

REDE DOCTUM DE ENSINO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ENSINO  
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA CIVIL

A UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE  
DE CARATINGA/MG

NATÁLIA FAGUNDES PAULA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

CARATINGA-MG

2016

NATÁLIA FAGUNDES PAULA

A UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE  
DE CARATINGA/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga – ITC, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof.(a) Orientadora: Camila Alves da Silva

CARATINGA-MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

**A UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECLICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDAD DE CARATINGA**

Nome completo do aluno: NATÁLIA FAGUNDES PAULA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Camila Alves Da Silva, Leonardo De Amorim Sathler e Sidinei Sailva Araújo, às 08:30 horas do dia 12/13/2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: bom (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: ( )SIM (x)NÃO

Caratinga, 12/13/2016

Camila Alves da Silva  
Professor Orientador e Presidente da Banca

Leonardo de Amorim Sathler  
Professor Avaliador 1

Sidinei Silva Araújo  
Professor Avaliador 2

Natalia Fagundes Paula  
Aluno(a)

[Assinatura]  
Coordenador(a) do Curso

NATÁLIA FAGUNDES PAULA

A UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE  
DE CARATINGA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga – ITC, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA  
EM CARATINGA, 13 DE DEZEMBRO DE 2016.

---

Prof. João Moreira de Oliveira Júnior  
Coordenador do Curso

---

Prof. Especialista Camila Alves da Silva  
Orientadora

---

Prof. M.Sc. Leonardo Sathler  
Examinador

---

Prof. Sidnei Araújo  
Examinador

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelcivan e Márcia, que mais do que me proporcionar uma boa infância e vida acadêmica, formaram os fundamentos do meu caráter e me apontaram uma vida. Obrigada por serem a minha referência de tantas maneiras e estarem sempre presentes na minha vida de uma forma indispensável.

Ao meu esposo Felipe, que representa minha segurança em todos os aspectos, meu companheiro incondicional, o abraço espontâneo e tão necessário. Obrigada por me fazer sentir tão amada.

Ao meu irmão pela amizade e força.

À minha professora e orientadora desse trabalho, pelo desprendimento ao escolher me dar apoio.

Aos meus familiares, pela companhia constante e tão querida, sacrifício ilimitado em todos os sentidos, orações, palavras, abraços e aconchego.

À Deus e aos meus pais por todo apoio e bênçãos nessa vida.

“Lâmpada para os meus pés é a tua palavra, e luz para o meu caminho.”

Salmo 119:105

PAULA, Natália Fagundes. **A Utilização do Concreto Reciclado na Construção Civil na Cidade de Caratinga**. Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede Doctum.

## RESUMO

A presente pesquisa buscou identificar se há possibilidade de coleta dos resíduos de construção das obras no município de Caratinga/MG que possam ser empregados na produção de concreto reciclado e qual é a forma de se realizar este serviço. Sabe-se que as obras de construção civil, seja demolição, construção ou reforma geram grandes quantidades de resíduos, e que muitos destes podem ser utilizados por meio de reciclagem, em outros empreendimentos, diminuindo custos e reduzindo os impactos ambientais do descarte inapropriado desse material. Objetivou-se apresentar quais resíduos de construção podem ser utilizados na produção de concreto, as exigências normativas, as etapas do processo construtivo da edificação onde estes resíduos são gerados e qual a melhor forma de separá-los na obra; identificar possíveis meios de coleta dos resíduos de construção, na cidade de Caratinga, à serem destinados a produção de concreto; apresentar os tratamentos/beneficiamentos que devem ser realizados nos resíduos de construção civil para que eles possam vir a ser agregados reciclados; apresentar as possíveis aplicações do concreto com agregados reciclados de resíduos de construção na cidade de Caratinga; listar os benefícios que a implantação de um sistema de reaproveitamento dos agregados reciclados de resíduos de construção proporcionaria ao município de Caratinga. Como metodologia utilizou-se revisão bibliográfica e coleta de informações em campo com conversas e observações, também foi direcionado para aumentar o conhecimento da autora sobre o tema abordado no trabalho, de modo que se pudesse listar os benefícios que a implantação de um sistema de reaproveitamento dos agregados reciclados de resíduos de construção proporcionaria ao município de Caratinga. Por resultados foram percebidos que não existe uma política de gestão destes resíduos, não havendo reaproveitamento ou reciclagem destes, ficando a cargo do dono da obra dispor dos resíduos de forma inadequada ou com a contratação de uma empresa especializada, que também não realiza nenhum tipo de beneficiamento dos resíduos.

**Palavras-chave:** resíduos, cimento, reciclagem.



## **ABSTRACT**

The present research sought to identify if there is possibility of collecting construction waste from the municipality of Caratinga / MG that can be used in the production of recycled concrete and how to perform this service. It is known that construction works, whether demolition, construction or renovation generate large amounts of waste, and that many of these can be used through recycling in other projects, reducing costs and reducing the environmental impacts of the inappropriate disposal of this material . The objective was to present which construction residues can be used in the concrete production, the normative requirements, the stages of the constructive process of the building where these residues are generated and the best way to separate them in the work; To identify possible ways of collecting construction waste in the city of Caratinga to be used for the production of concrete; Present the treatments / improvements that must be carried out in the construction waste so that they can become recycled aggregates; To present the possible applications of concrete with recycled aggregates of construction waste in the city of Caratinga; List the benefits that the implementation of a system of reuse of the recycled aggregates of construction waste would provide the municipality of Caratinga. As a methodology, a bibliographical review and information collection was used in the field with conversations and observations. It was also directed to increase the author's knowledge about the topic addressed in the study, so that one could list the benefits that the implementation of a reuse system Of the recycled aggregates of construction waste would provide the municipality of Caratinga. As a result, it was perceived that there is no policy for the management of this waste, since there is no reuse or recycling of these wastes, and the owner has to dispose of the waste improperly or with the hiring of a specialized company, which also does not carry out any kind of Processing of waste.

**Key words:** waste, cement, recycling.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

M<sup>2</sup> - Metro quadrado

M<sup>3</sup> - Metro cúbico

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MG – Minas Gerais

RCD – Resíduo de Construção e Demolição

ARC – Agregados de Resíduos de Concreto

ARM – Agregados de Resíduo Misto

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** – Agregados reciclados: (a) agregado de concreto reciclado e (b) agregado de RCD misto .....19
- Figura 4.1** – Roteiro de captação e uso dos resíduos de construção e demolição .....37
- Figura 4.2** – Caçambas de Entulhos de Construção das duas empresas da pesquisa .....38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Classificação dos resíduos .....	20
<b>Tabela 2</b> – Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural .....	22

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	14
1.4 METODOLOGIA .....	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
2. CONCRETO RECICLADO .....	17
2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	17
2.2 BREVE HISTÓRICO .....	17
2.3 AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	19
2.4 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO .....	23
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO .....	29
3. A CONSTRUÇÃO E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	30
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	30
3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	30
3.3 MANEJO DOS RESÍDUOS NA OBRA .....	32
3.4 COLETA E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	33
3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO .....	35
4. GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO .....	37
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAS .....	37
4.2 PLANO PARA CAPTAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	37
4.3 ASPECTOS INTERVENIENTES .....	39

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O concreto é um material largamente utilizado na construção civil, desde as edificações até as obras de infraestrutura e abastecimento. As técnicas de projeto e execução são bem difundidas entre os profissionais do setor construtivo. Mas sabe-se também que erros e mudanças de projeto na etapa de construção levam há um grande desperdício de materiais de diversos tipos. Há, neste sentido, a crescente preocupação quanto aos resíduos gerados durante a construção e também com aqueles originários da demolição das obras em concreto armado.

Uma proposta de reaproveitamento destes materiais residuais é a incorporação deles na produção do próprio concreto, como substituição parcial aos agregados, dando origem ao que se denomina concreto reciclado. Mas antes de produzir o concreto reciclado é preciso saber quais dos resíduos gerados na construção e demolição podem ser usados para este fim e também como deve ser, em obra, o manejo destes materiais para que se possa coletá-los e então utilizá-los como agregados para concreto.

O que se percebe em Caratinga, município do estado de Minas Gerais, é uma crescente onda de construção, principalmente de prédios, onde a maioria são de empresas que trabalham com venda ou aluguel de imóveis. Estes têm equipe de construtores contratados e estão sempre trabalhando em algum projeto de construção. Nada se vê sobre reciclagem, apenas um grande acúmulo de entulho aos arredores das construções, que são destinados a despejo.

Partindo da ideia que parte desse material descartado pode ser transformado e reutilizado nas obras de engenharia, este trabalho visa analisar a logística a ser empregada nas obras do município de Caratinga para que seja possível a coleta e posterior aproveitamento dos resíduos de construção que se adequem aos requisitos normativos quanto à produção de concreto reciclado.

Como destaca Pinto (2010) o manejo adequado e sustentável de resíduos domiciliares foi, num primeiro momento, o foco das políticas municipais atentando-se para a saúde. Mas, ainda segundo o autor supracitado, verificou-se que os resíduos de construção representavam um volume expressivo dentro do volume total de resíduos domiciliares, o que levou à aprovação da Resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – que disciplina a gestão e manejo de resíduos da construção e demolição no país.

