

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE RCD E ANÁLISE DO PROCESSO  
PRODUTIVO DESTES NA CIDADE DE CAMPO GRANDE/MS - UM ESTUDO DE  
CASO**

**MARILIA PADILHA DA SILVA PORTELA**

**CAMPO GRANDE  
2014**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE RCD E ANÁLISE DO PROCESSO  
PRODUTIVO DESTES NA CIDADE DE CAMPO GRANDE/MS - UM ESTUDO DE  
CASO**

**MARILIA PADILHA DA SILVA PORTELA**

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Sustentabilidade.

**Orientador: Prof. Dr. Odilar Costa Rondon**

**CAMPO GRANDE  
DEZEMBRO / 2014**



**Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso**  
**Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade**  
**Mestrado**

Aos vinte e três dias do mês de setembro do ano de dois mil e catorze, às nove horas, na Sala de aula do mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Odilar Costa Rondon (UFMS), Jose Carlos de Jesus Lopes (UFMS), Adriane Angelica Farias Santos Lopes de Queiroz (UFMS) para julgar o trabalho da aluna: **MARILIA PADILHA DA SILVA PORTELA**, CPF 11468124773, do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Caracterização dos blocos de RCD e do processo produtivo destes na cidade de Campo Grande/MS - Um estudo de caso**". O presidente da Banca Examinadora, Odilar Costa Rondon, declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra à aluna que expôs sua Trabalho de Conclusão de Curso. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações como orientador. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu Parecer expresso conforme segue:

**EXAMINADOR**

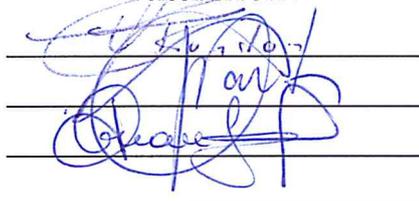
Dr. Odilar Costa Rondon

Dr. Jose Carlos de Jesus Lopes

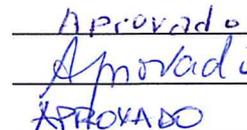
Dra. Adriane Angelica Farias Santos Lopes de Queiroz

Dra. Ana Paula da Silva Milani (Suplente)

**ASSINATURA**



**AValiação**



**RESULTADO FINAL:**

Aprovação

Aprovação com revisão

Reprovação

**OBSERVAÇÕES:**

*A Banca solicitou a mudança do título para Caracterização dos blocos de RCD e análise do processo produtivo destes na cidade de Campo Grande/MS - Um estudo de caso*

Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

Assinaturas:

  
Orientador

  
Aluna

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Justificativa .....	13
1.2 Objetivos .....	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1 Histórico do uso de RCD .....	18
2.2 Panorama sobre a geração e gestão de resíduos sólidos.....	20
2.3 Reciclagem.....	28
2.4 Resíduos de construção e demolição - RCD .....	32
2.5 O papel da empresa diante dos desafios da sustentabilidade .....	37
2.6 Panorama dos resíduos em Campo Grande/MS .....	44
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
3.1 Caracterização do RCD.....	47
3.1.1 Determinação da granulometria .....	47
3.1.2 Determinação da massa específica ( $\gamma$ ).....	48
3.1.3 Área específica ( $A_e$ ).....	49
3.2 Caracterização dos Blocos de RCD.....	49
3.2.1 Resistência à compressão .....	49
3.2.2 Análise dimensional .....	50
3.2.3 Absorção (A).....	51
3.2.4 Densidade (D) .....	51
3.2.5 Porosidade .....	51
3.3 Processo produtivo .....	52
4 APRESENTAÇÃO DO CASO .....	53
5 RESULTADOS E ANÁLISE .....	68
5.1 Caracterização do RCD e dos blocos produzidos .....	68
5.2 Estratégias de comercialização adotadas pela empresa.....	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

APÊNDICE A - ENSAIO DE GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO .....	90
APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS PARTÍCULAS FINAS DE RCD ....	91
APÊNDICE C - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO .....	93
APÊNDICE D - ANÁLISE DIMENSIONAL .....	97
APÊNDICE E – ABSORÇÃO.....	101
ANEXO A – TABELA DA NBR NM 248 (2001) .....	103
ANEXO B – TABELAS DA NBR 6137 (2007).....	104
ANEXO C - RESULTADOS HISTÓRICOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica e tipos de locais onde é realizada a destinação final de RCD no Brasil. ....	23
Figura 2 - Processos logísticos, direto e reverso. ....	29
Figura 3. Dimensões da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. ....	38
Figura 4. Sustentabilidade empresarial. ....	39
Figura 5. Quadro de estratégias Competitivas Genéricas.....	41
Figura 6. Modelo de valor sustentável para empresa. ....	43
Figura 7. Analisador de partículas do LMCC, modelo Mastersize 2000, da Malvern.....	48
Figura 8. Prensa utilizada no ensaio de resistencia à compressão.....	50
Figura 9. Vista geral da fábrica. ....	53
Figura 10. Fluxograma do processo de produção adotado pela empresa. ....	56
Figura 11. Disposição do RCD recebido.....	56
Figura 12. Resíduos não utilizados no proceso produtivo.....	57
Figura 13. Material selecionado para utilização na fabricação de blocos. ....	57
Figura 14. Correia transportadora onde são despejados os residuos para o início do proceso produtivo. ....	58
Figura 15. Material fino depositado no pátio da empresa. ....	59
Figura 16. Sequência de peneiramento e condução ao britador. ....	59
Figura 17 – Peneiramento para definição da composição granulométrica.....	60
Figura 18. Disposição dos grão que não serão utilizados na fabricação dos blocos. ....	61
Figura 19. Silo utilizado para armazenamento do RCD reciclado. ....	61
Figura 20 - Silo utilizado para armazenamento da poeira gerada durante o proceso de britagem do RCD. ....	62
Figura 21. Equipamento utilizado para realizar a mistura da massa do bloco. ....	63
Figura 22. (a) Correias transportadoras que conduzem a massa para vibro prensa. (b) vibro prensa automática. ....	63

