



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI**  
**ENGENHARIA CIVIL**

**LUANA LOPES ALECRIM**  
**PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO**

**APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE**  
**CONCRETO**

**TEÓFILO OTONI - MG**

**2020**

**LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO**

**APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE  
CONCRETO**

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

---

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

---

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

**TEÓFILO OTONI - MG**

**2020**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. Resíduos da construção civil .....	6
3.2. Logística reversa.....	8
3.3. Qualidade da construção civil .....	9
3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4. CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim <sup>1</sup>  
Pedro Henrique de Souza Mourão <sup>2</sup>  
Ms. Rodrigo Silva Colares <sup>3</sup>

### RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

**Palavras-chave:** Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

### ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

**Keywords:** Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: pmourao.eng@outlook.com.

<sup>3</sup> Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rscolares2@hotmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas pesquisas e desenvolvimentos no setor. Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução N° 307,

2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela construção civil e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais.

Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes da construção civil, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1. Resíduos da construção civil**

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes.

Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos.

Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

**Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)**

Classe	Composição	Destinação
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra	Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos de obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso	Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação	Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes
D	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados.	Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

**Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.**

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. De acordo com Butler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).

De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.



**Fonte: Autores, 2020.**

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### **3.3. Qualidade da construção civil**

Cerca de 90% dos resíduos provenientes da construção civil podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais (areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI *et al.*, 2012).

Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades para a produção de agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de materiais de construção, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. De acordo com Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin *et al* (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades da construção civil, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades da construção civil, a implantação de usinas de reciclagem de resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN *et al*, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira *et al*. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg),

Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### **3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto**

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes da construção civil é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK *et al.*, 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

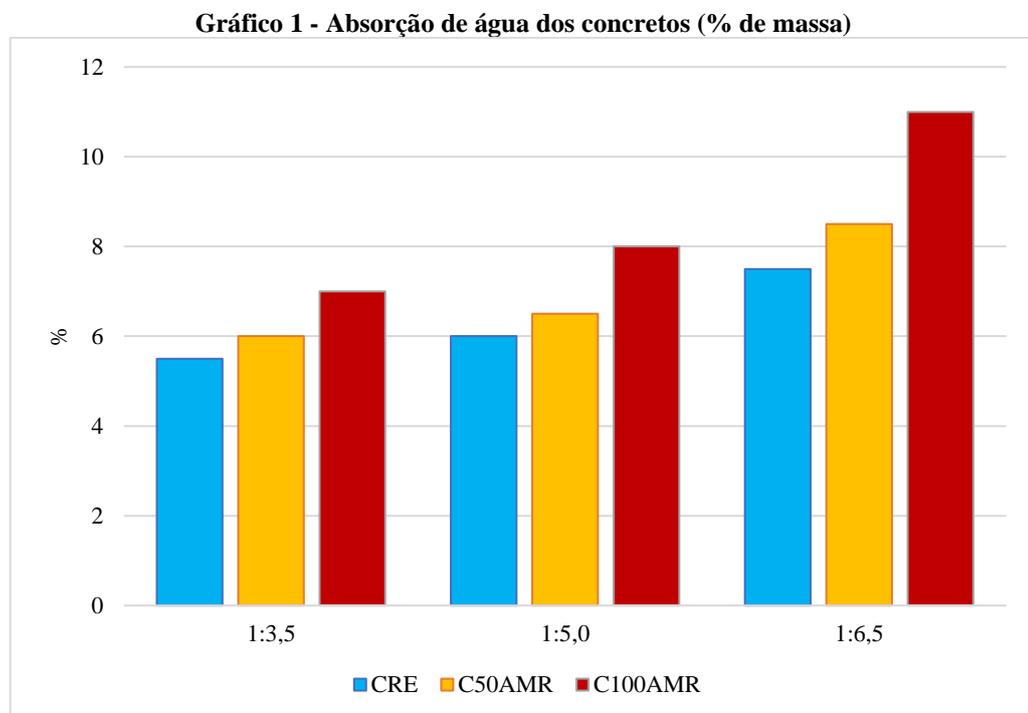
Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto.

Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.



**Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).**

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto.

Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

**Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão**

Idade (dias)	Teor de substituição	Resistência à compressão (Mpa)		
		1:3,5	1:5,0	1:6,5
3	CRE	22,2	12,7	8,3
	C50AMR	18,9	13,2	7,4
	C100AMR	18,0	10,3	6,6
7	CRE	24,9	17,9	10,6
	C50AMR	22,2	16,5	9,9
	C100AMR	20,1	14,4	9,5
28	CRE	31,9	21,9	10,7
	C50AMR	31,0	22,7	14,3
	C100AMR	27,9	20,9	12,8
91	CRE	40,0	27,7	19,7
	C50AMR	40,0	29,7	18,4
	C100AMR	35,8	26,2	18,0

**Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).**

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

De acordo com Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

**Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade**

Idade (dias)	Teor de substituição	Módulo de Elasticidade (Gpa)		
		1:3,5	1:5,0	1:6,5
3	CRE	22,2	18,2	15,6
	C50AMR	20,5	17,1	12,7
	C100AMR	17,1	14,0	11,3
7	CRE	22,5	21,2	17,3
	C50AMR	21,5	19,6	14,7
	C100AMR	19,3	16,2	14,5
28	CRE	28,6	26,5	21,5
	C50AMR	27,1	24,4	22,0
	C100AMR	25,0	21,4	19,9
91	CRE	27,1	25,6	22,3
	C50AMR	26,5	24,8	20,2
	C100AMR	22,6	21,7	18,9

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Conseqüentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício do meio ambiente do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. **A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte**. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1&is>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_L Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_L Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. **Evolução da utilização do concreto como material de construção**. São Paulo, 2002.

MONTEIRO, José Henrique Penido. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: <<https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. **Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo**. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. **Reaproveitamento do Entulho da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. **Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares**. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_079\\_551\\_11839.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf)>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

FICHA DE ACOMPANHAMENTO INDIVIDUAL DE ORIENTAÇÃO DE TCC

Atividade: Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo/Monografia.  
Curso: ENGENHARIA CIVIL Período: 10<sup>º</sup> Semestre: 2<sup>º</sup> Ano: 2020

Professor (a): MS. RODRIGO SILVA COLARES

Acadêmico (s): PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO e LUANA LOPES ALECRIM

Tema:

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA  
PRODUÇÃO DE CONCRETO

Assinatura dos alunos

Data(s) do(s) atendimento(s)	Horário(s)	Assinatura(s)
20/03/2020	18:00	[Assinaturas]
10/04/2020	16:30	[Assinaturas]
21/04/2020	10:00	[Assinaturas]
05/05/2020	9:00	[Assinaturas]
15/05/2020	15:30	[Assinaturas]
26/05/2020	10:00	[Assinaturas]
09/06/2020	16:00	[Assinaturas]
26/06/2020	19:00	[Assinaturas]
03/07/2020	20:00	[Assinaturas]
10/07/2020	15:30	[Assinaturas]

Descrição das orientações:

- Orientação sobre o tema e ajustes no método de pesquisa;
- Readaptação do tema e mudança na abordagem da pesquisa;
- Revisão e sugestões de cada assunto proposto no trabalho;
- Auxílio com a documentação e protocolos.