Mas indo além da política de saúde pública, que busca a destinação adequada dos resíduos, a proposta de reutilizar esses resíduos na produção de concreto reciclado busca contribuir também para redução do impacto ambiental que se gera com a extração e exploração de agregados naturais como areia e pedra britada, muito utilizados no município de Caratinga.

Ressalta-se que o uso de concreto com agregados reciclados para fins estruturais ainda não é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, mas a classificação e os requisitos mínimos para agregados reciclados são especificados pela ABNT NBR 15116: 2004 “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos”.

Ainda que não se possa utilizar os agregados reciclados nas estruturas de concreto armado, o município de Caratinga e seus habitantes podem se beneficiar de outras aplicações deste material, como por exemplo, em pavimentação, calçadas, blocos pré-moldados para calçamento, blocos ou placas para fins estéticos entre outros.

O que se propõe neste estudo é identificar se há possibilidade de coleta dos resíduos de construção das obras no município de Caratinga que possam ser empregados na produção de concreto reciclado e qual é a forma de se realizar este serviço. Para tanto, nos capítulos seguintes serão abordados quais são os resíduos de construção que podem ser reutilizados para este fim, em quais etapas da construção eles são gerados, como se deve separar estes materiais dos demais entulhos e o que se deve ser feito antes de reutilizá-los.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Identificar os pontos centrais referentes à gestão e manejo de resíduos de construção civil no município de Caratinga – MG, de modo a orientar profissionais e leigos como proceder para que se possa reutilizar estes materiais na produção de concreto reciclado.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar quais resíduos de construção podem ser utilizados na produção de concreto e quais são as exigências normativas para validação de seu uso para este fim.
- Identificar em quais etapas do processo construtivo da edificação estes resíduos são gerados e qual a melhor forma de separá-los na obra.
- Identificar possíveis meios de coleta dos resíduos de construção, na cidade de Caratinga, à serem destinados a produção de concreto.
- Apresentar os tratamentos/ beneficiamentos que devem ser realizados nos resíduos de construção civil para que eles possam vir a ser agregados reciclados.
- Apresentar as possíveis aplicações do concreto com agregados reciclados de resíduos de construção na cidade de Caratinga.
- Listar os benefícios que a implantação de um sistema de reaproveitamento dos agregados reciclados de resíduos de construção proporcionaria ao município de Caratinga.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A necessidade de se reduzir o consumo de recursos naturais é real e cada vez mais urgente. Sendo a construção civil um mercado que consome muito material e ao mesmo tempo gera muitos resíduos, percebe-se a importância de se buscar, na engenharia, soluções para esta situação.

Um dos caminhos a se seguir, buscando tornar a construção civil mais sustentável, é o da reciclagem e/ou reaproveitamento dos resíduos gerados pela construção e demolição. Neste contexto insere-se o concreto reciclado. Mas não basta saber que parte do entulho de obra pode ser reciclado, é preciso saber como fazer o reaproveitamento destes materiais.

Observando que em Caratinga as construtoras e outros profissionais do setor da construção parecem não se atentarem para a reciclagem dos resíduos que suas obras geram, seja por falta de incentivo, conhecimento ou inexistência de um sistema que proporcione o reuso dos resíduos, percebeu-se a necessidade de buscar um meio transformar este quadro.

O presente estudo então se justifica por ter como objetivo identificar os pontos centrais referentes à gestão e manejo de resíduos de construção civil no município de Caratinga – MG, de modo a orientar profissionais e leigos como proceder para que se possa reutilizar estes materiais na produção de concreto reciclado e assim, tornar a construção local mais sustentável.



## 1.4 METODOLOGIA

Tendo por objetivo identificar os pontos centrais referentes à gestão e manejo de resíduos de construção civil no município de Caratinga – MG, foi realizada uma extensa pesquisa para coleta de informações que auxiliaram na solução do problema proposto.

Uma revisão bibliográfica foi feita para apresentar quais resíduos de construção podem ser utilizados na produção de concreto e quais são as exigências normativas para validação de seu uso para este fim.

A pesquisa bibliográfica também se direcionou para as práticas construtivas correntes para auxiliar na identificação das etapas da obra em que os resíduos passíveis de serem utilizados como agregados reciclados são gerados e qual a melhor forma de separá-los no canteiro.

Realizou-se também visitas às obras para que a autora pudesse perceber as práticas construtivas locais e também analisar possíveis dificuldades de se estabelecer um sistema de separação e coleta dos resíduos da construção nas obras do município de Caratinga.

Para identificar possíveis meios de coleta dos resíduos de construção, na cidade de Caratinga, a serem destinados a produção de concreto, pesquisou-se de que forma é realizada atualmente a coleta dos entulhos comparando-se com os sistemas propostos por outros autores.

Diferentes trabalhos foram pesquisados, como livros, dissertações, teses, artigos, manuais, normas entre outros, para que se pudesse apresentar possíveis aplicações do concreto com agregados reciclados de resíduos de construção.

Todo processo de pesquisa, que envolveu revisão bibliográfica e coleta de informações em campo com conversas e observações, também foi direcionado para aumentar o conhecimento da autora sobre o tema abordado no trabalho, de modo que se pudesse listar os benefícios que a implantação de um sistema de reaproveitamento dos agregados reciclados de resíduos de construção proporcionaria ao município de Caratinga.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 se apresenta de modo abreviado o tema e a problematização do estudo. Contém ainda os objetivos, justificativa, metodologia e a estrutura da monografia.

Aborda-se no capítulo 2 conceitos e definições necessárias à discussão do tema do trabalho. Apresenta-se um breve histórico do concreto reciclado; tipos e requisitos normativos

para agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e aspectos de produção e aplicação do concreto reciclado na atualidade.

Discorre-se no capítulo 3 sobre o processo de construção e a geração de resíduos abordando-se também a separação, armazenamento, coleta e tratamento destes para que se possa utilizá-los na produção de concreto.

No capítulo 4 apresenta-se um plano abreviado para a captação dos resíduos de construção, na cidade de Caratinga, para posterior uso como agregado reciclado. São abordados ainda os aspectos intervenientes neste processo e os possíveis benefícios ao município em questão.

Ao capítulo 5 são reservadas às conclusões e considerações finais deste trabalho.

## 2. CONCRETO RECICLADO

### 2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Com as propostas diante da necessidade de um desenvolvimento sustentável, a construção civil tem buscado recursos que possibilitem o crescimento econômico reduzindo o impacto ambiental. Neste contexto insere-se o concreto reciclado.

Concreto reciclado é aquele produzido com agregados provenientes de resíduos britados, em substituição total ou parcial aos agregados convencionais (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011).

Santana et al (2015) destaca:

O desenvolvimento sustentável se tornou uma grande preocupação para a Indústria de Construção Civil, uma vez que, o setor é responsável pelo consumo de uma grande quantidade de recursos naturais e por grande parte dos impactos ambientais devido as suas atividades. Presume-se que são gerados cerca de 2 a 3 bilhões de toneladas de entulho por ano em todo o mundo. No Brasil, as estimativas pontuais mostram uma geração de 220 a 670 quilos por habitante. Só a indústria de construção civil gera na cidade de São Paulo 90.000 metros cúbicos de entulho por mês, sendo que esse valor corresponde somente ao material que chega em aterros oficiais. (p.02)

Por isso, de acordo com Ângulo (2000), a reciclagem e reutilização de insumos na construção civil tem trazido cada vez mais a atenção dos engenheiros que se dedicam aos avanços tecnológicos em sua área de atuação. A possibilidade de utilização de insumos de reciclados, além de uma economia, diminui a geração de resíduos e diminui a quantidade de resíduos proveniente de demolição e de desperdício de materiais.

Ainda conforme o autor supracitado, no caso específico do concreto, é preciso atentar que nem todo material pode ser utilizado como base de utilização de um concreto reciclado. Alguns itens provenientes de demolição podem comprometer a qualidade do concreto produzido.

Para compreensão deste estudo, define-se que concreto reciclado se refere ao concreto produzido com agregados reciclados e que estes, por sua vez, são os resíduos britados gerados durante o processo construtivo ou nos serviços de demolição, sendo conhecidos como resíduos de construção e demolição (RCD).

### 2.2 BREVE HISTÓRICO

Com o consumo crescendo cada vez mais e os recursos naturais sendo utilizados de maneira desordenada, a reciclagem é uma prática que ajuda não somente na redução de custos, mas, também, na redução de resíduos.

Segundo Ângulo e Figueiredo (2011), o resíduo de construção e demolição (RCD) foi utilizado primeiramente na Alemanha em decorrência da Segunda Guerra Mundial. Havia a necessidade de se reconstruir as cidades e assim, a Europa se tornou a precursora em reciclagem de RCD e a com mais experiência no emprego deste material.

Os estudos sobre a influência dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição vem sendo desenvolvidos desde a década de 1980, segundo Ângulo e Figueiredo (2011).