Figura 23. Equipamento responsável pela textura dos blocos.....	64
Figura 24. Mesa giratória onde são colocados os <i>pallets</i> de blocos. ....	64
Figura 25. Equipamento transportando o <i>pallet</i> de blocos de RCD. ....	65
Figura 26. Processo de lavagem dos blocos. ....	66
Figura 27. Estocagem dos blocos de RCD. ....	66
Figura 28. Curva granulométrica do RCD .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de RCD produzido em países em desenvolvimento.....	14
Tabela 2. Informações gerais sobre a gestão de RCD em alguns municípios.....	21
Tabela 3. Participação dos RCD nos RSU em países desenvolvidos.....	24
Tabela 4. Geração e composição do RCD em países desenvolvidos .....	25
Tabela 5. Consumo de agregados naturais em diversas regiões.....	26
Tabela 6. Porcentagem global de recursos naturais que são extraídos para atender a demanda da construção civil .....	26
Tabela 7. Proporção de RCD nos RSU no Brasil.....	27
Tabela 8. A composição do RSU brasileiro coletado em 2011 .....	31
Tabela 9. Classificação dos resíduos de construção conforme a Resolução nº 307 do CONAMA (2002) .....	33
Tabela 10. Características do agregado natural e reciclado de RCD .....	36
Tabela 11. Relação entre quantidade de municípios no MS que realizam serviço de manejo RCD e as formas de disposição no solo .....	37
Tabela 12. Caracterização dos blocos de RCD .....	71
Tabela 13. Comparação entre as estratégias de Orsato (2006) e a realidade da empresa .....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCD	Resíduo de construção e demolição
RCC	Resíduo de construção civil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
CBIC	Câmara Brasileira das Indústrias da Construção
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RSU	Resíduos sólidos urbanos
GEE	Gases de efeito estufa
ENARC	Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção
SindusCon/SP	Sindicato da Indústria Construção de São Paulo
IEA	Instituto Ecológico Aqualung
Cempre	Compromisso Empresarial para Reciclagem
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
PRODES	Programa de Desenvolvimento Econômico de Campo Grande
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
CNI	Confederação Nacional da Indústria
LMCC	Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFMS	Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
RB-8	Aditivo para confecção de blocos de RCD
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\gamma$	Massa específica do RCD
DM	Diâmetro médio do grão de RCD
Ae	Área específica
A	Absorção
D	Densidade do Bloco de RCD
P <sub>a</sub>	Porosidade aberta
P <sub>t</sub>	Porosidade total (P <sub>a</sub> )
M <sub>0</sub>	Massa seca
V <sub>t</sub>	Volume total
M <sub>im</sub>	Massa imersa do bloco saturado em água
M <sub>ss</sub>	Massa do bloco com sua superfície seca

## RESUMO

A indústria da construção é um dos setores chaves na economia de um país, seu crescimento reflete, além de desenvolvimento regional, severos impactos ambientais, caracterizando-se como uma vilã dos recursos naturais, pois consome altos índices de matéria prima, energia e é responsável pela geração de Resíduos de Construção e Demolição – RCD, material heterogêneo. Diante de um cenário de escassez de recursos, aumento populacional, busca pela redução do consumo e fortalecimento da conscientização ambiental, a reciclagem do RCD surge como uma alternativa competitiva. Este trabalho é baseado em um estudo de caso, que tem como objetivo caracterizar os blocos de RCD e o processo produtivo destes, na cidade de Campo Grande/MS, permitindo assim a elaboração de um diagnóstico sobre os pontos fortes e fracos deste material, almejando-se potencializar a utilização do produto de maneira racional e disseminar a sustentabilidade, avaliando os aspectos ambientais, econômicos e sociais. A caracterização dos blocos de RCD e dos agregados reciclados inseridos no processo produtivo foi realizada através de ensaios laboratoriais para determinação da composição granulométrica e massa específica, no caso dos agregados, e resistência à compressão, análise dimensional, densidade, absorção e porosidade, no caso dos blocos de RCD. Foram caracterizados materiais originários de dois lotes e um deles apresentou valores de resistência característica a compressão e absorção média aos 28 dias menor que o exigido pela norma específica para blocos de concreto, utilizada como parâmetro, mas ao repetir os ensaios aos 91 dias os resultados foram satisfatórios. Entre as possíveis causas identificadas para as fraquezas apresentadas pelo produto estão a carência de práticas voltadas para gestão da qualidade e controle tecnológico durante o processo produtivo e a ausência de uma norma que regulamente a utilização de RCD na fabricação de blocos. O bloco de RCD custa 25% a menos que o praticado no mercado pelo bloco de concreto convencional, apresentando assim boa competitividade técnica e econômica.

Palavras-chave: Resíduos, construção civil, sustentabilidade.

## ABSTRACT

The construction industry is one of the key sectors in the economy of a country, its growth reflects addition of regional development, severe environmental impacts, characterized as a villain of natural resources, it consumes high levels of raw material, energy and is responsible the generation of Construction and Demolition Waste - RCD, heterogeneous material. Faced with a scenario of resource scarcity, population growth, efforts to reduce consumption and strengthening environmental awareness, recycling RCD emerges as a competitive alternative. This work is based on a case study that aims to characterize the RCD blocks and the production process of these in the city of Campo Grande / MS , thus allowing the preparation of an assessment of the strengths and weaknesses of this material, aiming If maximize the use of the product in a rational manner and disseminate sustainability, assessing the environmental, economic and social aspects. The characterization of the blocks RCD and recycled aggregates inserted into the production process was carried out by laboratory tests for particle size distribution and density in the case of aggregates, and compressive strength, dimensional analysis, density, absorption and porosity in the case RCD blocks. Materials originating from two batches were characterized and one of them showed characteristic values and average compressive strength at 28 days less than the standard required by the specific absorption for concrete blocks, used as a parameter, but to repeat those tests for 91 days the results were satisfactory. Possible causes for the identified weaknesses presented by the product are the lack of practices for quality management and technological control during the production process and the absence of a rule governing the use of RCD in the manufacture of blocks. The block RCD costs 25% less than the market price for conventional concrete block, thus presenting sound technical and economic competitiveness.

Keywords: Waste, construction , sustainability.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

A indústria da construção civil pode ser considerada um dos setores chaves na economia de um país. Segundo os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2014) a indústria da construção é a que mais emprega no país, possuindo mais de 3 milhões de profissionais em sua cadeia produtiva. O Anuário Estatístico (2012) desenvolvido pelo mesmo Ministério aponta a evolução do número de empregos por gêneros da indústria (mercado formal) entre os anos de 2006 e 2011, quando a quantidade de empregos gerados pela indústria da construção dobrou.