Considerando a concordância com o trabalho realizado sob minha orientação, AUTORIZO O DEPÓSITO do Trabalho de Conclusão de Curso dos Acadêmicos PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO e LUANA LOPES ALECRIM.

*Rodrigo Silva Colares*  
Assinatura do Professor



## Relatório do Software Anti-plágio CopySpider

Para mais detalhes sobre o CopySpider, acesse: <https://copyspider.com.br>

### Instruções

Este relatório apresenta na próxima página uma tabela na qual cada linha associa o conteúdo do arquivo de entrada com um documento encontrado na internet (para "Busca em arquivos da internet") ou do arquivo de entrada com outro arquivo em seu computador (para "Pesquisa em arquivos locais"). A quantidade de termos comuns representa um fator utilizado no cálculo de Similaridade dos arquivos sendo comparados. Quanto maior a quantidade de termos comuns, maior a similaridade entre os arquivos. É importante destacar que o limite de 3% representa uma estatística de semelhança e não um "índice de plágio". Por exemplo, documentos que citam de forma direta (transcrição) outros documentos, podem ter uma similaridade maior do que 3% e ainda assim não podem ser caracterizados como plágio. Há sempre a necessidade do avaliador fazer uma análise para decidir se as semelhanças encontradas caracterizam ou não o problema de plágio ou mesmo de erro de formatação ou adequação às normas de referências bibliográficas. Para cada par de arquivos, apresenta-se uma comparação dos termos semelhantes, os quais aparecem em vermelho.

Veja também:

[Analisando o resultado do CopySpider](#)

[Qual o percentual aceitável para ser considerado plágio?](#)



Relatório gerado por: [pedrohenrique.mourao@gmail.com](mailto:pedrohenrique.mourao@gmail.com)

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://www.researchgate.net/publication/273110513_Dosagem_de_concretos_produzidos_com_agregado_miudo_reciclado_d_e_residuo_da_construcao_civil">https://www.researchgate.net/publication/273110513_Dosagem_de_concretos_produzidos_com_agregado_miudo_reciclado_d_e_residuo_da_construcao_civil</a>	285	2,23
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://www.ecycle.com.br/component/content/article/45/80-destinacao-entulho.html">https://www.ecycle.com.br/component/content/article/45/80-destinacao-entulho.html</a>	64	1,17
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://blog.tocaobra.com.br/entulho-de-obra/">https://blog.tocaobra.com.br/entulho-de-obra/</a>	71	1,15
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://www.infoescola.com/ecologia/entulho/">https://www.infoescola.com/ecologia/entulho/</a>	39	0,8
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://biomassadobrasil.com.br/os-residuos-gerados-pela-construcao-civil/">https://biomassadobrasil.com.br/os-residuos-gerados-pela-construcao-civil/</a>	15	0,32
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://www.gov.br/planalto/pt-br">https://www.gov.br/planalto/pt-br</a>	3	0,06
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="https://www.gov.br/economia/pt-br/acesso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados_me.pdf">https://www.gov.br/economia/pt-br/acesso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados_me.pdf</a>	3	0
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf/">http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf/</a>	- - Parece que o documento foi removido do site ou nunca existiu. HTTP response code: 404 - <a href="http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf/">http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf/</a>	
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/RECICLAGEM-DOS-RESDUOS-SLIDOS-DA-CONSTRUO-CIVIL--Gradin--Costa-2009.pdf/">http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/RECICLAGEM-DOS-RESDUOS-SLIDOS-DA-CONSTRUO-CIVIL--Gradin--Costa-2009.pdf/</a>	- - Parece que o documento foi removido do site ou nunca existiu. HTTP response code: 404 - <a href="http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/RECICLAGEM-DOS-RESDUOS-SLIDOS-DA-CONSTRUO-CIVIL--Gradin--Costa-2009.pdf/">http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/RECICLAGEM-DOS-RESDUOS-SLIDOS-DA-CONSTRUO-CIVIL--Gradin--Costa-2009.pdf/</a>	
<a href="#">APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO_PEDRO e LUANA_ENGENHARIA CIVIL.docx</a> X <a href="http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf/">http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf/</a>	- - Parece que o documento foi removido do site ou nunca existiu. HTTP response code: 404 - <a href="https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf/">https://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf/</a>	



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:**

[https://www.researchgate.net/publication/273110513\\_Dosagem\\_de\\_concretos\\_produzidos\\_com\\_agregado\\_miudo\\_reciclado\\_de\\_residuo\\_da\\_construcao\\_civil](https://www.researchgate.net/publication/273110513_Dosagem_de_concretos_produzidos_com_agregado_miudo_reciclado_de_residuo_da_construcao_civil) (8840 termos)

**Termos comuns:** 285

**Similaridade:** 2,23%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). **Os termos em vermelho foram encontrados no documento**

[https://www.researchgate.net/publication/273110513\\_Dosagem\\_de\\_concretos\\_produzidos\\_com\\_agregado\\_miudo\\_reciclado\\_de\\_residuo\\_da\\_construcao\\_civil](https://www.researchgate.net/publication/273110513_Dosagem_de_concretos_produzidos_com_agregado_miudo_reciclado_de_residuo_da_construcao_civil)

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS **COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**



TEÓFILO OTONI - MG

2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5



3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. <b>Resíduos da construção civil</b> .....	6
3.2.Logística reversa.....	8
3.3.Qualidade <b>da construção civil</b> .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades <b>mecânicas do concreto reciclado</b> .....	12
3.7.Aplicações dos RCD <b>em elementos estruturais</b> .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE **RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rcolares2@hotmail.com.]

RESUMO



A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

**Palavras-chave:** Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

**Keywords:** Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.



Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas **usinas de reciclagem**, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte **dos resíduos de** construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, **é possível verificar** um crescimento da utilização **de recursos naturais** e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação **dos impactos ambientais**, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos **com o objetivo de** reduzir **os impactos ambientais** causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela **construção civil** e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa **com o objetivo de** retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, **da quantidade de agregado natural** substituído, das características individuais **dos agregados reciclados** que foram empregados, da fração de contaminadores **presente no agregado** e da porção de finos adicionados.

As **propriedades dos agregados de RCD** são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados **a produção de concreto** através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

**Este trabalho tem como objetivo avaliar** e analisar **a viabilidade do** aproveitamento dos **resíduos provenientes da construção civil**, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho **na confecção**



de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1. Resíduos da construção civil

A **construção civil** apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo **de matéria prima** e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A **geração de resíduos** não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, **a busca por** agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes.

Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão **no volume de** resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, **bem como o** maior consumo **de matéria prima e geração de resíduos**. Esses fatores conduzem na busca de alternativas **com o objetivo de reduzir o impacto** causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema **da geração de** entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto **na fase de** construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra-se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, **devido a sua** disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. **De acordo com** Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado **a reutilização de** materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre **a geração de resíduos** e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar **a geração de resíduos** com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados,



transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).

De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade da construção civil



Cerca de 90% dos **resíduos provenientes da construção civil** podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em **agregados para concreto** não estrutural, substituindo **os agregados convencionais** (areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para **reciclagem do entulho**, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, **o consumo de água** será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades **para a retirada** destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho é uma das maiores dificuldades **para a produção de agregados reciclados de concreto**, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos **de materiais de construção**, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

#### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A **construção civil** provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício **de matéria-prima natural**. **De acordo com** Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades **da construção civil**, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela **geração de resíduos** das atividades **da construção civil**, a implantação de **usinas de reciclagem de resíduos** (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo **os impactos ambientais** e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), **a substituição do** depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A **produção de agregados** com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% **em relação a** similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, **de acordo com a** tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos **do processo de** reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além **dos agregados reciclados** apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades **físicas e mecânicas**. Assim, para a



utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, **absorção de água**, **resistência** a compressão, **módulo de elasticidade** e outros. Para tanto, **a utilização do** material reutilizado depende das características de sua origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre **a geração de RCD** no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais **na construção civil**, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, **e por consequência** afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar **as características dos agregados** que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois **o concreto é** formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. **O agregado reciclado** tem em si uma massa específica **menor do que a do agregado natural**, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma **maior absorção de água**, assim, a trabalhabilidade dos concretos com **resíduos provenientes da construção civil é menor do que** os convencionais, gerando maior aumento no **consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios** (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

**“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)”** (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), **a utilização de agregados** deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até **na produção de argamassas e concretos**.

### 3.6. Propriedades **mecânicas do concreto reciclado**

**A busca por** concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e **qualidade do agregado** pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades **físicas e mecânicas**



De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto. Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto. Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

De acordo com Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud



RODRIGUES e FUCALE, 2014).

### Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

#### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício do meio ambiente do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>&is>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.



LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da **utilização do concreto** como material de construção. São Paulo, 2002.

MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado **de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: &lt;<https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>&gt;. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de **Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil** de Médio Porte da Zona Leste **de São Paulo**. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: &lt;<https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>&gt;. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento **do Entulho da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: &lt;<http://www.taperanet.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>&gt;. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. **Rio de Janeiro**: ENEGEP, 2008. Disponível em: &lt;[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_079\\_551\\_11839.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf)&gt;. Acesso em: 19 de abr. 2020.

**RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: &lt;<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>&gt;. Acesso em: 14 de mar. 2020.**

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros **de resíduos de obras** civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

B Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

#### Idade

(dias) Teor de

**substituição Resistência à compressão (Mpa)**

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3



C50AMR18,913,27,4  
C100AMR18,010,36,6  
7CRE24,917,910,6  
C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

**Idade**  
**(dias) Teor de**  
**substituição Módulo de Elasticidade (Gpa)**

1:3,51:5,01:6,5  
3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:** <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/45/80-destinacao-entulho.html> (1301 termos)

**Termos comuns:** 64

**Similaridade:** 1,17%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/45/80-destinacao-entulho.html>

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO



TEÓFILO OTONI - MG

2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. <b>Resíduos da construção civil</b> .....	6



3.2.Logística reversa.....	8
3.3.Qualidade <b>da construção civil</b> .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE **RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL** COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rscolares2@hotmail.com.]

### RESUMO

A **construção civil é um dos** setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a



importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A **Construção Civil é um dos** maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos **provenientes de construções**, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando



através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**, instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente **dos resíduos gerados** pela **construção civil** e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados **com as normas** e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes **da construção civil**, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram **cada vez mais** entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão **cada vez mais** escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se **cada vez mais** distantes.

Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos , implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre **o poder público**, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. **De acordo com** Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. **Assim como a** Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar **todos os resíduos** e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996



apud BUTTLER, 2003).

De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade da construção civil

Cerca de 90% dos resíduos provenientes da construção civil podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais



(areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que **os resíduos que** sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades para a produção de **agregados reciclados de** concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos **de materiais de construção**, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

#### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. **De acordo com** Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades **da construção civil**, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades **da construção civil**, a implantação de usinas **de reciclagem de** resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antochaves (2012), a substituição do depósito **irregular de resíduos** pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, **de acordo com a** tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a **reciclagem de entulho** possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de



elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam **o meio ambiente**.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes **da construção civil é** menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

**De acordo com** Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material



devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto. Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto.

Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

**De acordo com** Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera **e a sua** forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando **o uso dos** agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALÉ, 2014).



### Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

#### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas **de reciclagem e** coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIERZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício **do meio ambiente** do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis **com a sua** utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o **gerenciamento dos resíduos**. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação **com o meio ambiente**, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama **dos resíduos sólidos** no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos **de construção civil**: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos **para a gestão dos resíduos da construção civil** e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui **a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade **de São Paulo**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com **agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1&is&gt;>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade **de São Paulo**. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado **de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: &lt;https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf&gt;. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de **Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil** de Médio Porte da Zona Leste **de São Paulo**. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: &lt;https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf&gt;. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho **da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: &lt;http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf&gt;. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: &lt;http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\_TN\_STP\_079\_551\_11839.pdf&gt;. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo **da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: &lt;https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743&gt;. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos de obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

**B Resíduos recicláveis** para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

**C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis** que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância **com as normas** específicas vigentes

**D Tintas, solventes, óleos** e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância **com as normas** específicas vigentes

Idade

(dias)Teor de

substituiçãoResistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6



7CRE24,917,910,6  
C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade

(dias)Teor de

substituiçãoMódulo de Elasticidade (Gpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:** <https://blog.tocaobra.com.br/entulho-de-obra/> (2018 termos)

**Termos comuns:** 71

**Similaridade:** 1,15%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). **Os termos em vermelho foram encontrados no documento**

<https://blog.tocaobra.com.br/entulho-de-obra/>

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

TEÓFILO OTONI - MG



2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. <b>Resíduos da construção civil</b> .....	6
3.2.Logística reversa.....	8



3.3.Qualidade da construção civil .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rcolares2@hotmail.com.]

## RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a



preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou **uma série de** pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

**A Construção Civil é um dos** maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou **a geração de resíduos**.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência **de matérias-primas**, eles começaram a desenvolver tecnologias **para a reciclagem** de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância **de reaproveitar os** resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais , Socorro **em São Paulo**, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas



pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela construção civil e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes da construção civil, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A **construção civil** apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A **geração de resíduos** não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes. Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução **de uma obra** desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e **geração de resíduos**. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo **de reduzir o** impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra-se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. **De acordo com** Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre **a geração de resíduos** e para a exploração **de matérias primas naturais**.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar **a geração de resíduos** com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, **o uso de** concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).