Com a intensificação das pesquisas, houve a implementação de políticas, em países como Holanda, Alemanha e Bélgica para que se utilizassem o RCD em obras como aterros. Isto motivou empresas de demolição a investirem em desmontagem de edificações de modo que já fizessem uma triagem separando contaminantes dos resíduos que pudessem ser reutilizados (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011).

O que se percebe atualmente é que há vantagens econômicas e benefícios ambientais com o aproveitamento do RCD na construção civil, o que deveria ser suficiente para massificar seu uso, mas esta ainda não é a realidade.

Além o planejamento e logística ao se trabalhar com o aproveitamento do RCD, nacionalmente esbarra-se também na normatização. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta apenas as normas:

- ABNT NBR 15116: 2004 “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos”; e
- ABNT NBR 15115: 2004 “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos”.

Sendo assim, grande parte do resíduo de construção e demolição, quando empregados em serviços de engenharia, se destina a regularização de terrenos. Como destacam Ângulo e Figueiredo (2011), para ser utilizado no concreto, o RCD requer maior rigor no controle de qualidade e há também mais restrições, mas este é um grande mercado para a reciclagem.

Vieira e Dal Molin (2004) complementam:

O emprego de agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, blocos de alvenaria, concretos, entre outros, vem sendo intensificado no Brasil somente nos últimos cinco ou seis anos. Embora as pesquisas realizadas até agora indiquem um bom potencial para utilizar agregados reciclados em

concretos das mais variadas classes de resistências, o emprego de agregados reciclados ainda é relativamente pequeno. Uma das maiores dificuldades para a aplicação de agregados reciclados é a sua grande variabilidade. A tecnologia de controle de qualidade sistemática ainda é pouco conhecida no Brasil, ocorrendo o emprego de agregados reciclados principalmente em pavimentação. ( p.12)

É importante analisar a questão da reciclagem de resíduos, pois consiste em uma alternativa promissora para destinação dos materiais descartados na construção civil, além de reduzir os custos e o impacto ambiental.

### 2.3 AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Como mencionado anteriormente, há uma grande variabilidade entre os resíduos de construção e demolição que possam vir a ser utilizados em projetos de engenharia. Portanto, é preciso conhecer quais materiais podem ou não ser reciclados.

Porto e Silva (2008) afirmam que existem diferentes tipos de uso para o concreto reciclado, desde que ele tenha sido britado, descontaminado e peneirado. Pode ser utilizado para enchimentos em geral, como sub-base ou base para construção de rodovias, agregado para novos concretos e enchimento em projetos de drenagem.

De modo geral, os agregados de resíduo de construção e demolição são compostos por grãos britados e descontaminados de concretos, argamassas, cerâmica e outros materiais secundários como madeira e aço (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011).

Há ainda a possibilidade de se reutilizar o agregado convencional a partir do concreto fresco, após lavagem destes, na produção de novo concreto, como prevê a ABNT NBR 12655: 2006.

Em conformidade com a Resolução CONAMA 307, os resíduos de construção são classificados pela ABNT NBR 15116: 2004 em quatro classes, apresentadas no Quadro 2.1.

Tabela 2.1 – Classificação dos resíduos.

Classe	Descrição
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</li> <li>• resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;</li> <li>• resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.</li> </ul>
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão,

	metais, vidros, madeiras e outros.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou sua recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.
Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos (clínicas radiológicas, instalações industriais e outros) enquadrados como classe I da ABNT NBR 10004.

FONTE: Adaptado da ABNT NBR 15116: 2004.

Para uso como agregados, portanto classe A, os resíduos de construção são classificados em agregados de resíduo de concreto (ARC) e agregado de resíduo misto (ARM). O primeiro sendo definido pela ABNT NBR 15116:2004 como “agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas”.

E o segundo, também definido pela norma supracitada, como “agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo de classe A, composto na sua fração graúda com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas”.

Na Figura 2.1 pode-se ver o agregado de concreto reciclado (a) e o agregado de RCD misto (b), onde se observa a presença de cerâmica vermelha.



Figura 2.1 – **Agregados reciclados:** (a) agregado de concreto reciclado e (b) agregado de RCD misto.

FONTE: ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011.

Como o objetivo deste estudo refere-se ao concreto reciclado, apresenta-se os requisitos gerais e específicos para os agregados reciclados destinados ao preparo do concreto sem função estrutural.

Destaca-se que, segundo a ABNT NBR 15116: 2004 o concreto de cimento Portland sem função estrutural e com agregado reciclado é:

Material destinado a usos como enchimentos, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro. Estas utilizações em geral implicam o uso de concretos de classes de resistência C10 e C15 da ABNT NBR 8953 (ABNT NBR 15116:2004, p.2).

São requisitos gerais para uso dos agregados reciclados em concretos: pertencerem a classe A e não contrariar exigências contidas nas normas que regulamentam a aplicação específica em cada caso (ABNT NBR 15116: 2004).

Quadro 2.2 – Requisitos para Agregado Reciclado Destinado ao Preparo de Concreto Sem Função Estrutural

Propriedades		Agregado Reciclado Classe A				Normas de ensaios	
		ARC		ARM			
		Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo		
Teor de Fragmentos à base de Cimento e rochas (%)		≥90		<90		Anexo A	
Absorção de Água (%)		≤7	≤12	≤12	≤17	NBR NM 53	NBR NM30
Contaminantes – teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Cloretos	1				ABNT NBR 9917	
	Sulfatos	1				ABNT NBR 9917	
	Materiais não minerais	2				Anexo A	Anexo B
	Torrões de Argila	2				ABNT NBR 7218	
	Teor total máximo de contaminantes	3					
Teor de material passante na malha 75 µm (%)		≤10	≤15%	≤10%	≤20%	ABNT NBR NM 46	
Composição Granulométrica		A composição granulométrica do agregado final a ser utilizado no concreto sem função estrutural deve estar de acordo com a ABNT 7211. A composição granulométrica do agregado reciclado pode ser corrigida pela adição de agregados convencionais.					
Pré-molhagem		Para o preparo de concreto sem função estrutural com agregado reciclado que atenda é necessária a pré-molhagem dos agregados miúdo e graúdo. A					

	prática tem mostrado que valores em torno de 80% do teor de absorção de água do agregado reciclado em uso são adequados.
--	--

FONTE: Adaptado da ABNT NBR 15116:2004.

Pesquisas vem sendo realizadas com objetivo de conhecer melhor o material e popularizar sua aplicação, visto as vantagens já mencionadas. É o caso do trabalho de Tenório (2007) que analisou algumas propriedades mecânicas e aspectos de durabilidade do concreto reciclado.

Uma atenção especial foi dada ao nível de porosidade/resistência do agregado graúdo reciclado. O material granular obtido separado em duas frações: agregado miúdo e agregado graúdo. Uma parte do agregado graúdo foi misturada com agregado graúdo de concreto reciclado de forma a produzir um novo agregado reciclado menos poroso/mais resistente – as quantidades dos dois agregados a serem misturadas foram determinadas com o auxílio de uma regra de mistura para a massa específica. Traços foram produzidos em laboratório com três níveis de relação a/c combinando-se cada agregado graúdo reciclado com o agregado miúdo reciclado ou com uma areia natural. Ao mesmo tempo, concretos de referência foram produzidos com agregados naturais (TENÓRIO, 2007).

Souza et al (2014) acrescenta que os resíduos de construção civil costumam apresentar uma diversidade de componentes. Esses materiais podem ser oriundos tanto de entulhos de construções quanto de materiais dispensados pelas usinas de concreto. É preciso que seja processado em uma máquina para que seja realizada a britagem e trituração para que se obtenha a granulometria desejada, e em termos gerais, não pode apresentar contaminação superior a 50% do total. O autor ainda destaca:

A necessidade de se conhecer os resíduos envolvidos durante o processo, assim como aqueles provenientes de materiais de demolição levou a uma pesquisa aprofundada como em países de primeiro mundo, com isso é possível identificar na comunidade europeia, o valor estimado fica em torno de 170 milhões de toneladas/ano e com isso fornece dados percentuais, que pode ser explicado de acordo com o gráfico a seguir mostrando a participação do concreto com 41%, sendo os tijolos e blocos responsáveis por 40%, os materiais asfálticos correspondem 12%, já os materiais cerâmicos ficam com 7% do total (SOUZA ET AL;2014 p.274).

Tenório (2007, p.20) descreve a questão da resistência do concreto reciclado, dizendo:

As propriedades dos concretos reciclados foram analisadas também por meio de um experimento fatorial. Em termos gerais, o uso combinado de agregado graúdo reciclado com agregado miúdo reciclado não foi vantajoso, mas as propriedades dos concretos foram tanto melhores quanto menor foi a porosidade (ou, maior a massa específica) dos agregados graúdos reciclados. Alguns concretos reciclados chegaram a apresentar resistências mecânicas maiores que as de seus respectivos concretos de referência. Os resultados encontrados permitem afirmar que concretos reciclados podem ser usados em estruturas, mas com restrições.