A indústria da construção civil possui papel de destaque na organização do espaço e seu crescimento reflete desenvolvimento regional e avanços econômicos. (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2012). Além dos aspectos positivos, no entanto, este segmento gera diversos impactos ambientais, colocando a indústria da construção em destaque no quesito utilização de recursos naturais, pois é responsável pelo consumo de matéria prima e energia, e atua na geração de resíduos, que podem ser originários de construções ou demolições, motivo pelo qual originou-se o termo RCD – Resíduos de Construção e Demolição. A nomenclatura RCD pode ser facilmente substituída pela sigla RCC - Resíduos da Construção Civil, mas por convenção e seguindo a denominação internacional, o trabalho será redigido fazendo referencia aos resíduos de construção através da terminologia RCD.

Durante muitos anos, a sociedade não apresentou preocupação em relação aos resíduos gerados por este setor, mas diante de um cenário de escassez dos recursos naturais, geralmente não renováveis, de aumento da população mundial, busca da redução do consumo e fortalecimento da consciência ambiental, a reciclagem do RCD surge como um grande potencial, servindo para mitigar o impacto ambiental e possibilitando a redução nos custos de construção.

As regulamentações brasileiras voltadas para a gestão dos resíduos podem ser consideradas pouco expressivas, se comparadas às vigentes em outros países, que impõem rígidas sanções (ÂNGULO et. al., 2001). A Resolução nº 307 do CONAMA (2002) representa um marco no Brasil, pois estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, visando minimizar os

danos, gerados pelo setor (SANTOS, 2007). O cumprimento desta Resolução torna-se complexo, tendo em vista que são estabelecidos tratamentos diferenciados ao pequeno e grande gerador, no entanto, não são descritos os critérios de diferenciação, que devem ser definidos pelos municípios, através de seus Programas de Gerenciamento de Resíduos (PUCCI, 2006).

Os municípios de pequeno porte encontram dificuldades em fiscalizar as atividades de gestão de RCD devido à falta de recursos humanos, incentivos federais e a preocupação com outras prioridades, fazendo com que o controle ainda não seja efetivo (GEHRKE; SATTLER, 2011).

Um novo horizonte para a indústria da construção é fechar seu ciclo produtivo de maneira que a saída de resíduos e a entrada de matéria prima não renovável seja reduzida. (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000 apud ÂNGULO, ZORDAN, JOHN, 2001)

A percepção de que as cidades estão gerando uma quantidade elevada de RCD existe, a grande dificuldade é obter uma média global. A Tabela 1 ilustra a pesquisa realizada por alguns autores entre 1998 e 2008.

Tabela 1. Quantidade de RCD produzido em países em desenvolvimento

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Quantidade de RCD produzido</b>
LIMA e SILVA <sup>1</sup>	1998	Entre 400 e 700 kg/hab.ano em cidades de médio e grande porte (Brasil)
PINTO	1999	500 kg/hab.ano em cidades de médio e grande porte
PINTO	1999	230-760 kg/hab ano (Brasil)
ÂNGULO	2000	500 kg/hab.ano em cidades de médio e grande porte
ISAIA	2005	550 kg/hab.ano
CAPELLO <sup>2</sup>	2006	aproximadamente 470 kg/hab.ano
OLIVEIRA; OLIVEIRA; FERREIRA <sup>2</sup>	2008	as taxas de geração desses resíduos variam entre 400 e 700 kg/habitante/ano(cidades de médio e grande porte)

Fonte: <sup>1</sup>LIMA e SILVA (1998 apud LEITE 2001, p.18)

<sup>2</sup>OLIVEIRA; OLIVEIRA; FERREIRA (2008 apud EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010)

Analisando os dados apresentados na Tabela 1, em pesquisas realizadas entre 1998 e 2008, é possível verificar que a quantidade média de RCD gerado, em países em desenvolvimento, está na faixa de 500 kg/hab.ano.

Ainda de acordo com Pinto (1999), a produção de RCD, em países desenvolvidos, está entre 130 e 3000 kg/hab.

Os autores Malaia, Brito, Bravo (2011), apontam que construções, com estrutura de concreto armado, produzem entre 40 e 102 kg de resíduos de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos por m<sup>2</sup>. A importância da realização de estudos que enfatizem a reutilização do RCD é evidenciada diante das grandes quantidades de resíduos gerados, conforme apresentado na Tabela 1.

Cabe ressaltar que o RCD possui valor agregado, possibilitando a redução de custos na produção de materiais que o utilizem como matéria prima.

O foco principal da gestão de resíduos deveria ser a mudança de valores, pois os materiais que antes eram simplesmente descartados, hoje devem ser privilegiados no âmbito da reciclagem e reutilização, através de produtos ecológicos, por exemplo.

De acordo com o levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM (2014), a produção mineral brasileira teve seu pico em 2011, quando atingiu US\$ 53 bilhões, apresentando pequena queda em 2013, fechando o ano com uma produção no valor de 44 bilhões de dólares.

A indústria da construção ainda é uma das grandes consumidoras de materiais minerais, mesmo com o mundo passando por um momento de reflexão sobre a extração e o consumo desenfreado de matérias primas, o que gera um verdadeiro paradoxo, pois segundo o IBRAM (2011), os agregados minerais são utilizados em obras de infraestrutura básica, tais como saneamento, transporte e habitações, dessa forma, sua utilização pode representar melhoria na qualidade de vida de uma população.

O Ministério de Minas e Energia - MME (2009) levantou o perfil do tipo de brita utilizada para construção civil e entre as constatações está a identificação de que alguns municípios, como o Rio de Janeiro, possuem restrições ambientais para extração de recursos naturais. Dessa forma, o MME incentiva a elaboração de Planos Diretores de Mineração, com o objetivo de garantir a oferta de agregados minerais para a construção civil, a preços acessíveis, no presente e no futuro.

Uma boa alternativa para setor da construção seria incorporar uma fração de RCD na constituição dos materiais, em substituição aos agregados naturais. No Reino

Unido são cobradas taxas sobre cada tonelada de agregado natural extraído, desde 2002, visando alcançar o objetivo de substituir parte dos agregados primários por materiais reciclados. (ADDIS, 2010).