De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade da construção civil

Cerca de 90% dos resíduos provenientes da construção civil podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais (areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse



benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que **os resíduos que** sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, **o consumo de** água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades **para a produção de** agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de **materiais de construção**, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

#### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

**A construção civil** provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. **De acordo com** Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), **cerca de 50% dos recursos naturais** disponíveis são utilizados nas atividades **da construção civil**, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela **geração de resíduos** das atividades **da construção civil**, a implantação de usinas de **reciclagem de resíduos** (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem **é economicamente viável**, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

**"A produção de** agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, **de acordo com a** tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua



origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes da construção civil é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto.



Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no **consumo de cimento** e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados **a quantidade de** água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar **o consumo de cimento**, que poderá elevar o custo da produção do concreto. Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era **maior que a** do concreto convencional", (LEITE, 2001).

**De acordo com** Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade



Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação **dos recursos naturais**, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com **a geração de** empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício do meio ambiente do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos **para a sua** dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção **de novos materiais** sem a necessidade de extrair grandes volumes **dos recursos naturais**.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o **gerenciamento dos resíduos**. Ressalta-se a necessidade **do Poder Público** juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou **contribuir para a** preocupação **com o meio ambiente**, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre **a geração de resíduos** e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>&is>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado **de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: <https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de **Reciclagem de Resíduos de Construção Civil** de Médio Porte da Zona Leste **de São Paulo**. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho **da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <http://www.taperanet.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento **dos entulhos de concreto na construção de** casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\_TN\_STP\_079\_551\_11839.pdf>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de **resíduo da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos de obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

B Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado **para a sua** utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância **com as normas** específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância **com as normas** específicas vigentes

#### Idade

(dias) Teor de

substituição Resistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6

7CRE24,917,910,6



C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade

(dias)Teor de

substituiçãoMódulo de Elasticidade (Gpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,218,215,6

C50AMR20,517,112,7

C100AMR17,114,011,3

7CRE22,521,217,3

C50AMR21,519,614,7

C100AMR19,316,214,5

28CRE28,626,521,5

C50AMR27,124,422,0

C100AMR25,021,419,9

91CRE27,125,622,3

C50AMR26,524,820,2

C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:** <https://www.infoescola.com/ecologia/entulho/> (655 termos)

**Termos comuns:** 39

**Similaridade:** 0,8%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). **Os termos em vermelho foram encontrados no documento**

<https://www.infoescola.com/ecologia/entulho/>

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

TEÓFILO OTONI - MG



2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

### TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. <b>Resíduos da construção civil</b> .....	6
3.2.Logística reversa.....	8



3.3.Qualidade da construção civil .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rcolares2@hotmail.com.]

## RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a



preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar **os resíduos provenientes de** construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas



pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**, instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela construção civil e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes **da construção civil**, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes. Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. **A classificação dos resíduos**, no Brasil, encontra-se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - **Classificação dos Resíduos** conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. **De acordo com** Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).

De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas **que não possuem** proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas **da construção civil**, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo **canteiro de obras** para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade **da construção civil**

Cerca de 90% dos resíduos provenientes **da construção civil** podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais (areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse



benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades para a produção de agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de materiais de construção, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. De acordo com Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades da construção civil, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades da construção civil, a implantação de usinas de reciclagem de resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua



origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes **da construção civil** é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

**De acordo com** Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto.



Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto. Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

**De acordo com** Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade



Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, **uma vez que é** necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício **do meio ambiente** do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos **resíduos de construção civil**: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão **dos resíduos da construção civil** e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade **de São Paulo**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados **de resíduos de construção** e demolição. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>&is>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade **de São Paulo**. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado **de resíduos sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: <<https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem **de Resíduos de Construção Civil** de Médio Porte da Zona Leste **de São Paulo**. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho **da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.taperanet.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_079\\_551\\_11839.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf)>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo **da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados **na forma de agregados**, ou direcionado a locais de **aterros de resíduos de** obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

**B Resíduos recicláveis** para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados **ou encaminhados para** locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

#### Idade

(dias) Teor de

substituição Resistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6

7CRE24,917,910,6



C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade  
(dias) Teor de  
substituição Módulo de Elasticidade (Gpa)  
1:3,51:5,01:6,5  
3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:** <https://biomassadobrasil.com.br/os-residuos-gerados-pela-construcao-civil//> (419 termos)

**Termos comuns:** 15

**Similaridade:** 0,32%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). **Os termos em vermelho foram encontrados no documento**

<https://biomassadobrasil.com.br/os-residuos-gerados-pela-construcao-civil//>

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

TEÓFILO OTONI - MG



2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1. <b>Resíduos da construção civil</b> .....	6
3.2.Logística reversa.....	8



3.3.Qualidade da construção civil .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rcolares2@hotmail.com.]

## RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a



preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas



pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos **resíduos gerados pela construção civil** e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes **da construção civil**, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes. Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra-se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. De acordo com Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).



De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber **os resíduos gerados pela construção civil**, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas **da construção civil**, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e **os resíduos gerados** necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade **da construção civil**

Cerca de 90% dos resíduos provenientes **da construção civil** podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais (**areia e brita**) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse



benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho é uma das maiores dificuldades para a produção de agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de materiais de construção, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. De acordo com Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades da construção civil, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades da construção civil, a implantação de usinas de reciclagem de resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua



origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes **da construção civil** é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto.



Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto. Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

De acordo com Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade



Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício do meio ambiente do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos **resíduos da construção civil** e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de **construção e demolição**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>&is>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: <<https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de **Reciclagem de Resíduos** de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho **da Construção Civil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.taperanet.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_079\\_551\\_11839.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf)>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de **resíduo da construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem **ser reutilizados ou reciclados** na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos de obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

B Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

#### Idade

(dias) Teor de

substituição Resistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6

7CRE24,917,910,6



C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade  
(dias) Teor de  
substituição Módulo de Elasticidade (Gpa)  
1:3,51:5,01:6,5  
3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#) (4214 termos)

**Arquivo 2:** <https://www.gov.br/planalto/pt-br> (620 termos)

**Termos comuns:** 3

**Similaridade:** 0,06%

**O texto abaixo é o conteúdo do documento** [APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\\_PEDRO e LUANA\\_ENGENHARIA CIVIL.docx](#). **Os termos em vermelho foram encontrados no documento** <https://www.gov.br/planalto/pt-br>

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM  
PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

TEÓFILO OTONI - MG



2020

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1.Resíduos da construção civil .....	6
3.2.Logística reversa.....	8



3.3.Qualidade da construção civil .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

Pedro Henrique de Souza Mourão

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rcolares2@hotmail.com.]

## RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a



preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão descontrolada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais, Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas



pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional **do Meio Ambiente** (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela construção civil e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes da construção civil, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes. Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos, implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra-se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. De acordo com Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996 apud BUTTLER, 2003).