O agregado que se obtém partindo da reciclagem de resíduo de construção civil pode ter sua aplicação feita em serviços como pavimentação, argamassas de assentamento e revestimento, concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, briquetes, meio-fio e outros), serviços de drenagem, etc (MARQUES NETO, 2005).

Souza et al (2014) ressalta que a aplicação do produto reciclado substituindo totalmente ou parcialmente a areia natural pode trazer melhorias para as características de argamassas, contudo ainda é necessário fazer a determinação de certas características destas argamassas para que sejam aplicadas de forma racional e segura. Por outro lado, a utilização em pavimentação mostra-se como um dos mais praticados nos municípios que fazem a reciclagem dos resíduos de construção, chegando a ótimos resultados e fazendo um consumo de quantidades significativas de resíduos. Demais aplicações simples como cobertura de aterros, controle de erosão, camadas drenante, rip-rap também podem ser feitas e obter sucesso, de acordo com o que é constatado em municípios nos quais a reciclagem está implantada.

Ângulo e Figueiredo (2011) destacam que a composição do agregado RCD pode variar de acordo com o material recolhido, podendo ser encontrado material contaminado com percentual de 50% ou mais. Cada caçamba pode ter a presença predominante de um material, como cerâmica vermelha, que é tipo mais poroso dos componentes. Desta forma, pode-se encontrar grande variabilidade de materiais de RCD conforme a caçamba recolhida.

## 2.4 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO CONCRETO RECICLADO

De acordo com Andrade *et al.* (1998), fazendo um estudo dos concretos com agregados reciclados, apontam como sendo viáveis as seguintes aplicações para este material: briquetes para pavimentação; blocos de concreto para vedação; blocos de concreto para alvenaria estrutural.

Já Hansen (1992) faz uma relação para o reciclado para os quais existem mais possibilidades de ter desenvolvimento de mercado: enchimentos de pisos; pavimentação (sub-base ou material de superfície); drenagem; produção de novos concretos. Os materiais usados para encher pisos precisam ser duros e ter curva granulométrica apropriada, de forma que possam se consolidar com facilidade e sejam capazes de manter a drenagem.

Ainda conforme o autor supracitado, é preciso que sejam quimicamente inertes e tenham estabilidade volumétrica em presença de umidade. Agregados reciclados costumam

fazer um bom atendimento de tais exigências. Contudo, reciclados de alvenaria podem apresentar materiais expansivos ou madeira, que depois da decomposição pode deixar vazios no enchimento. Daí a importância de se controlar todo o processo de produção deste material.

Silva (2004) aborda a questão da coleta para a reciclagem:

A reciclagem de resíduos envolve todo um processo de beneficiamento do mesmo. Porém, até se chegar ao beneficiamento, algumas outras etapas devem ser analisadas para se tomar uma decisão em relação à viabilidade do projeto. Essas etapas incluem a forma de coleta desses resíduos (captação), o transporte e a estocagem dos mesmos. Deve ser feito um estudo criterioso dos possíveis pontos de coleta na região onde for implantado o sistema, a forma como o material será transportado até o local de estocagem e, finalmente, definir uma região apropriada para a implantação da usina de reciclagem. (p.50)

Hansen(1992) aborda a questão dizendo que há ensaios que apontam que é possível fazer uso do reciclado de concreto na preparação de concreto asfáltico, por mais que o reciclado de alvenaria não possua bons resultados, em vista de seu alto consumo de betume e grande volume de vazios. Nos dias de hoje, no que tange à reciclagem de resíduos de construção é possível notar a necessidade de especificações técnicas para que seja produzido e aplicado o reciclado, para assegurar a qualidade dos produtos e para que haja um respaldo da elevação do consumo do material, fator elementar para tornar viável economicamente as centrais de reciclagem.

Silva (2004, p.53) trata da britagem do concreto para reciclagem, dizendo:

O procedimento básico da reciclagem consiste em britar o resíduo até se obter a granulometria desejada. A britagem pode acontecer somente uma vez (primária), ou pode se realizar mais de uma britagem, dependendo do tipo de aproveitamento a ser dado para o resíduo. As usinas recicladoras não devem ficar próximas a áreas residenciais, nem em áreas centrais, para não sobrecarregarem o tráfego local. O mesmo autor sugere a implantação de cercas vivas no entorno da usina, como forma de conter a poeira e o ruído e melhorar a imagem do local. Outras medidas são ainda recomendadas: utilizar o material reciclado como cobertura do piso da usina, que ao ser compactado diminuirá o pó proveniente do tráfego de 58 caminhões; adotar projetos de urbanização e paisagismo como forma de se ter um ambiente mais agradável e sadio; instalação de aspersores nos pontos de entrada e saída de materiais, como forma de reduzir a emissão de pó e reduzir a altura de descarga dos materiais nos pontos de transferência.

Ângulo e Figueiredo (2011) tratam da questão dos procedimentos de reciclagem, dizendo que os processos são: separar e fragmentar o resíduo, posteriormente eliminando os fragmentos indesejáveis, como gesso e madeira, cominuição (britar ou moer) com ou sem tratamento térmico do material para que se torne resíduo miúdo e graúdo, remover a fração metálica ferrosa do resíduo e remover as partículas porosas da cerâmica.

Zordan (2002) afirmou que a reciclagem de resíduos de construção em escala significativa apresenta-se como uma prática recente no Brasil, que teve início nos anos 1980,

com a utilização de pequenos moinhos em construção de edifícios, através dos quais era feito o reaproveitamento de resíduos de alvenaria para que se pudesse produzir de argamassas para serem aplicadas especialmente em emboço.

Objetivando fazer uma avaliação do potencial de aproveitamento de resíduos, Cheriafet al. (1997) fizeram o estabelecimento da necessidade de se identificar os parâmetros estruturais, geométricos e ambientais dos resíduos. Tem-se, então, que:

- **Parâmetros estruturais:** diz respeito a identificar e conhecer a estrutura e composição dos resíduos por meio da realização de ensaios: análise química, difractometria aos raios X, condutibilidade térmica, análise térmica diferencial, perda de massa ao fogo.
- **Parâmetros geométricos:** se refere a identificar a morfologia e textura do resíduo, por meio de: microscopia eletrônica de varredura; superfície específica; granulometria; solubilidade e viscosidade.
- **Parâmetros ambientais:** diz respeito a identificar os constituintes que tem capacidade de ser potencialmente lixiviados e/ou solubilizados dos resíduos, pH.

Hansen (1992) destaca outros parâmetros: identificar as propriedades associadas com a unidade de geração do resíduo, e das maneiras de beneficiamento que podem estar relacionadas: reologia, presença de óleos, graxas, capacidade de moagem, pureza, consistência, conteúdo orgânico, capacidade de retenção de umidade. Tem-se que o caráter interdependente dos conceitos de meio ambiente, a valorização de resíduos, saúde e saneamento é muito clara, e as ações em tais setores precisam, assim, se integrar e estar voltadas, em uma última análise, para melhorar a qualidade de vida da população.

No que tange à reutilização de resíduos para que sejam desenvolvidos materiais e processos construtivos, Souza et al (2014) afirma que é evidente que a falta de conhecimento e aplicações não adequadas são constituídos como um grave problema de risco para a população e também para o meio ambiente. O entendimento das propriedades demanda ainda que se identifiquem os contaminantes presentes nos resíduos, especialmente quando é preciso um beneficiamento como calcinação ou exposição a altas temperaturas de queimas, o que pode produzir uma poluição secundária, considerando que a massa de resíduo, ao ser incorporada, por exemplo, a matrizes que irão passar por uma transformação térmica, tem a capacidade de fazer a liberação de poluentes ao longo do processo de queima.

Um estudo realizado por Ângulo (1999) observou dois canteiros de obras na cidade de São Paulo, considerando que somente um deles fazia a prática de reciclagem de entulho. A partir desse estudo, o autor chegou à conclusão de que a mesma mão de obra que faz a

produção de argamassas convencionais tem a capacidade de gerar argamassas recicladas, com os mesmos custos. Além dessa questão, com a diminuição dos custos de caçambas e argamassas, os equipamentos passariam a custar R\$ 1,62/m<sup>2</sup> de construção, sendo iguais aos custos de remoção. Com R\$ 15.000,00 de custo médio do equipamento, a reciclagem em canteiros de obras teria viabilidade em construções com mais de 9.300 m<sup>2</sup>.

Pinto (1998) destaca que nos anos 90 foi iniciada implantação de Recicladoras, por parte de administrações dos municípios da região Sul e Sudeste, além de diversos municípios passarem a estudar a possibilidade de implantação. Certos empresários manifestaram interesse em estabelecer parcerias com prefeituras, visando reciclar resíduos de construção e comercializar os agregados reciclados. Em municípios onde já houve a implantação da reciclagem são produzidas quantidades significativas de agregado reciclado, que se aplicam em serviços simplificados como cobertura primária de vias, sub-bases de pavimentos asfálticos, drenagem e controle de erosão. Tem-se que parte do material tem sua aplicação na produção de concreto, argamassa e na fabricação de componentes para alvenaria, pavimentação e infraestrutura urbana.