A literatura já apresenta reflexões e consensos que a redução do consumo e a preservação da natureza convergem para a sustentabilidade, que está sendo largamente difundida. A definição do termo sustentabilidade é muito abrangente e está apoiado em diferentes dimensões. Segundo Sachs (1993), é possível classificar as dimensões em social, ambiental, ecológica, política e econômica. A Organização das Nações Unidas – ONU considera como os pilares da sustentabilidade as dimensões econômica, social e ambiental, que já estavam presentes nas discussões da Conferência sobre Meio Ambiente de 1992 (REVISTA EM DISCUSSÃO, 2012). Diante da definição de sustentabilidade, para intitular um produto como sustentável é necessário analisar suas dimensões de abrangência.

Pieretti, Milani e Yuba (2010) pesquisaram a contribuição ambiental da utilização de agregados reciclados de RCD na produção de blocos de vedação. Neste artigo foram estudados os impactos / custos de transporte das matérias-primas e nas etapas de fabricação de 13 blocos, o equivalente a 1 m<sup>2</sup> de parede, em uma fábrica localizada em Campo Grande/MS.

A conclusão dos autores é que a utilização de RCD incorporado a produção de blocos, comprovadamente, reduz os impactos ambientais se comparados aos materiais convencionais, pois a sua produção requer menos recursos naturais, emite menos gases de efeito estufa - GEE e não gera perdas, pois os resíduos podem ser reinseridos no processo produtivo.

A comercialização de materiais produzidos com RCD possui vantagens econômicas se comparado aos produtos convencionais, trazendo competitividade para as empresas e evidenciando a sustentabilidade por parte da dimensão econômica. A cadeia da reciclagem de RCD emprega profissionais que atuam na seleção e preparação de materiais alternativos, melhorando a condição social das famílias envolvidas. Dessa forma, é possível identificar a presença das três principais vertentes da sustentabilidade intrínsecas na concepção de utilizar RCD na fabricação novos materiais.

Confrontando os dados do IPEA (2013), onde é apresentado um déficit habitacional de 8,53% no país, com os benefícios da reciclagem de RCD e a tradição da

utilização de blocos na construção de vedações é possível investir em um estudo que diz respeito à fabricação de blocos de RCD.

A problemática do estudo envolve os seguintes questionamentos: o bloco de RCD, fabricado em Campo Grande/MS, possui qualidade técnica para aplicação em vedações? Quais são as estratégias competitivas adotadas pela empresa na produção dos blocos de RCD?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é obter as características físicas e mecânicas dos blocos fabricados com RCD na cidade de Campo Grande/MS, estudando as estratégias competitivas adotadas pela empresa na produção dos blocos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Visando alcançar o objetivo geral serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar a revisão bibliográfica, abordando o histórico do tema, panorama sobre a geração e gestão de resíduos sólidos, dados sobre reciclagem e RCD, características do processo em relação a estratégias ambientais competitivas e conceitos de sustentabilidade;
- Estudar a produção de blocos de RCD em Campo Grande;
- Realizar ensaios de laboratório para caracterização física e mecânica do RCD e dos produtos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico do uso de RCD

Desde os primórdios de sua existência, o homem precisou desenvolver artefatos para garantir sua sobrevivência, entre eles o abrigo, responsável por garantir proteção contra as intempéries e animais silvestres. Inicialmente esses abrigos eram frágeis e a necessidade de um abrigo mais seguro fez com que o homem começasse a buscar novos recursos naturais para utilização como material de construção, entre eles, a pedra. (LIMMER, 1996).

Segundo Cardoso (2009 apud SILVA 2010), as primeiras obras de engenharia do Brasil foram instalações militares, de origem portuguesa, no Rio de Janeiro, e de acordo com Telles (1984), as primeiras moradias construídas no Brasil foram feitas pelos colonizadores, eram abrigos pouco elaborados, cobertos basicamente por palha, tais construções não poderiam ser denominadas obras de engenharia, devido a precariedade de execução.

Os materiais de construção possuem grande importância histórica, chegando a denominar períodos da humanidade, como a Idade da Pedra, do Bronze e dos Metais. A construção civil faz-se presente na humanidade há muito tempo, englobando diversos tipos de obras, tais como estradas, casas, aquedutos, barragens, entre outros.

Os primeiros registros de reutilização de resíduos em novas construções são de origem romana, onde já se utilizava tijolos britados ou cacos de telha misturados na execução de construções. (SCHULZ e HENDRICKS 1992 apud LEITE 2001, p.10). No Egito, Grécia e Roma era comum reutilizar os blocos de pedra de construções abaladas em batalhas ou terremotos, pois os recursos para extração de novas pedras eram maiores que a reutilização. Relatos do engenheiro romano *Vitruvius*, datados de 25 a.C., comprovam a orientação de reutilização de telhas e tijolos antigos em novas construções (ADDIS, 2010).

Outros registros são procedentes de cidades europeias, devastadas pela Segunda Guerra Mundial. O cenário pós-guerra era de total destruição, o que trazia urgência para reconstrução das cidades atingidas. No entanto, não havia matéria prima natural suficiente e existiam montanhas de escombros, entre 400 e 600 milhões de m<sup>3</sup>, surgindo

então a necessidade de desenvolvimento de tecnologias para reciclagem do RCD. As estações alemãs de reciclagem produziram cerca de 11,5 milhões de m<sup>3</sup> de agregado reciclado de alvenaria no período pós guerra, que foram utilizados na construção de 175.000 unidades (HELLER, apud SCHULZ e HENDRICKS, 1992 apud LEITE 2001, p. 10).

No Brasil, o primeiro estudo sistemático para a utilização do RCD foi concluído em 1986, pelo arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, que pesquisou a inclusão destes resíduos na produção de argamassas (PINTO, 1986 apud LEITE 2001, p. 11).

Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (2002, p. 1), Resíduos da construção civil “são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos”. Existem diferentes tipos (fragmentos de blocos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc) e aplicações para o RCD. Este pode ser reutilizado de várias formas tais como: composição de material para pavimentação, fabricação de concreto sem função estrutural, argamassas e a principal explorada por este estudo, a transformação do resíduo em agregado, para composição de blocos.

