.F; GUADAGNIN, M. R. **Estimativa de geração de resíduos da construção civil e estudo de viabilidade de usina de triagem e reciclagem**. Criciúma, 2014. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf>. Acesso em: 20 de jan. de 2019.

GALVÃO, M. C. B. **Levantamento bibliográfico e a pesquisa científica**. Barueri, 2011. Disponível em: <http://www2.eerp.usp.br/Nepien/DisponibilizarArquivos/Levantamento_bibliografico_CristianeGalv.pdf>. Acesso em: 05 de fev. de 2019.

GRIGOLI, Ademir Scobin. **ENTULHO DE OBRA – RECICLAGEM E CONSUMO NA PRÓPRIA OBRA QUE O GEROU**. Maringá, 2000. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_007.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2019.

HELENE, P. R. L.; LEVY, S. M. **Evolução Histórica Da Utilização Do Concreto Como Material De Construção**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/bt42.pdf>>. Acesso em: 28 de fev. de 2019.

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 05 de fev. de 2019.

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: 12 de fev. de 2019.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-49802007000300004>. Acesso em: 22 de fev. de 2019.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H.F.; PEREIRA, E. **Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n3/v12n3a09.pdf>>. acesso em: 10 de fev. de 2019.

PORTO, M. E. H. de C.; SILVA, S. V.. **Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares**. In: **xxviii encontro nacional de engenharia de produção**. Rio De Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf>. Acesso em: 12 de fev. de 2019.

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: 20 de fev. de 2019.

SANTOS, M. C. L.; DIAS, S. L. F. G. **Resíduos Sólidos Urbanos E Seus Impactos Socioambientais**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/sites/default/files/OKRESDUOS%20SLIDOS%20URBANOS%20E%20SEUS%20IMPACTOS%20SOCIOAMBIENTAIS%20PAGINADAS.pdf>>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.

SCHALCH, V.; et al. **Gestão E Gerenciamento De Resíduos Sólidos**. São Carlos, 2002. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/Apostila_Gestao_e_Gerenciamento_de_RS_Schalch_et_al.pdf>. Acesso em: 10 de fev. de 2019.

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: 11 de fev. de 2019.

VIEIRA, G. L.; MOLIN, D. C. C. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3575/1979>>. Acesso em: 18 de fev. de 2019.

WERLE, A. P.; et al. **Análise de metodologias utilizadas para a Caracterização da absorção de água de concreto Reciclado como agregado**. Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/472.pdf>>. Acesso em: 15 de fev. de 2019.