Considerando o quadro atual da reciclagem de resíduos de construção e de aplicação do agregado gerado, é possível destacar, segundo Souza et al (2014):

- A produção dos reciclados se dá especialmente por administrações públicas, que demandam processar enormes quantidades de resíduos, para elevação da vida útil de aterros e para que seja possível viabilizar a econômica das Recicladoras;
- Existe uma dificuldade de classificação dos resíduos nas Centrais, que são simplificadas e demandam processamento de quantidades consideráveis de resíduos.
- Existe uma dificuldade de realizar a separação nas fontes produtoras, considerando que esta preocupação não se incorpora pelos construtores;
- A composição dos resíduos processados tem caráter heterogênea e o resíduo de construção reciclado aponta teores significativos de material cerâmico;
- As utilizações atuais nos municípios que fazem a reciclagem são simplificados, havendo um consumo de grandes quantidades de materiais. A aplicação em argamassas e concretos mostra-se relativamente pequena, em função em parte da ausência de conhecimentos dos profissionais acerca das possibilidades do material;
- Diversas utilizações indicadas para o reciclado ainda não são objeto de pesquisa científica suficiente, especialmente no que se refere à durabilidade;

- Vários profissionais possuem dúvidas acerca das regras para a utilização do reciclado, e preconceito contra o material, em função da falta de especificações necessárias e pela ausência de entendimento acerca das possibilidades de aplicação;
- As especificações do reciclado precisam passar por melhorias com o avanço das pesquisas acerca do material. Há necessidade de ir atrás de um maior entendimento acerca de determinadas propriedades (retração, durabilidade, estabilidade física e química) e acerca dos traços apropriados para cada aplicação visando a otimização dos consumos e redução dos custos, sem que se perca a qualidade;
- No geral, os usuários particulares do reciclado fazem uso de traços empíricos, conservadores, em que o teor do reciclado se limita para que sejam evitados problemas como retração por secagem, alta absorção e outros;
- Não há, ainda, uma estrutura que fiscalize a qualidade do agregado reciclado e de suas aplicações nos municípios onde é gerado.

Silva (2004) diz que apesar dos fatores evidenciados acima, a reciclagem possui uma tendência de avanço, tendo em vista que o resíduo de construção é produzido em grande quantidade e necessita de grandes áreas para sua disposição, que se mostram cada vez mais escassas em diversas cidades do país. Além dessa questão, a reciclagem de resíduos de construção pode provocar uma economia de recursos financeiros, o que se apresenta como mais um fator que dá incentivos para sua implementação.

Hansen (1992) destaca que o meio acadêmico faz o acompanhamento do avanço da reciclagem, com o desenvolvimento de estudos que se voltam para a análise do agregado reciclado e suas aplicações (em concretos, argamassas, etc). Contudo, com a implantação de recicladoras, fazendo a produção de grandes quantidades de reciclado, existe o risco das aplicações avançarem com maior velocidade do que as pesquisas. Assim, é possível que ocorram erros nas aplicações, provocando prejuízos à imagem do material.

De acordo com John (2000) a indústria da construção civil produz resíduos nas variadas etapas de sua cadeia produtiva, tendo início na fase de produção de materiais e componentes, passa pela atividade de canteiro, ao longo a manutenção, modernização e, por fim, a demolição. A quantidade produzida de resíduos irá depender do tamanho da atividade, tecnologia que se aplicada, das taxas de desperdício e manutenção.

De acordo com Zordan (1997) a geração de resíduos é proveniente de todos os setores da construção, toda atividade construtiva gera resíduo. Na produção, os volumes de perda de material dizem respeito ao maior fator contribuinte de RCD. Tem-se que nas obras de

demolição, a quantidade produzida é inevitável, tendo em vista que ela não irá depender dos processos aplicados ou da qualidade do setor, o resíduo de qualquer maneira sempre se mostrará como um produto constante.

Pinto (1999) afirma que se fazendo uma comparação da quantidade de RCD gerada pelo Brasil com os países desenvolvidos, nota-se que a produção aqui é bastante elevada. A média da quantidade brasileira de resíduo apresenta variação de 230 kg/hab-ano até 660 kg/hab-ano. Tem-se que um dos principais produtores de resíduos da construção civil é a perda de materiais no processo produtivo da construção, que já foi indicada por diversos pesquisadores como grande contribuinte de RCD. Por mais que exista a questão de que nem toda perda de material na obra irá corresponder de fato produção de resíduo, em torno de 50% de material desperdiçado acaba se tornando entulho.

A alta quantidade de material desperdiçado nas obras construtivas se justifica em função dos devidos fatores indicados por Schenini, Bagnati e Cardoso (2004): falhas ou omissões no processo de elaborar os projetos e na execução; má qualidade dos materiais; acondicionamento não adequado dos materiais; má qualificação de mão de obra; ausência de equipamentos e utilização de técnicas adequadas da construção; ausência de planejamento na montagem dos canteiros de obra; e ausência de um acompanhamento técnico na produção, além da falta de uma cultura de reaproveitamento e reciclagem dos materiais.

De acordo com Souza et al (1999) é possível classificar as perdas das construções como: perdas de produtividade no que se refere à utilização não devida do tempo de trabalho; perdas inevitáveis provenientes de fatores climáticos e perdas agregadas, que resultam de materiais aplicados para sanar incorreções de projetos ou incompatibilidade entre os mesmos; bem como perdas evitáveis provenientes do desperdício.

Costa (2005) diz que a conscientização de desperdícios de materiais precisa existir como uma maneira de amenizar os resíduos da construção. É preciso que se faça uma análise em cada etapa construtiva no que diz respeito ao tipo e quantidade de RCD, tendo em vista que em todas as etapas existe desperdício de resíduo. Perdas sempre irão acontecer no setor construtivo, contudo é preciso amenizar o problema. Diminuindo o desperdício já se contribui com o ambiente. No que diz respeito às reformas, a falta de conhecimento de técnicas adequadas, ausência de informação no que se refere à reutilização e reciclagem apresentam-se como os inimigos e causadores de desperdício de materiais, que teriam como tomar outro rumo, o do reaproveitamento, dando contribuição, dessa forma, para a diminuição de resíduos.

Silva (2004) afirma que em se tratando de demolição não é possível evitar a geração de resíduos. Contudo, teria como se realizar uma produção de resíduo de maior qualidade,

dessa maneira, em conjunto com o processo da reciclagem o resíduo adquiriria a possibilidade de reutilizado. Tal tipo de procedimento se refere a uma maneira indireta de contribuição, contudo que deve ter devida importância dentro do setor, considerando que diminui a geração de resíduos, e dá incentivos para que haja investimento em mais tecnologias e sistemas de demolição, bem como na reciclagem. No que se refere à deposição de resíduos é configurado outro problema constante. Por mais que haja uma legislação, a irregularidade da deposição de RCD mostra-se como uma prática cotidiana em várias cidades do Brasil, com os indícios maiores no que tange às obras de médio e pequeno porte.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo abordou-se os pontos centrais sobre concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição, tais como definições, caracterização e onde é possível empregar este material.

Viu-se também que a questão do RCD é um problema que vem crescendo dia a dia, pois existe a geração do resíduo e muitos municípios não possuem um plano para gerir nem controlar o despejo desses resíduos. E que embora o uso em concreto se mostre um grande mercado, pouco se tem usado agregados reciclados para este fim.

No capítulo seguinte aborda-se o processo de construção e a geração de resíduos abordando-se também a separação, armazenamento, coleta e tratamento destes para que se possa utilizá-los na produção de concreto.

### 3. A CONSTRUÇÃO E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os resíduos de construção e demolição (RCD), são aqueles que se originam da atividade de construção em geral. Como visto no capítulo anterior, os resíduos são divididos em quatro classes sendo aqueles pertencentes a classe A, os de interesse deste estudo, pois são os que podem ser utilizados como agregados na produção do concreto.

Quanto à sua representatividade, Ângulo et al (2011) destacam:

Os RCD representam, em média, 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos, tanto no Brasil como em outros países. As disposições irregulares e os aterros clandestinos, ocasionados pela falta de gerenciamento, tornaram-se uma realidade no território nacional. Em 2002, com a aprovação da resolução 307, ficaram estabelecidos critérios e procedimentos para a gestão de RCD no Brasil. Por esta resolução, são atribuídas responsabilidades tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada. As empresas privadas de construção, que são grandes geradoras desse resíduo, devem desenvolver projetos de gerenciamento específicos, por exemplo, triagem em canteiros de obras, incluindo o uso de transportadores cadastrados e de áreas licenciadas para manejo e reciclagem. O poder público deve oferecer uma rede de coleta e destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores, responsáveis por reformas e autoconstruções e incapazes de implementar autogestão.

Por isso, alguns aspectos referentes aos RCD devem ser estudados e compreendidos para que se possa analisar a questão do manejo do resíduo proveniente de construção. Partindo do objetivo de identificar em quais etapas do processo construtivo da edificação estes resíduos são gerados e qual a melhor forma de separá-los na obra, desenvolve-se o disposto a seguir.