Segundo Zordan (1997) “em 1991, foi inaugurada a primeira usina de reciclagem de entulho do Hemisfério Sul, localizada no bairro de Santo Amaro, São Paulo: a Usina de Reciclagem de Entulho de Itatinga.” Ainda segundo o autor, as primeiras usinas de reciclagem não funcionaram como o esperado, ficando ociosas, e apenas, em 1995, foi instalada uma usina considerada adequada tecnicamente, na cidade de Belo Horizonte/MG.

No ano de 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a segunda Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco Rio), onde foram discutidas estratégias para sustentabilidade. O resultado mais expressivo deste evento foi a Agenda 21, assinada por países desenvolvidos e em desenvolvimento, representando um compromisso socioambiental em prol da sustentabilidade.

Após a realização da Conferência os conceitos envolvendo o desenvolvimento sustentável passaram a ser difundidos de maneira mais incisiva e os países participantes procuraram disseminar os planos da Agenda 21 em nível global, nacional e local.

Em 2000, a ONU premiou como melhores práticas o Projeto Entulho Bom, desenvolvido pela Universidade Federal da Bahia, em parceria com a Caixa Econômica Federal, cujo o objetivo foi reciclar e reaproveitar o RCD. (CASSA, 2001).

O Brasil é iniciante nas práticas de reciclagem de RCD. Para maioria da população os resíduos gerados, pela construção civil, são meramente entulhos, que não possuem serventia; ou pior, a concepção equivocada de que são materiais sem valor agregado (ATMAN, 2011).

De acordo com a publicação da ABRELPE (2011), a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída para Lei Federal 12.305/2010, é um marco, pois apresenta as diretrizes para os sistemas de gestão de resíduos no país, restando a sociedade exigir a transposição dos conceitos e instrumentos para a prática, possibilitando o manejo adequado para o RCD, por exemplo.

## **2.2 Panorama sobre a geração e gestão de resíduos sólidos**

A indústria da construção é uma das responsáveis pelo crescimento econômico do país. Segundo a Câmara Brasileira das Indústrias da Construção – CBIC (2011), o setor vem registrando incremento consistente em suas atividades desde 2004. Em 2010 atingiu desempenho recorde (11,6% de crescimento do PIB da Construção Civil). Em 2011, apresentou equilíbrio (3,6% de crescimento do PIB da Construção Civil). A taxa de empregos gerada pelo setor reafirma sua importância para economia nacional, cerca 3,5 milhões de empregos formais, segundo a CBIC (2011). De acordo com as séries históricas do IBGE (2011), o total de empregados com carteira de trabalho assinada girava em torno de 36 milhões, dessa forma, o setor da construção representa aproximadamente 10% do total de empregos formais no país.

No ano de 2011 surgiram algumas crises internacionais, ancoradas no endividamento público, principalmente em alguns países da Europa. Neste contexto, é possível verificar um avanço lento da economia nacional, mesmo sendo um consenso que o Brasil estava fora da crise; ainda assim, a construção civil manteve crescimento, apesar de inferior a 2010. (CBIC, 2011)

Foram estabelecidas políticas de gestão de resíduos no Brasil a partir de 2002, mas o assunto ainda é uma problemática, pois estes materiais podem degradar o meio

ambiente, além de sobrecarregar os serviços públicos de coleta, prejudicando a qualidade da vida urbana. Poucos municípios possuem gestão eficiente dos resíduos de construção, a Tabela 2 apresenta algumas informações gerais sobre a gestão de RCD em alguns municípios brasileiros.

Tabela 2. Informações gerais sobre a gestão de RCD em alguns municípios

<b>Município</b>	<b>Plano de gestão desenvolvido</b>	<b>Legislação específica aprovada</b>	<b>Pontos de entrega p/ peq. Vol.</b>	<b>Áreas privadas p/ manejo de Grandes Volumes</b>	<b>Áreas públicas p/ manejo de Grandes Volumes</b>
Araraquara/SP	Sim	-	Sim	-	-
Belo Horizonte/MG	Sim	-	Sim	Sim	Sim
Brasília/DF	-	-	-	-	Sim
Campinas/SP	-	-	-	-	Sim
Curitiba/PR	-	Sim	-	-	-
Diadema/SP	Sim	Sim	Sim	-	-
Fortaleza/CE	-	-	-	Sim	-
Guarulhos/SP	Sim	-	Sim	Sim	Sim
Joinville/SC	Sim	Sim	-	Sim	-
Jundiaí/SP	-	-	-	Sim	-
Lages/SC	-	Sim	-	-	-
Londrina/PR	-	-	-	-	Sim
Maceió/AL	-	-	Sim	-	-
Piracicaba/SP	Sim	-	Sim	-	Sim
Ponta Grossa/RS	-	-	-	Sim	-
Ribeirão Pires/SP	Sim	-	Sim	-	Sim
Ribeirão Preto/SP	-	-	-	-	Sim
Rio de Janeiro/RJ	-	Sim	Sim	-	-
Salvador/BA	Sim	-	Sim	-	-
Santo André/SP	-	-	Sim	-	-
São Bernardo/SP	-	-	-	Sim	-
São Carlos/SP	-	-	Sim	-	Sim
São Gonçalo/RJ	-	-	-	-	Sim
São José R. Preto/SP	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
São José Campos/SP	-	-	-	-	Sim
São Paulo/SP	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Socorro/SP	-	-	-	Sim	-
Uberlândia/MG	-	-	Sim	Sim	-
Vinhedo/SP	-	-	-	-	Sim

Fonte: Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Out/2005)

Analisando a Tabela 2, é possível verificar que dos 29 municípios apresentados, apenas 10 possuíam Plano de gestão de resíduo desenvolvido em 2005 (34%), apenas 7 possuíam Legislação específica aprovada (24%) e apenas o município de São José R. Preto/SP possui todos os requisitos pesquisados, essa amostragem espelha a baixa adesão dos municípios.