De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade da construção civil

Cerca de 90% dos resíduos provenientes da construção civil podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais (areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse



benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades para a produção de agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de materiais de construção, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

#### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. De acordo com Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades da construção civil, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades da construção civil, a implantação de usinas de reciclagem de resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antocheves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua



origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes da construção civil é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto.



Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto. Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

De acordo com Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade



Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício **do meio ambiente** do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>&is>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Secretaria Especial de Desenvolvimento da **Presidência da República**, SEDU. 2001. Disponível em: <<https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho da Construção Civil. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.taperanet.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STP\\_079\\_551\\_11839.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf)>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos de obras civis, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

B Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

#### Idade

(dias) Teor de

substituição Resistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6

7CRE24,917,910,6



C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade  
(dias) Teor de  
substituição Módulo de Elasticidade (Gpa)  
1:3,51:5,01:6,5  
3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR



=====  
**Arquivo 1:** APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\_PEDRO e LUANA\_ENGENHARIA CIVIL.docx (4214 termos)

**Arquivo 2:** [https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados\\_me.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados_me.pdf) (27106 termos)

**Termos comuns:** 3

**Similaridade:** 0%

O texto abaixo é o conteúdo do documento APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO\_PEDRO e LUANA\_ENGENHARIA CIVIL.docx. Os termos em vermelho foram encontrados no documento [https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados\\_me.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/servidores/arquivos/terceirizados_me.pdf)

=====  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI  
ENGENHARIA CIVIL

LUANA LOPES ALECRIM

PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO

APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO



TEÓFILO OTONI - MG

2020

LUANA LOPES ALECRIM

**PEDRO HENRIQUE DE SOUZA MOURÃO**

## APROVEITAMENTO DE ENTULHOS COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms. Rodrigo Silva Colares

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

Professor 1

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 2

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Professor 3

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

TEÓFILO OTONI - MG

2020

### SUMÁRIO

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	3
1.INTRODUÇÃO .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
3.REVISÃO DA LITERATURA .....	6
3.1.Resíduos da construção civil .....	6



3.2.Logística reversa.....	8
3.3.Qualidade da construção civil .....	9
3.4.Despesas e impactos gerados pelo entulho .....	10
3.5.Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto .....	11
3.6.Propriedades mecânicas do concreto reciclado .....	12
3.7.Aplicações dos RCD em elementos estruturais .....	14
4.CONCLUSÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Luana Lopes Alecrim

[1: Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: luanaalecrim@hotmail.com.]

**Pedro Henrique de Souza Mourão**

[2: Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG . E-mail: pmourao.eng@outlook.com.]

Ms. Rodrigo Silva Colares

[3: Docente na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni-MG. E-mail: rscolares2@hotmail.com.]

## RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo. Este trabalho apresenta uma alternativa para a amenização dos impactos ocasionados por esses resíduos, enfatizando a



importância do gerenciamento de resíduos e de iniciativas públicas e da sociedade. Atualmente a preocupação sobre este tema tem sido abordada em vários setores, pois a escassez de matéria prima e aumento de lixo tem provocado inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo utilizou uma série de pesquisas bibliográficas e teóricas com o objetivo de confirmar a hipótese da viabilidade do reaproveitamento dos materiais considerados como entulhos, a fim de contribuir para o entendimento e informação para outros futuros trabalhos.

Palavras-chave: Resíduos; Construção; Demolição; Agregado reciclado; Concreto reciclado.

## ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors that generate the most solid waste in the world. This paper presents an alternative to mitigate the impacts caused by these wastes, emphasizing the importance of waste management and public and society initiatives. Currently the concern on this topic has been addressed in several sectors, because the scarcity of raw material and increased garbage has caused numerous social, economic and environmental problems, directly affecting people's quality of life. The present study used a series of bibliographic and theoretical researches with the objective of confirming the hypothesis of the feasibility of the reuse of materials considered as rubble, in order to contribute to the understanding and information for other future works.

Keywords: Waste; Construction; Demolition; Recycled aggregate; Recycled concrete.

## INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um dos maiores agentes responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social de todas as nações, contudo, essa expansão desgovernada e desprovida de uma gestão consolidada a respeito dos recursos ambientais, causa sérios impactos ao ecossistema, seja através do consumo, modificação ou a geração de resíduos.

Segundo Wedler e Hummel (1946), citado por Levy e Helene (2002), a confecção de concretos com uso de agregados reutilizados teve a sua primeira aplicação significativa registrada no final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades Europeias. Devido ao grande número de edificações destruídas e a carência de matérias-primas, eles começaram a desenvolver tecnologias para a reciclagem de entulhos. Atualmente, países como EUA, Japão, Holanda, Alemanha, França, Inglaterra entre outros, observaram a importância de reaproveitar os resíduos provenientes de construções, tendo como foco a busca por um padrão mínimo de qualidade sobre os agregados desses materiais. Os países europeus, além da diversidade de uso atribuída aos concretos confeccionados a partir de agregados reciclados, eles possuem investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor com inúmeras empresas responsáveis pelo reaproveitamento e destinação de resíduos. Entretanto, o Brasil ainda não apresenta uma cultura sólida em relação ao reaproveitamento de materiais reciclados.

Ainda, segundo Levy e Helene (2002), algumas cidades brasileiras como, Belo Horizonte em Minas Gerais , Socorro em São Paulo, adotaram soluções para amenizar o grande acúmulo de entulhos, operando



através de pequenas usinas de reciclagem, tal fato tem se tornado fundamental para a iniciativa de novas pesquisas e desenvolvimentos no setor.

Atualmente, grande parte dos resíduos de construções e demolições (RCD), de modo geral, não são reaproveitados e tão pouco descartados da maneira certa. Assim, é possível verificar um crescimento da utilização de recursos naturais e de inúmeras ocorrências de despejos em áreas irregulares.

A insuficiência de informações da população e das empresas sobre o modo adequado de destinar os entulhos de forma correta, além da falta de empenho das organizações privadas e do governo em investir e incentivar na criação de empreendimentos que viabilizem a reutilização dos materiais considerados como entulhos, promovem uma forte ampliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Analisando os problemas ocasionados pelas obras no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu diretrizes e procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelas construções (atualmente regida pela Resolução Nº 307, 2002), coagindo o município que seja elaborado instrumentos legais para regularizar e normatizar a destinação eficiente dos resíduos gerados pela construção civil e outros empreendimentos, além de impor sanções cabíveis por negligência ou imperícia.