#### 3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

O processo construtivo no Brasil gera muito desperdício e conseqüentemente muitos resíduos. A quantidade de resíduos gerada nesse processo é considerada heterogênea, devido aos diversos tipos de materiais encontrados.

Esse material proveniente de construção, reforma e demolição nos centros urbanos é tratado como entulho. Neste sentido, Oliveira e Mendes (2008) ressaltam:

Sua quantidade varia de 54% a 70% dos resíduos sólidos urbanos de cidades brasileiras como o Rio de Janeiro e Belo Horizonte, representando uma geração per capita entre 0,4 e 0,76 t /hab./ano. Com relação à geração de entulho, a situação da cidade de Goiânia não é diferente. Segundo a prefeitura, a geração de entulho na



capital de Goiás gira em torno de 586.276 t/ano, sendo que desse total 60% é entulho passível de reutilização. O entulho é constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.). A maior fração de sua massa é formada por material não mineral (madeira, papel, plásticos, metais e matéria orgânica). No Brasil, a destinação adequada, bem como a prática de reciclagem de entulho, 5 ainda é pouco difundida. Alguns municípios, como Belo Horizonte, São Paulo, Londrina e Porto Alegre possuem usinas de reciclagem; essas, entretanto, absorvem menos de 10% dos resíduos urbanos.

Oliveira e Mendes (2008) ainda apontam medidas que podem ajudar a resolver o problema, que além da reciclagem e aproveitamento destes resíduos, ainda é possível:

- Propor mudanças de tecnologia no intuito de se reduzir as perdas;
- Aperfeiçoar a execução do projeto;
- Realizar uma seleção adequada dos materiais a serem utilizados para se evitar perda;
- Capacitação da mão-de-obra;
- Utilizar ferramentas adequadas e de qualidade;
- Melhorar as condições de estoque e transporte para que não se perca materiais nesse processo;
- Incentivar os proprietários a realizarem modificações nas estruturas já existentes para se evitar demolições e maior acúmulo de resíduos;
- Propor uma taxa a ser paga pela geração de resíduos, para que esse dinheiro seja utilizado em meios de reciclagem e reaproveitamento;
- Propor medidas de controlar a disposição dos resíduos retirados dos canteiros de obra;
- Incentivar a realização de campanhas educativas que conscientizem os responsáveis pela execução de obras e os proprietários sobre a importância da reciclagem e reaproveitamento, bem como de se evitar o desperdício.

Mediante as visitas às obras no município de Caratinga- MG, pode-se observar que durante o levantamento de alvenaria ocorreram quebras de blocos cerâmicos, gerando-se resíduos. Mas o maior volume de resíduo gerado, percebeu-se que eram decorrentes do retrabalho ou de improvisações e modificações no projeto.

Aberturas não previstas e a falta ou clareza de informações nos projetos elétricos e hidrossanitários foram responsáveis por grande volume de resíduos, os quais, a priori, podem ser utilizados como agregados reciclados para concreto.

Durante as visitas também foi possível observar que grande parte do volume de resíduos gerados poderia ser evitada, como bem destacou Oliveira e Mendes (2008), com o

aperfeiçoamento da execução. E também com um planejamento mais eficiente para dar subsídios à construção.

### 3.3 MANEJO DOS RESÍDUOS NA OBRA

Todo tipo de processo de construção, reforma ou demolição gera resíduos que precisam ser destinados corretamente. Via de regra, é de responsabilidade do proprietário ou do executor da obra dar o destino a estes resíduos.

Infelizmente, na realização da pesquisa bibliográfica, percebeu-se que vários autores relatam que na maior parte dos casos, da maioria das cidades brasileiras, esse manejo é realizado de forma errônea.

Oliveira e Mendes (2008), sobre essa realidade, destacam:

Na grande maioria dos municípios, a maior parte desse resíduo é depositada em bota-fora clandestino, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios. A deposição irregular de entulho ocasiona proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, contaminação de águas superficiais e poluição visual. A ausência ou ineficiência de políticas específicas para este resíduo tem criado condições para que os mesmos apresentem atualmente efeitos ambientais significativos sobre a malha urbana, como o surgimento de aterros clandestinos e o esgotamento de aterros (inertes ou sanitários).

Algumas variáveis influenciam nesse processo de manejo de resíduos, o que segundo Costa (2007) pode ser elencado como variáveis legais, de gestão (do projeto e de âmbito municipal) políticas, legais e socioeconômicas.

Costa (2007) ainda cita na realização de um estudo com análise de 20 variáveis diversas, que no âmbito da gestão municipal sobre os resíduos de construção, o que se percebe é que os gestores não possuem uma dimensão nem ideia de como realizar um diagnóstico relacionado aos resíduos de construção.

Observa-se que no Artigo 6º da Resolução nº 307/02 há exigência da elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil por parte do Poder Público Municipal, além de apontar que é necessário conter em tal Plano, questões como: as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que devem ser elaborados pelos grandes geradores, dando possibilidade para que sejam exercidas as responsabilidades de todos os geradores; o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, que estejam próprias para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, de acordo com o porte da área urbana municipal, dando possibilidade para uma destinação posterior dos resíduos provenientes de pequenos

geradores às áreas de beneficiamento; estabelecer processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos; proíbe a disposição dos resíduos de construção em áreas que não sejam licenciadas; deve-se incentivar à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo; definir os critérios para o cadastramento de transportadores; as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes participantes; as ações educativas objetivando a diminuição da geração de resíduos e a possibilidade de sua segregação.

Nota-se que em seu artigo 9º da Resolução nº 307/02 indica as etapas que precisam ser seguidas no Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, sendo elas:

- **Caracterização:** fase onde o gerador precisará fazer a identificação e quantificação dos resíduos;
- **Triagem:** precisará ser feita, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou nas áreas de destinação licenciadas para tal finalidade, de acordo com classes de resíduos apontadas no art. 3º desta Resolução;
- **Acondicionamento:** o gerador precisa assegurar o confinamento dos resíduos depois da geração até a etapa de transporte, garantindo em todos os casos em que seja possível, as condições de reuso e de reciclagem;
- **Transporte:** precisará ser feito de acordo com as etapas anteriores e segundo com as normas técnicas voltadas para o transporte de resíduos;
- **Destinação:** precisará ser prevista segundo o que se estabelece nesta Resolução.

Em pesquisa na cidade de Caratinga, percebe-se que a realidade não é diferente do apresentado. A destinação dos entulhos é realizada em duas maneiras distintas: a forma irregular, onde o gerador do resíduo é o responsável pelo descarte, fazendo o abandono do entulho em local irregular, transportando ele próprio, ou contratando terceiros, até mesmo carroceiros para o descarte e o meio correto, através de contratação de empresa prestadora de serviços, que faz o aluguel das caçambas, com destinação em locais autorizados. Não existe na prefeitura nem estimativa da quantidade de descarte de entulho realizado na cidade.

#### 3.4 COLETA E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Cavalcante e Cheriaf (1997) destacam que a reciclagem e a reutilização de resíduos sólidos em novos materiais de construção têm tido uma aplicação cada vez maior em várias

linhas de pesquisas. Contudo, no que se refere ao reaproveitamento de RCD, materiais plásticos, papéis, borracha de pneus, entre outros, considera-se uma abordagem que se preocupa com o desempenho estrutural do novo produto obtido. Todavia, além do estudo direcionado para as características técnicas associadas ao desempenho estrutural, a estabilidade e a viabilidade do novo material tornam-se imprescindíveis para que possa ser feita uma avaliação no que se refere aos impactos ambientais e financeiros resultantes de sua utilização.

Para Ângulo et al (2011) a reciclagem e a reutilização de resíduos, bem como qualquer outra atividade dos homens, também podem provocar impactos ao meio ambiente. Certas variáveis como o tipo de resíduo, a tecnologia usada, e a utilização que se propõe para o material reciclado, podem fazer com que o processo de reciclagem seja mais impactante e prejudicial do que o próprio resíduo era antes desse procedimento. De acordo com sua periculosidade e complexidade, tais rejeitos podem provocar novos problemas, como a impossibilidade recicla-los mais uma vez ou a ausência de tecnologia para seu tratamento. Assim, o processo de reciclagem pode causar riscos ambientais que devem ser analisados e gerenciados de maneira adequada.

Para Flesch (2004) sabe-se que em todo processo de reciclagem ou de reutilização há necessidade de determinadas transformações para fazer com que o resíduo possa ser apropriado para a sua nova utilização. Em processo de mudança, há necessidade de utilização de energia e, em certos casos, até da utilização de novas matérias-primas para transformar o resíduo física ou quimicamente. De acordo com as quantidades de energia e/ou de matérias-primas usadas em tal etapa de transformação, a reciclagem pode causar um grande impacto ao meio ambiente.