Em março/2012, o Ministério do Meio Ambiente - MMA divulgou o Manual de orientação para desenvolvimento do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos, que apresenta passos metodológicos que buscam o cumprimento das metas estabelecidas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. De acordo com Manual, todos os estados e municípios que não tivessem seus planos após agosto de 2012, não poderiam mais firmar convênios e contratos com a União para o repasse de recursos federais, em ações relacionadas com esse tema e até 2014, os lixões deverão estar encerrados e os aterros sanitários só poderão receber os rejeitos (resíduos sem capacidade de aproveitamento). Além disso, torna-se obrigatória a implantação de coleta seletiva, a logística reversa e a compostagem dos resíduos úmidos. As metas estabelecidas pelo PNRS representam um desafio para os municípios, que precisam se adequar mesmo em condições adversas. (MMA, 2012)

De acordo com o IBGE (2008), na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, dos 5.564 municípios, 5.553 possuem serviço de coleta, totalizando 183.488 t/dia. Apenas 4.031 municípios brasileiros possuem serviço de manejo dos RCD, a Figura 1 ilustra a localização geográfica e locais onde são realizadas a destinação final de RCD, no Brasil.

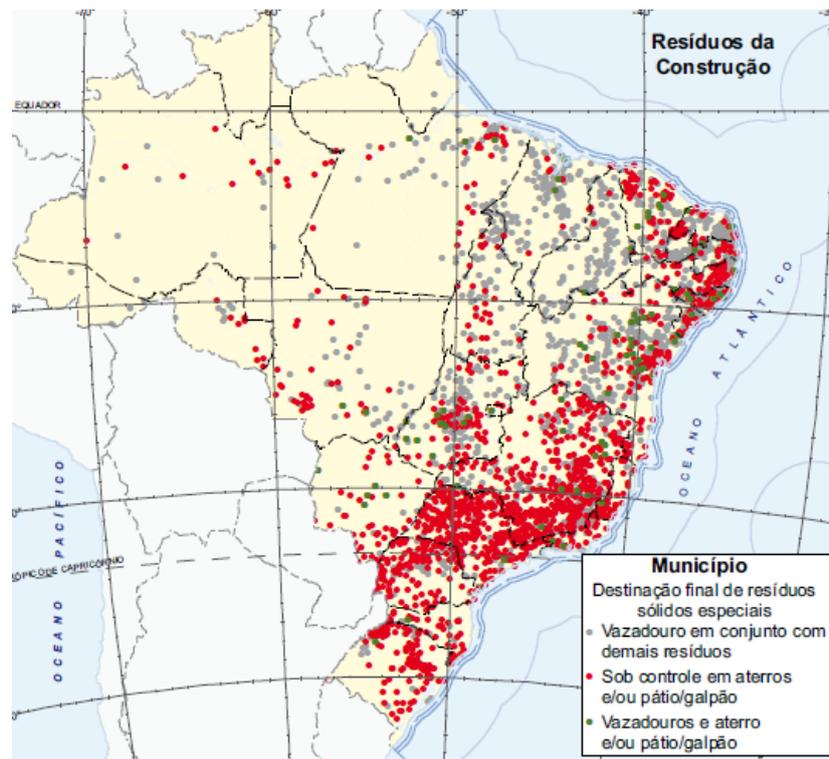


Figura 1. Localização geográfica e tipos de locais onde é realizada a destinação final de RCD no Brasil.  
Fonte: IBGE, Atlas Saneamento 2011

A reciclagem no Brasil é uma atividade relativamente recente, iniciada há aproximadamente três décadas, com baixo investimento, o que justifica a disparidade ao comparar os índices de reciclagem de países desenvolvidos com a realidade nacional. A grande maioria dos países desenvolvidos possui políticas públicas vigentes que induzem a reciclagem dos resíduos. De acordo com Desai (1998 apud John 2000, p. 31), a Inglaterra possui um plano estratégico para incentivar a reutilização do resíduo, reduzir a quantidade de resíduos gerados e a poluição, além de cobrar taxas sobre os materiais que são enviados para aterros.

Nos Países Baixos, a média de reciclagem, em 2000, foi de 90%. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005). Países como EUA, China e integrantes da União Europeia reciclam respectivamente 34%, 30% e 45% dos resíduos gerados, contra 1,4% no Brasil.

O país investe pouco nesse setor, aproximadamente US\$ 5 bilhões anuais, enquanto países desenvolvidos empregam anualmente cerca de US\$120 bilhões no tratamento de resíduos sólidos urbanos - RSU e aproximadamente US\$ 150 bilhões são

revertidos para os resíduos industriais, totalizando um investimento médio anual de US\$ 270 bilhões (ATMAN, 2011).

Segundo a Atman (2011), as empresas de coleta e tratamento de RSU faturam anualmente uma média de US\$ 57 bilhões nos EUA, 48 bilhões de dólares na União Europeia, 41 bilhões de dólares no Japão e 10 bilhões de dólares no Brasil. Analisando os números apresentados é possível verificar o vasto potencial existente na reciclagem. Alguns materiais recicláveis, tais como papel e papelão, estão sendo vendidos e até exportados indústrias de outros países, como por exemplo, a China.

O Reino Unido já utiliza o *SMARTWasteTM*, um sistema capaz de estimar a quantidade de resíduos que serão gerados em uma construção. Com a inserção dos projetos arquitetônicos no sistema, os *out puts* são volume por unidade de área de resíduos gerados. (MALAIA; BRITO; BRAVO, 2011).

A problemática do elevado índice de RCD não é uma exclusividade brasileira, Pinto (1999) estudou a proporção de RCD na massa total de RSU de países desenvolvidos e verificou que estes são significativos, conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3. Participação dos RCD nos RSU em países desenvolvidos

País	Participação dos RCD na Massa Total de RSU
Alemanha	> 60%
Bélgica	> 66%
EUA	39%
Suiça	Aproximadamente 45%

Fonte: Elaborada pelo autor e baseada em PINTO (1999).

Em seu estudo sobre agregados reciclados, Angulo (2000), pesquisou na literatura existente, dados sobre a geração de RCD e sua composição em diversos países desenvolvidos. Os resultados são apresentados na Tabela 4, onde foi incluído o Brasil, para efeito de comparação. A obtenção de dados completos, confiáveis e atualizados ainda é insuficiente. Dessa forma, as informações da Tabela a seguir, podem não representar a realidade atual desses países.