O descarte dos materiais inservíveis de uma construção civil, mesmo em aterros ou em outro lugar para depósito permanente, ocasionará impactos ambientais e econômicos em diversas ordens. A reutilização desses resíduos, baseado em um modelo de logística reversa com o objetivo de retornar ou recuperar os produtos ao seu ciclo produtivo, manifesta-se como uma necessidade a fim de diminuir esses problemas. O entulho reciclado tem sido proposto como uma das possíveis soluções para combinar ou substituir na confecção dos materiais empregados nas obras, acarretando ganhos ambientais, econômicos e sociais. Integrar esses rejeitos para a composição de novos insumos tem sido uma alternativa muito interessante e viável. Tendo como foco principal o concreto, em virtude de ele ser fornecido em grande proporção, resistente a agentes físicos e químicos, flexível, aplicação simples e que pode evidenciar maior custo no empreendimento. Os concretos comuns e os reciclados detêm distinções em suas propriedades que consistem, dentre outras variáveis, da quantidade de agregado natural substituído, das características individuais dos agregados reciclados que foram empregados, da fração de contaminadores presente no agregado e da porção de finos adicionados.

As propriedades dos agregados de RCD são bastante influenciadas pelas propriedades do entulho, ou seja, a qualidade do elemento reciclado sofre interferência do produto original que transformou em resíduo. Outro fator que deve ser observado está relacionado ao processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento que devem possuir um eficiente controle de qualidade.

Este trabalho apresenta uma série de experimentos voltados a produção de concreto através de combinações com materiais considerados como entulhos. Avaliando e analisando a viabilidade e a relevância de utilizar esses materiais, comparando os resultados com as normas e outros estudos semelhantes.

## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar e analisar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos provenientes da construção civil, também, irá apresentar os impactos gerados pela ausência de um gerenciamento e planejamento dos resíduos, apresentando a importância do uso do entulho na confecção de um novo material.

## REVISÃO DA LITERATURA



### 3.1. Resíduos da construção civil

A construção civil apresenta inúmeras causas de formação de resíduos, a título de exemplo, o grau de evolução financeiro e sociocultural das cidades. O desenvolvimento contínuo financeiro dos centros urbanos motiva a expansão do setor de construção, promovendo um aumento no consumo de matéria prima e energia. O crescimento desgovernado destes polos, além de promover novos materiais e edificações, geram cada vez mais entulhos provenientes de reformas e demolições que não são reutilizados devido à falta de cultura da sociedade.

A geração de resíduos não é o único fator preocupante em relação aos impactos de modo geral, a busca por agregados naturais de qualidade próximo as zonas urbanas estão cada vez mais escassos, sendo que as fontes mais próximas dos locais das novas construções encontram-se cada vez mais distantes.

Segundo Leite (2001), outro motivo sobre o assunto relaciona-se com a falta de qualidade dos bens e serviços, onde essa ausência provoca perdas de materiais que saem das obras em forma de entulho, assim contribuirão no volume de resíduos. A execução de uma obra desprovida de qualidade, poderá ocasionar a um mau funcionamento da edificação, favorecendo a ocorrência de patologias na estrutura. Com o aparecimento de avarias, será imprescindível promover manutenções regulares com finalidade de prolongar a vida útil construção, bem como o maior consumo de matéria prima e geração de resíduos. Esses fatores conduzem na busca de alternativas com o objetivo de reduzir o impacto causado pela ação da construção. O controle das perdas de insumos deve ser a primeira opção para resolver o problema da geração de entulhos. Essa solução manifesta-se como uma possibilidade a fim de incentivar um aproveitamento mais racional de recursos, redução de custos do empreendimento e da administração dos resíduos, tanto na fase de construção bem como na sua utilização.

Dentre os principais impactos provocados pelos RCD são aqueles associados à acumulação dos entulhos , implicando no tráfego, drenagem, além de contribuírem na manifestação de transmissores patogênicos (pragas, bactérias, vírus e outros). Estes problemas devem ser solucionados de maneira organizada e cooperada entre o poder público, privado e a sociedade, evitando que iniciativas isoladas se tornem ineficientes por não alcançar a totalidade dos rejeitos e de alguns geradores deste problema. A classificação dos resíduos, no Brasil, encontra se fundamentado na Resolução 307 (CONAMA, 2002), conforme o Quadro1.

Quadro 1 - Classificação dos Resíduos conforme a Resolução 307 (CONAMA, 2002)

Fonte: Resolução 307 CONAMA (2002), adaptada.

O gerenciamento de resíduos tem sido abordado em nível mundial, devido a sua disposição irregular e a ausência de um sistema de logística reversa. De acordo com Buttler (2003), a Holanda possui políticas públicas e regulamentos que incentivam o gerenciamento de resíduos e proibições sobre o descarte inapropriado de RCD. Na Inglaterra é visado a reutilização de materiais reciclados e uma gestão eficiente e econômica, para isso, o Estado impõe taxas sobre a geração de resíduos e para a exploração de matérias primas naturais.

O Japão, devido a área do seu território, tem buscado meios tecnológicos para adaptar a geração de resíduos com o seu espaço. Assim como a Alemanha, o Japão também utiliza o mesmo conceito em tentar reaproveitar todos os resíduos e os que não são reaproveitados também serão incinerados, transformando calor em energia. Além disso, o uso de concreto totalmente reciclado tem ganhado força no Japão, onde ele é constituído com todos os componentes do concreto (TOMOSAWA e NOGUCHI, 1996



apud BUTTLER, 2003).

De acordo com a Abrelpe (2017), o panorama dos resíduos sólidos no Brasil mostra um montante de 71,6 milhões de toneladas que foram coletadas, sendo que apenas 91,2% registraram uma cobertura de coleta, assim, é possível perceber que 6,9 milhões de toneladas não foram coletados, ou seja, tiveram o destino impróprio. Dos 3.352 municípios, equivalente a 40,9% dos resíduos coletados, foram descartados em locais inapropriados, gerando cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos em áreas que não possuem proteção ao meio ambiente ou a saúde das pessoas. Já os outros 59,1% foram dispostos em aterros sanitários, cerca de 42,3 milhões de toneladas.

### 3.2. Logística reversa

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tem em sua estrutura a logística reversa. Essa ferramenta constitui um conjunto de procedimentos que visem o reaproveitamento dos resíduos sólidos, figura 1.

Figura 1 – Ciclo básico da logística reversa.

Fonte: Autores, 2020.

A logística reversa é um método que empresas de pequeno, médio e grande porte buscam desenvolver para se manter no mercado, buscando redução de custos. Numa sociedade onde a vida útil dos produtos se torna cada vez menor, teve-se necessidade de pensar o que fazer com alguns materiais que descartamos diariamente. Partindo desta necessidade surge o conceito de desenvolvimento sustentável aliado a logística reversa, este conceito vem evoluindo ao longo das décadas.

“Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (LEITE, 2005, p.16-17).

Segundo os dados da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB, 2013), a maioria das cidades brasileiras não tem estrutura e local adequado para receber os resíduos gerados pela construção civil, sendo que estes representam o dobro do volume gerado por resíduos sólidos humanos. As empresas da construção civil, cada vez mais vem cobrando dos responsáveis pelo canteiro de obras para trabalharem de forma sustentável, exigindo esforço e inteligência na hora de construir o novo, tornando possível o reaproveitamento do que era considerado descarte. Quando essa medida não obtiver êxito dentro do canteiro de obra, e os resíduos gerados necessitar de destino para descarte, algumas cidades contam com usinas e reciclagem, onde são processados, e retornam ao ciclo produtivo.