Em seus estudos, Cavalcante e Cheriaf (1997) apontam para o fato de a reciclagem e a reutilização de resíduos também culminam na produção de resíduos. Tais novos resíduos podem ser produzidos tanto com o final da vida útil do material reciclado, quanto ao longo do processo de reciclagem. Assim, os resíduos podem ser, dependendo do tipo de mudança realizada durante a reciclagem, mais prejudiciais ao meio ambiente do que o primeiro, antes da reciclagem.

É preciso fazer uma análise no que se refere aos novos resíduos, às quantidades produzidas, à possibilidade de contaminação ao meio ambiente, a disponibilidade de locais de disposição e a existência de tecnologia a fim de que se efetue um tratamento adequado, em conjunto com os respectivos custos, e fazer a avaliação se realmente a reciclagem inicial apresentou-se viável ambientalmente e financeiramente. Além disso, pode-se estudar a

possibilidade de reciclagem e de reutilização do novo resíduo produzido, mas sem desconsiderar os aspectos mencionados anteriormente.

Cavalcante e Cheriaf (1997) asseveram que os riscos do uso de novo produtos, produzidos por reciclagem ou reutilização de resíduos, também precisam passar por. Há necessidade de efetuar-se um estudo com o intuito de fazer a certificação de que este novo produto não irá oferecer risco à saúde dos usuários, assim como dos trabalhadores responsáveis pela sua reciclagem. Mesmo resíduos que antes eram inertes podem passar por determinadas mudanças físico-químicas ao longo do processo de reciclagem.

Sendo assim, antes de fazer a opção pela reciclagem ou pela reutilização de um resíduo, há necessidade de uma avaliação muito criteriosa discutindo as vantagens que serão alcançadas no processo, e o impacto que tal procedimento irá provocar. A reciclagem não pode ser usada de maneira indiscriminada pelas indústrias, visando o cumprimento de normas ambientais, precisa se realizar baseando-se em um estudo muito amplo, a fim de que não provoque, no futuro, maiores custos para a sociedade e para o meio ambiente.

No caso dos RCD, processos de beneficiamento como a separação e a britagem são relativamente simples e, acredita-se que são passíveis de implantação no município de Caratinga. Partindo deste pressuposto, a separação e acondicionamento dos resíduos em obra deve ser incentivada e mesmo exigida pela administração municipal.

Como observado nas visitas às obras, a separação preliminar do material não requer qualquer equipamento especial. Apenas a mesma operação rotineira de limpeza do canteiro de obras. O que se indica é a destinação de uma caçamba específica para depósito desses resíduos: blocos cerâmicos quebrados, fragmentos de revestimentos e concretos endurecidos.

Posteriormente, como descrito anteriormente neste trabalho, procederia a coleta do material e seu subsequente beneficiamento: separação e fragmentação preliminar, eliminação dos materiais indesejáveis (madeira, aço, papel, gesso, amianto), britagem até a granulometria adequada (ÂNGULO e FIGUEIREDO, 2011).

Terminado o beneficiamento e verificado a compatibilidade de suas características com as especificações técnicas específicas, apresentadas no capítulo 2, ter-se-ia o material pronto para emprego na produção de concreto sem função estrutural.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A questão que envolve os resíduos de construção é complexa, pois inicia-se no planejamento do empreendimento, onde não se considera de forma plena a questão do desperdício de material e a destinação correta dos resíduos e rejeitos.

Como visto neste capítulo, é preciso uma política eficiente de planejamento de manejo destes resíduos, onde poderá ser destinado de forma correta, o que além de diminuir custos, pode ajudar o meio ambiente com a reciclagem e reutilização dos diversos materiais que compõem os resíduos de construção.

A política deve partir do poder público com conscientização das construtoras e da população no sentido da preservação ambiental e da redução de custos nas obras a partir da destinação e reciclagem desses resíduos, já que os diferentes componentes podem ser utilizados em diversos sentidos.

No capítulo a seguir apresenta-se um plano abreviado para a captação dos resíduos de construção, na cidade de Caratinga, para posterior uso como agregado reciclado na produção de concreto sem função estrutural.

## **4. GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAS**

A gestão de resíduo para concreto reciclado é um procedimento que pode auxiliar na redução de custos da obra e na quantidade de resíduos destinados ao descarte. Por isso, alguns aspectos serão abordados na questão.

É fundamental que haja um projeto de gestão de resíduos objetivando ações que procurem minimizar a quantidade de entulho (RCD) que se produz, elevar os índices de reutilização e reciclagem dos resíduos e fazer a determinação de um destino que possa ser apropriado para o entulho.

Klein (2002) afirma ser necessário adotar políticas específicas; no que se refere ao gerenciamento de coleta, transporte e deposição apropriada dos RCDs; criar de leis, resoluções e normas que se preocupem com a questão dos resíduos da construção civil é fundamental no cenário atual de nosso país. O retardamento dessa questão diz respeito ao descaso do poder público, da ausência de incentivo e fiscalização das gestões municipais, bem como da ausência de incentivo por parte do setor privado.

Para o município de Caratinga essa necessidade se faz cada vez mais presente, já que a construção civil tem sido um ramo promissor e com crescimento visível na última década, com abertura de novos loteamentos e implementação de construções de casas e prédios. Por isso, buscou-se analisar questões de coleta, manejo e destinação dos resíduos de construção no município, bem como apontar soluções para os problemas encontrados.

### **4.2 PLANO PARA CAPTAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO**

No que tange à construção civil, o uso de tal resíduo na produção de concreto reciclado, há necessidade de se realizar a separação do material desejado. Para tanto, existem duas possibilidades: a separação na fonte, isto é, nas próprias obras, sendo o serviço feito pelas próprias construtoras; e a separação no aterro ao qual são mandados os resíduos de diversos locais.

Tem-se que a separação dos materiais residuais por parte das empresas no próprio canteiro de obras, tornaria mais fácil e viável uma alternativa de coleta apenas dos RCD diretamente onde é produzido. Tal iniciativa seria capaz de reduzir custos, uma vez que não

haveria necessidade de pagamento duplo pelo transporte do material (da obra até o aterro e do aterro até a usina).

A segunda opção, de separar o material apenas nos aterros, dá possibilidade de uma viagem menor em última instância, havendo necessidade de apenas uma viagem até um só aterro para que se pudesse retirar um caminhão de resíduos.

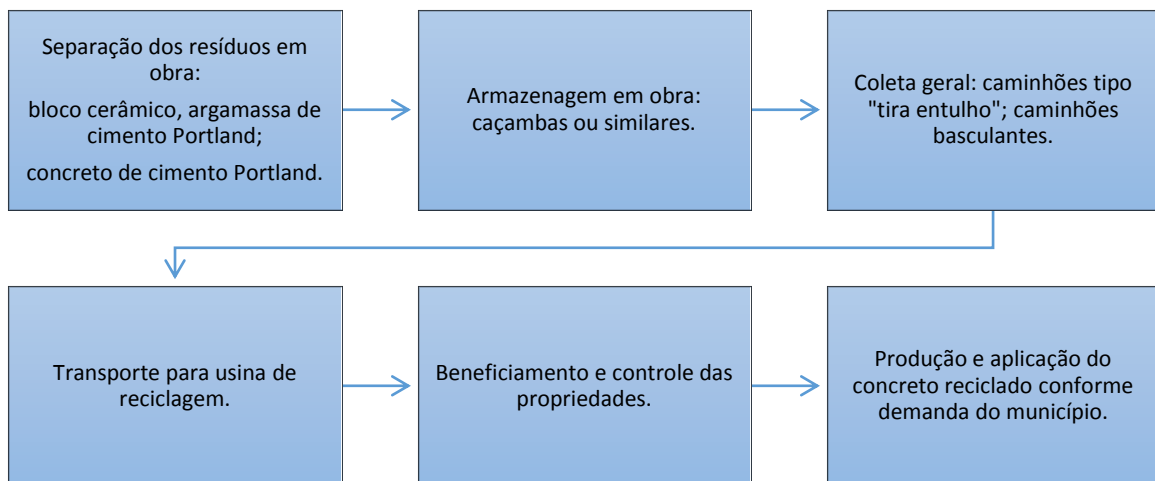
A alternativa que deve ser escolhida irá depender da localização, distribuição e disponibilidade dos recursos, fontes geradas, aterros e usinas. Tendo em vista que o transporte é um dos fatores que mais incide no custo do material, torna-se pertinente que, independente do sistema usado, possa se ter o máximo de economia possível em tal etapa.

Além do processo de separar este material, é relevante que sua preparação se dê visando os problemas e custos tanto no transporte quanto no que se refere ao manuseio do mesmo. Os serviços de beneficiamento seriam processados na usina, sob responsabilidade do município.

Tendo em vista que Caratinga conta com empresas que realizam o serviço de britagem e com instituições de ensino que oferecem o curso de Engenharia Civil, parcerias seriam possíveis para realização do controle de qualidade dos agregados reciclados produzidos a partir dos resíduos de construção e demolição.

O fluxograma apresentado na Figura 4.1 expressa de modo resumido o roteiro para utilização do RCD como agregado reciclado. O uso final abordado neste trabalho foi a produção de concreto não estrutural que pode ser aplicado em calçadas. Mas ressalta-se que outras aplicações são possíveis, como apresentou-se anteriormente.