Tabela 4. Geração e composição do RCD em países desenvolvidos

País	RCD (t/ano)	% de Resíduos de construção no RCD	% de Resíduos de demolição no RCD
Alemanha	32,6 milhões	31	69
EUA	31,5 milhões	33	66
Brasil	70,0 milhões	30 - 50	50 - 70
Japão	99,0 milhões	52	48
Europa Ocidental	215,0 milhões	19	81

Fonte: Elaborada pelo autor e baseada em ANGULO, (2000)

Diante deste panorama de geração de RCD, o gerenciamento destes na etapa de produção torna-se uma alternativa bastante viável, evitando despesas com transporte e economia de matéria prima. (PINTO, 2000 apud LEITE 2001, p. 18).

De acordo com Atman (2011), a cidade exemplo de reciclagem está localizada na Suécia e chama-se Borås, composta por 1.500 indústrias e povoada por 105.000 habitantes, 99% dos resíduos são reciclados (42% são incinerados e transformam-se em energia; 30% são transformados em bicomcombustível e 27% são reciclados).

O IBGE divulgou o Atlas de Saneamento 2011 e ao comparar as Pesquisas de Saneamento Básico de 2000 e 2008, é possível verificar crescimento dos serviços de coleta seletiva nos municípios brasileiros, passando de 8,2% em 2000 para 17,9% em 2008. No entanto, este aumento ainda é considerado pequeno, além de se perceber a existência de disparidades entre as regiões analisadas.

Diante das desigualdades discutidas, percebe-se claramente que existe a possibilidade de utilizar os materiais reciclados, no entanto, faz-se necessária uma quebra de paradigma para que os resíduos sejam vistos como fonte de renda para o país, além de promover um avanço social para cidadãos à margem da sociedade. Ao reutilizar um material, de forma racional, há uma redução no consumo de matéria prima, o que representa menos gastos na produção e degradação ambiental.

Existem poucas fontes atualizadas abordando indicadores de RCD, tal fato se deve ao alto custo para realização de pesquisas, aliado ao baixo interesse de investimento e pouco incentivo governamental.

Conforme descrito anteriormente, a indústria da construção civil é uma das grandes vilãs na extração de recursos naturais do planeta. A escassez de alguns recursos

fomenta a preocupação em relação à quantidade de material extraído da natureza e seu desperdício. A Tabela 5 apresenta países com quantitativos elevados de consumo de agregados naturais: o Brasil está entre os principais mercados.

Tabela 5. Consumo de agregados naturais em diversas regiões

<b>Autor</b>	<b>Data</b>	<b>Região</b>	<b>Consumo de agregados naturais pela const. civil</b>
DETR	1998 (apud John 2000)	Reino Unido	250 a 300 milhões t/ano
MATOS E WAGNER	1999 (apud John 2000)	EUA	2 bilhões t/ano
JOHN	2000	Brasil	210 milhões t/ano

Fonte: Elaborada pelo autor

A relação entre extração de recursos naturais e o consumo inconsciente de agregados é bastante perigosa para meio ambiente. A Tabela 6 apresenta um levantamento da porcentagem global de recursos naturais extraídos para atender a demanda da construção civil.

Tabela 6. Porcentagem global de recursos naturais que são extraídos para atender a demanda da construção civil

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Recursos naturais consumidos pela construção</b>
SJOSTROM	1996 (apud John 2000)	14% a 50%
JOHN	2000	15% a 50%
JOHN E AGOPYAN	2003 (apud Albuquerque, et al, 2011)	15% a 50%
FURTADO	2005 (apud Silva, Barros, Jesus, 2011)	30%
MINISTÉRIO DAS CIDADES	2005	14% a 50%
CARVALHO	2007 (apud Freire, Costa, 2011)	15 e 50%

Fonte: Elaborada pelo autor

A faixa percentual apresentada na Tabela 6 é bastante elástica, variando, em média, entre 15 e 50%, ou seja, os levantamentos apontam uma margem de variação de até 35%. O principal motivo para esta variabilidade está ligado as características das cidades. O Brasil é um país de dimensões continentais, formado por cidades com diferentes densidade populacional, nível de renda, desenvolvimento econômico, entre

outros fatores que influenciam na construção civil e conseqüentemente no consumo de recursos naturais dessa indústria.

A proporção de RCD gerado em relação à massa dos resíduos sólidos urbanos é um dado muito abrangente, que depende de diversas variáveis e características das cidades em questão, tais como quantidade de habitantes, aquecimento do mercado imobiliário, economia, entre outros. Conforme apresentado na Tabela 3, este índice é representativo, inclusive nos países desenvolvidos. A tabela 7 apresenta a proporção de RCD em relação ao RSU, segundo alguns autores. No entanto, não foram descritos os critérios de avaliação e locais de realização dos estudos, proporcionando percentuais bastante flexíveis para esta composição. Esta flexibilidade pode ser justificada ao analisar as características das regiões estudadas, pois fatores como: o porte da cidade, quantidade de habitantes, localização geográfica, aquecimento do mercado imobiliário, entre outros, podem influenciar diretamente na proporção de RCD gerado.

Tabela 7. Proporção de RCD nos RSU no Brasil

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Proporção de RCD nos RSU</b>
PINTO	1999	41% a 70%
ÂNGULO	2000	50%
CASSA et al	2001 (apud Pimentel; et al, 2011)	70%
JOHN	2003 (apud Werle; et al, 2011)	40% a 60%
MINISTÉRIO DAS CIDADES	2005	51% a 70%
I&T	2006	54% a 70%

Fonte: Elaborada pelo autor

O controle e fiscalização das obras possui papel fundamental na gestão dos RSU, pois segundo o SindusCon-SP (2005), 75% dos RCD são provenientes de eventos informais.

A Prefeitura de Belo Horizonte/MG implementou 3 usinas de reciclagem de entulhos e de acordo com balanço divulgado, em 2011, foram reciclados cerca de 112 mil toneladas de RCD. Os agregados reciclados são utilizados em obras de pavimentação, produção de blocos e artefatos de concreto, representando uma economia considerável aos cofres públicos. (JORNAL DA GLOBO, 2012)

Outro aspecto nocivo ao meio ambiente global diz respeito à emissão de GEE, que é uma preocupação mundial, pois eles potencializam o fenômeno natural do efeito estufa, causando um aumento da temperatura e uma série de agravantes. De acordo com Furtado (2005 apud SILVA, L. N; BARROS, H. do C; JESUS, J.M. H, 2011) e dados do Instituto Ecológico Aqualung - IEA (2008 apud SILVA, R. B; et al, 2011), citados no ENARC (2011) a indústria da construção civil é responsável por respectivamente 40% e 50% das emissões de GEE. De acordo com Sjöström (2000 apud LEITE 2001, p. 16) a indústria da construção é responsável por 30% das emissões na União Europeia.