### 3.3. Qualidade da construção civil

Cerca de 90% dos resíduos provenientes da construção civil podem ser reciclados. Todos estes resíduos são transformados em agregados para concreto não estrutural, substituindo os agregados convencionais



(areia e brita) com características semelhantes aos produtos originais. E pensando justamente nesse benefício, o mercado interessado a fazer o reuso destes materiais encontram máquinas específicas para reciclagem do entulho, reaproveitam sobras de concreto, reformas e demolições (AMADEI et al., 2012). Inclusive, uma das vantagens mais importantes e que merece grande destaque é no aspecto ambiental, já que os resíduos que sobram são descartados ou abandonados de forma irregular e em locais impróprios, temos exemplo em margens de rios, canais e terrenos baldios. Este descaso poderá acarretar entupimento de bueiros e valas, ocasionando enchentes que acabam atrapalhando a qualidade de vida nas cidades (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

As limitações para este processo são poucas, porém bastante relevantes. Devido a absorção do entulho, o consumo de água será elevado. Já para a coleta encontra-se dificuldades para a retirada destes resíduos, o tráfego intenso na rua, dificulta acesso às construções. Outra desvantagem do uso do entulho e uma das maiores dificuldades para a produção de agregados reciclados de concreto, é a seleção e caracterização das propriedades destes materiais. Quando demolido o concreto pode conter resíduos de materiais de construção, ou estar misturado com solo, enfim pode conter impurezas (PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012).

#### 3.4. Despesas e impactos gerados pelo entulho

A construção civil provoca grandes volumes de entulhos, bem como um elevado desperdício de matéria-prima natural. De acordo com Silva e Fernandes (2012) apud Paschoalin et al (2016), cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis são utilizados nas atividades da construção civil, além de promoverem entre 40% a 60% de resíduos nos municípios.

Visando atenuar os efeitos provocados pela geração de resíduos das atividades da construção civil, a implantação de usinas de reciclagem de resíduos (URR) tem sido uma opção significativa. O objetivo dessas empresas é a transformação do entulho em insumos para novos empreendimentos, reduzindo os impactos ambientais e de gastos sobre deslocamento e destinação dos rejeitos (PASCHOALIN et al, 2016).

Segundo Pierezan e Antochaves (2012), a substituição do depósito irregular de resíduos pela reciclagem é economicamente viável, pois este descarte inadequado ocasiona custos aos municípios por cada metro cúbico de rejeito.

"A produção de agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima não reciclada. Esta relação pode variar, evidentemente, de acordo com a tecnologia empregada nas instalações de reciclagem, o custo dos materiais convencionais e os custos do processo de reciclagem implantado. De qualquer forma, na grande maioria dos casos, a reciclagem de entulho possibilita o barateamento das atividades de construção" (PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012, p. 7).

Além dos agregados reciclados apresentarem um valor econômico interessante, também podem influenciar tanto na trabalhabilidade, bem como em suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, para a utilização deste novo material em um concreto é preciso considerar algumas características importantes, sendo elas: granulometria, forma, textura, absorção de água, resistência a compressão, módulo de



elasticidade e outros. Para tanto, a utilização do material reutilizado depende das características de sua origem, sendo necessário uma triagem eficiente, também, pode ser influenciada pelos procedimentos de britagem, extração de impurezas, armazenamento e outros (LEITE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2004) apud Buttler (2007), citou alguns referentes sobre a geração de RCD no Brasil: São Paulo (10,86 t/dia de resíduos e 0,50 resíduos/hab/dia em kg), Belo Horizonte (1,20 t/dia de resíduos e 0,60 resíduos/hab/dia em kg), Porto Alegre (0,35 t/dia de resíduos e 0,29 resíduos/hab/dia em kg) e outros.

Analisando um panorama das perdas de materiais na construção civil, segundo Leite (2001) essas perdas além de causarem uma elevada redução na disponibilidade de materiais naturais, a ingerência dos procedimentos construtivos e uma falta de padronização afetam diretamente na qualidade e no custo da obra, e por consequência afetam o meio ambiente.

### 3.5. Influência dos materiais reciclados na confecção do concreto

Estudar as características dos agregados que serão incorporados ao concreto é de suma importância, pois o concreto é formado em sua grande maioria de agregados que podem influenciar na resistência, desempenho, trabalhabilidade, demanda, preço e outros fatores.

A massa específica dos materiais detêm uma relação direta com o consumo e trabalhabilidade. O agregado reciclado tem em si uma massa específica menor do que a do agregado natural, isto ocorre por efeito da sua maior porosidade que permite uma maior absorção de água, assim, a trabalhabilidade dos concretos com resíduos provenientes da construção civil é menor do que os convencionais, gerando maior aumento no consumo de cimento, maior absorção de água e índice de vazios (LEVY, 1997; ZORDAN, 1997; LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; CARRIJO, 2005; MONTEIRO, 2008; YAPRAK et al., 2011 apud RODRIGUES e FUCALE, 2014).

“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)” (RODRIGUES e FUCALE, 2014, p. 2).

Segundo Levy (2001), a utilização de agregados deve ser baseada em critérios granulométricos preestabelecidos, além de considerar a classificação de seus grãos afim de compreenderem o comportamento da mistura e resultados previstos do concreto. O RCD deve ser britado, peneirado e descontaminado (caso necessário) e após a análise experimental ser determinado a sua aplicação, seja em aterros, drenagens, pavimentos e até na produção de argamassas e concretos.

### 3.6. Propriedades mecânicas do concreto reciclado

A busca por concretos duráveis e sustentáveis têm sido temas de vários estudos sobre as propriedades dos materiais que fazem parte da sua composição, dentre eles, o agregado como o principal agente. O tipo, origem e qualidade do agregado pode influenciar não apenas no custo do concreto, como também na trabalhabilidade, durabilidade, demanda e em suas propriedades físicas e mecânicas

De acordo com Leite (2001), para a confecção de concretos a partir do uso de agregados reciclados, é necessário que sejam realizados uma série de estudos. Todas as características deste novo material



devem ser consideradas, pois a viabilidade da sua utilização será concretizada a partir disto. Segundo Rodrigues e Fucale (2014), realizaram um estudo onde substituíram 50% e 100% do agregado natural pelo material reciclado e encontraram resultados satisfatórios que comprovaram a viabilidade da utilização do RCD na confecção de concretos. Os autores afirmaram que houve um maior aumento na relação a/c na mediada que incrementavam agregado reciclado na amostra, além de apresentarem maior quantidade de vazios, Gráfico 1.

Gráfico 1 - Absorção de água dos concretos (% de massa)

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

É possível notar que os RCD, devido à alta absorção de água, um aumento no consumo de cimento e uma perda na trabalhabilidade da massa, conseqüentemente, em função do aumento da relação água/cimento, o concreto reciclado apresenta uma menor resistência.