Figura 4.1 – Roteiro de captação e uso dos resíduos de construção e demolição.



FONTE: Elaborado pela autora.



### 4.3 ASPECTOS INTERVENIENTES

Foi realizada uma entrevista em uma das duas empresas da cidade de Caratinga/MG que realiza a captação de resíduos de construção por meio de aluguel de caçambas para os canteiros de obra. A realização desta entrevista, por meio de um questionário simples anexado ao final do trabalho, idealizado para se conhecer como é realizada a coleta, o manejo e o tratamento desses resíduos, caso haja.

Algumas informações foram fundamentais para a compreensão da quantidade coletada: por mês são 42 caçambas de 5m<sup>3</sup> de capacidade de coleta. A empresa ressaltou que não possui dados sobre a coleta nos anos anteriores, e que a demanda vem caindo devido à crise financeira e à concorrência.



Figura 4.2 – Caçambas de Entulhos de Construção das duas empresas da pesquisa

Fonte: Fotos tiradas pela autora.

Não existe um tratamento ou reciclagem dos resíduos coletados e os mesmos são despejados em uma plataforma na saída do município, popularmente conhecido como “saibreira”, que é próximo ao aterro sanitário do município. A empresa afirmou que o despejo é regulamentado junto aos órgãos competentes, e além dos documentos exigidos pela prefeitura ainda é preciso uma licença ambiental.

Foi perguntado também sobre a existência de reaproveitamento dos resíduos de construção que são colocados nas caçambas. A empresa destacou que não existe e que não há nenhum planejamento para que futuramente seja realizado. E se em caso de alguém se interessasse pela reciclagem desses resíduos a pessoa mesma deveria realizar a coleta no local onde é realizado do despejo.

Com as informações supramencionadas, percebe-se que não há preocupação ou interesse por parte da empresa que realiza a coleta, nem por parte da administração pública, em utilizar os resíduos de construção como reaproveitamento por meio de reciclagem. Por isso, é preciso realizar um planejamento de gestão desses resíduos para redução dos custos das obras e do impacto ambiental.

#### 4.4 BENEFÍCIOS PARA A CIDADE DE CARATINGA

Os benefícios desse processo de reciclagem dos resíduos de construção, em especial ao concreto reciclado, são de cunho econômico, social, ambiental e financeiro.

Com a reciclagem, há ainda a minimização da poluição causada pelos resíduos, que podem causar enchentes e o assoreamento de rios e córregos. É importante destacar que o descarte incorreto também traz sérias consequências para o ambiente urbano, sendo ambientes que propiciam doenças como dengue e febre amarela e charmariz de roedores e insetos.

Quanto aos ganhos financeiros, promove oportunidades de trabalho e renda, com o tratamento e reciclagem dos resíduos da construção civil, o que também demanda a atenção dos órgãos fiscalizadores e a conscientização de empresários do setor que detêm o grande poder de tomar uma decisão de mudança.

Em termos sociais, seria possível perceber uma paisagem urbana com menos poluição pelas ruas, melhorando a qualidade de vida das pessoas e reduzindo problemas de trânsito de pedestres e veículos.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

É fato que a indústria da construção, além de ser um dos pilares do desenvolvimento socioeconômico de um país, é também a causadora do impacto ambiental em sua cadeia produtiva, seja através de atividades como a extração de matérias-primas, movimentação de terras, produção e transporte de materiais, ou pela disposição incorreta de seus resíduos.

Buscou-se mostrar neste capítulo que é possível realizar o gerenciamento de resíduos de construção e demolição no município de Caratinga/MG. Para tanto é necessário que a iniciativa parta da gestão pública do município e que passe também pelos profissionais ligados à construção civil.

Os benefícios alcançados podem ser de caráter social, ambiental, econômico e até mesmo acadêmico, uma vez que o município pode-se juntar com as instituições de ensino superior e desenvolver melhores formas de uso para os resíduos de construção e demolição.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No município de Caratinga não existe uma política específica para a gestão e manejo desses resíduos. Foi destacado no desenvolvimento desta pesquisa que resíduos de construção, como concreto e resíduos mistos podem ser utilizados de maneira reciclada em outros empreendimentos. Não existem em Caratinga empresas que se dediquem a esta política e não foi apresentado pelo poder público até o momento interesse neste tipo de procedimento.

Nesse sentido, o mercado ainda se encontra pouco desenvolvido já que em alguns municípios os serviços de coleta e disposição dos RCD são controlados pelas prefeituras, que dispõem de poucos recursos para novos investimentos. No setor privado, principalmente as grandes empresas, já estão procurando dar uma destinação correta aos seus resíduos, reutilizando-os ou dispendo-os em aterros.

Com a grande quantidade de obras no município, e com o manejo e despejo realizados pelos proprietários ou responsáveis das obras ou por empresa contratada, a melhor maneira de recolher esses resíduos para reciclagem seria diretamente nas obras, com a separação realizada pelo tipo de resíduo e sua classe, conforme NBR 15116.

A geração de resíduos no município se dá por meio de construção, com retrabalho e perda de materiais, demolição e reformas. Esse material que pode ser descartado, que possui classificações diversas, pode ser reciclado e utilizado em novos empreendimentos.

Para tanto, o material recolhido para reciclagem deve ser separado, britado e moído, separado de acordo com a necessidade da aplicação que será realizada. A aplicação dos agregados reciclados pode reduzir custos de obras públicas e beneficiar a população, pois dependendo do tipo de agregado, podem ser utilizados em pavimentação, escoras, muros de contenção, no aterro sanitário, no cuidado de estradas sem pavimentação.

A facilidade de gerenciamento na gestão e disposição dos resíduos de construção e demolição, de acordo com a implementação de políticas e legislação, é um elemento essencial para a melhor qualidade de vida dos moradores das zonas urbanas, reduzindo dessa forma os impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, FEVEREIRO/2015.

ABNT NBR 15116. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** 2004. Disponível em: <http://www.areiaovitoria.com.br/download/NBR%2015116.pdf>. Acessado em 23 de novembro de 2016.

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

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

ANGULO, Sergio C.; ZORDAM, Sergio E.; JOHN, Vanderley M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: **IBRACON, ANAIS IV SEMINÁRIO - Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil,** Comitê Técnico CT 206 - Meio Ambiente, 2011.

CHERIAF, M. ANDRADE, R. C.; ROCHA, J. C.; PRUDÊNCIA JR., L. R. Aproveitamento do entulho da construção civil como agregado para concreto. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2.,** Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PURGS, 1997, p. 139-143.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução 307** de 5 julho de 2002

COSTA, L. F. **Estratégia Ambiental na Indústria da Construção Civil: Um Estudo sobre Fatores Direcionadores de Percepção Ambiental de Construtores de Imóveis.** 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado), Engenharia de Produção, UFRN, Natal, 2005.

FLESCH, L.A. Utilização de resíduos sólidos na construção civil. Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Comitê Pardo. **Boletim Informativo** N° 10/Ano VI – Outubro / 2004.

HANSEN, T. C. **Recycling of demolished concrete and masonry.** Londres: E&FN Spon, 1992.

JOHN, Wanderley M.; AGOPYAM, Vahan. Reciclagem de resíduos na construção. In: **Seminário de resíduos sólidos domésticos,** p.1-13, São Paulo, SP, 2000. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br>. Acesso em 10 de maio de 2013.

JOHN, Vanderley M. **Desenvolvimento Sustentável, Construção Civil, Reciclagem e Trabalho Multidisciplinar**. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br> 1999. Acesso em 9 de novembro de 2016.

KLEIN, S. E. S. **Diretrizes de Gestão Ambiental na Indústria da Construção Civil de Edificações**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, 2002.

MARQUES NETO, R. B. **Resíduos da Construção Civil em Araguari – MG: Do Diagnóstico à Proposta de um Modelo Gerencial Proativo**. 2007. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil. Departamento de Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo 1998.

PORTO, Maria Edelma Henrique de Carvalho. SILVA, Simone Vasconcelos. **Reaproveitamento dos Entulhos de Concreto na Construção de Casas Populares**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

SANTANA, V. M. PAES, F. P. SANTANA, D. S. CERQUEIRA, M. B. S. SILVA, F. G. S. ARAGÃO, H. G. **Utilização de Concreto Reciclado na Aplicação de Elementos Estruturais**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de Resíduos da Construção**. COBRAC 2004 – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC Florianópolis – 10 a 14 de Outubro 2004.

SILVA, Luiz Ricardo Amaro da. **Utilização do Entulho Como Agregado para a Produção de Concreto Reciclado**. Universidade Federal Fluminense – UFF. Disponível em: [http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao\\_tese/luizricardoamaro\\_0.pdf](http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/luizricardoamaro_0.pdf).

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2014.

TENORIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R.. ICTR-2004 **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável**. 2007.

VIERIA, G; DAL MOLIN, D. C.C. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, out./dez. 2004. ISSN 1415-8876, 2004

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do concreto**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 2002. 140p.