Segundo Leite (2001), na produção de concretos reciclados a quantidade de água será maior em comparação aos concretos comuns, conseqüentemente haverá uma redução na resistência mecânica. Para manter uma relação a/c com uma resistência próxima dos concretos usuais, será necessário aumentar o consumo de cimento, que poderá elevar o custo da produção do concreto.

Eles também conseguiram notar que os concretos fabricados com agregados reciclados apresentaram uma pequena redução na resistência a compressão em comparação com o concreto convencional, quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Fonte: RODRIGUES e FUCALÉ (2014).

O teor de substituição dos agregados reciclados deve ser levados em consideração, pois essa alteração afetará diretamente na absorção da água bem como na resistência do concreto, ou seja, deve ser observado a relação a/c.

"SALEM e BURDETTE (1998) realizaram estudos comparativos em concretos com agregado graúdo reciclado e miúdo natural e concretos com ambas frações naturais e concluíram que a resistência à compressão com agregado graúdo reciclado era maior que a do concreto convencional", (LEITE, 2001).

De acordo com Leite (2001), a pesquisa realizada por Salem e Burdette (1988), afirmam que há um melhor comportamento do concreto reciclado em relação a textura mais áspera e a sua forma angular, pois isto irá proporcionar uma melhor aderência e travamento entre os materiais, comparando o uso dos agregados reciclados com o natural.

Além destes resultados, eles descobriram que houve uma queda no módulo de elasticidade devido a incorporação do agregado reciclado, Quadro 3. Geralmente os concretos reutilizados apresentam um menor módulo de elasticidade, isto ocorre devido a relação água/cimento, a massa específica dos RCD, à porosidade, entre outros. Para isso, é importante levar em consideração esses fatores, pois eles afetam diretamente na resistência do concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2007; MEHTA; MONTEIRO, 2008 apud RODRIGUES e FUCALÉ, 2014).



### Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade

Fonte: RODRIGUES e FUCALE (2014).

#### 3.7. Aplicações dos RCD em elementos estruturais

Atualmente há vários estudos sobre a utilização dos RCD na confecção de argamassas e concretos como alternativa em diminuir os impactos ambientais e gerar mais lucro e eficiência na produção.

A reciclagem de RCD, baseando nas pesquisas levantadas, independente da sua finalidade, tem como a principal vantagem a preservação dos recursos naturais, menor deposição de entulhos e amenização de enchentes e assoreamento de rios. Consequentemente, devido a substituição parcial ou total dos materiais convencionais, haverá uma maior economia na aquisição de matéria prima. Outro ponto importante está relacionado com a geração de empregos, uma vez que é necessário a implantação de usinas de reciclagem e coleta de resíduos (LEITE, 2001; BUTTLER, 2003; PORTO e SILVA, 2008; PIEREZAN e ANTOCHEVES, 2012; PASCHOALIN, 2016).

Levy (2001), cita em sua obra que a Comunidade Europeia, a partir de 1988 realizou várias obras com agregados reutilizados. Uma das obras mencionadas pelo autor foram o edifício do meio ambiente do Reino Unido em 1996 (primeira obra no país a ser construída com a utilização de RCD) e a reconstrução das cidades alemãs entre 1945 a 2000.

A utilização de RCD em concretos estruturais necessitam de um controle tecnológico e estudos específicos para a sua dosagem. Para isso, é necessário que a matéria-prima apresente padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização, fator que pode gerar confiança, lucro e alternativa sustentável para novos empreendimentos (RODRIGUES e FUCALE, 2014).

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber que os dados coletados apontam que a possibilidade do uso de RCD na confecção de concretos é uma alternativa de grande potencial econômico, ambiental e social. Esse novo material permite um aumento na produção de novos materiais sem a necessidade de extrair grandes volumes dos recursos naturais.

Outro fator importante está relacionado com a implementação da logística reversa, pois através dela que ocorre o gerenciamento dos resíduos. Ressalta-se a necessidade do Poder Público juntamente com a iniciativa privada em elaborar e implementarem programas de educação ambiental.

Ademais, o trabalho procurou contribuir para a preocupação com o meio ambiente, pois foi observado que a consciência socioambiental sobre a geração de resíduos e os seus impactos ainda não apresentam força no Brasil, necessitam de incentivos e políticas públicas mais eficientes.



## REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2017. Disponível em: <[http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama\\_abrelpe\\_2017.pdf](http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

AMADEI, Daysa Ione Braga et al. A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte. Revista Nupem, v. 3, n. 5, p. 185-199, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

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

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto-especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 25 de fev. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 26 de fev. 2020.

BUTTLER, Alexandre Marques. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06082003-172935/publico/buttler.pdf>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <[https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese\\_Salomon\\_Mony\\_Levy.pdf](https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_Levy.pdf)>. Acesso em: 14 de mai. 2020.

LEVY, Salomon M; HELENE, Paulo R.L. Evolução da utilização do concreto como material de construção. São Paulo, 2002.



MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Secretaria Especial de Desenvolvimento da Presidência da República, SEDU. 2001. Disponível em: <https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/573/1/manual.pdf>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo. Desenvolvimento em Questão, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho da Construção Civil. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>. Acesso em: 23 de mai. 2020.

PORTO, M. E.; SILVA, Simone Vasconcelos. Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\_TN\_STP\_079\_551\_11839.pdf>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/28680/28743>. Acesso em: 14 de mar. 2020.

#### Classe Composição Destinação

A Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, tubos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra Devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionado a locais de aterros de resíduos **de obras civis**, colocando em disponibilidade para o seu aproveitamento ou reciclagem posterior.

B Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, s e gesso Devem ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados para locais de armazenamento provisório, sendo reservado para a sua utilização ou a um reprocessamento posterior.

C Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

D Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados. Devem ser acondicionados, transportados, reaproveitados e designados em concordância com as normas específicas vigentes

#### Idade

(dias)Teor de

substituiçãoResistência à compressão (Mpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,212,78,3

C50AMR18,913,27,4

C100AMR18,010,36,6



7CRE24,917,910,6  
C50AMR22,216,59,9  
C100AMR20,114,49,5  
28CRE31,921,910,7  
C50AMR31,022,714,3  
C100AMR27,920,912,8  
91CRE40,027,719,7  
C50AMR40,029,718,4  
C100AMR35,826,218,0

Idade

(dias)Teor de

substituiçãoMódulo de Elasticidade (Gpa)

1:3,51:5,01:6,5

3CRE22,218,215,6  
C50AMR20,517,112,7  
C100AMR17,114,011,3  
7CRE22,521,217,3  
C50AMR21,519,614,7  
C100AMR19,316,214,5  
28CRE28,626,521,5  
C50AMR27,124,422,0  
C100AMR25,021,419,9  
91CRE27,125,622,3  
C50AMR26,524,820,2  
C100AMR