### **2.3 Reciclagem**

A reciclagem e a reutilização de materiais são técnicas que reduzem a quantidade de resíduos direcionados aos aterros sanitários, pois os materiais que são reciclados ou reutilizados podem ser reinseridos em processos que possibilitam o fechamento de um ciclo. (ADEODATO, 2011)

O conceito de utilizar novamente materiais que seriam descartados pode auxiliar na redução do consumo, pois objetos que seriam jogados fora podem ser reutilizados com uma proposta diferente da inicial (CINTRA, 2013).

A Resolução a Resolução nº 307 do CONAMA (2002, p. 2) define reciclagem como “o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação” e reutilização como “o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo”.

Segundo Powelson (1992, apud CALDERONI, 2003), reciclagem é “a conversão em outros materiais úteis que, do contrário, seriam encaminhados à disposição final.” O termo caracteriza um processo, através do qual, materiais que, não possuem mais serventia, são introduzidos novamente ao processo produtivo e transformados em novos produtos, que podem ter características distintas do original. (DUSTON, 1993 apud CALDERONI, 2003).

Para Cintra (2013), as técnicas de reciclagem originam matérias-primas para fabricação de outros bens, o que é mais econômico e sustentável do que começar o ciclo do zero, com recursos extraídos primariamente da natureza. Há de se concordar com o autor que a reciclagem representa economia de energia e recursos naturais, redução da

poluição do solo, da água e do ar, aumento da vida útil de aterros, além de trazer para o ciclo produtivo materiais que seriam descartados.

O reaproveitamento dos materiais através das técnicas de reciclagem prolonga o ciclo de vida destes, influenciando nos projetos de novos produtos, que precisam considerar o ciclo completo, desde matérias primas e energia necessária para fabricação, até a geração de resíduos e fim de vida do produto (MEDINA, 2006). Relacionando os estudos da autora a realidade de geração de RCD, a reciclagem destes resíduos pode ser uma solução para fechar o ciclo de produção existente na construção civil, por mais que a geração de resíduos de uma obra possa ser gerenciada e reduzida, sua existência é algo inevitável.

A análise convencional do processo de consumo de materiais é direcionada para o levantamento do ponto de aquisição até o consumo final. Ao pensar no ciclo de produção, como um todo, se remete a ideia da logística reversa, que preconiza o ciclo do ponto de consumo até o ponto de origem, conforme a cadeia de fluxo fechado apresentada na Figura 2.

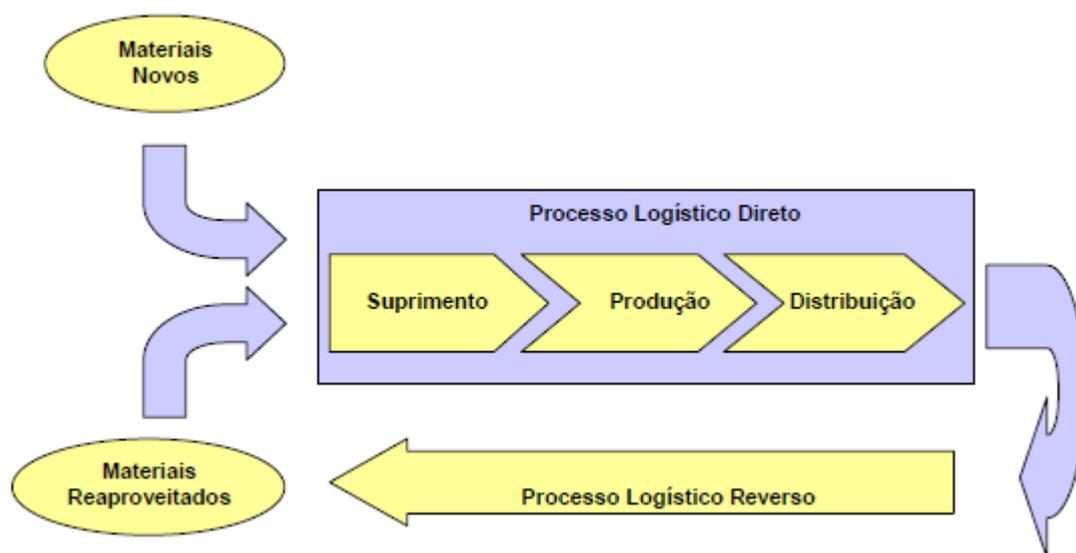


Figura 2 - Processos logísticos, direto e reverso. Fonte: Lacerda (2002)

Os números envolvendo a reciclagem no Brasil são crescentes, mas ainda discretos, se comparados aos países desenvolvidos, principalmente em relação a reciclagem de RCD, que acontece geralmente nas indústrias de cimento e aço, pioneiras no país (ATMAN, 2011).

Geralmente as grandes empresas demonstram interesse pela adoção de técnicas de reciclagem, preocupadas com a preservação ambiental e os demais pilares da sustentabilidade. Em 1992 foi estabelecido o Compromisso Empresarial para Reciclagem - Cempre, composto por 39 empresas privadas, de diversos setores, que trabalham para conscientizar a sociedade sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem, disponibilizando publicações, pesquisas técnicas, seminários e bancos de dados”. O Cempre exerce o papel de catalisador de processos, atuando na busca e tratamento de informações que possam contribuir para alavancar os índices de reciclagem no país, participando de um canal de comunicação entre setores governamental, empresarial, ONG's, academia e outros representantes da sociedade organizada, para troca de informações, baseadas em fatos, conceitos e índices. (CEMPRE, 2013).

De acordo com o IPEA (2012), o crescimento da produção de resíduos no Brasil é maior que a quantidade populacional. Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos (2011, p. 30) da ABRELPE, a “geração de RSU no Brasil registrou crescimento de 1,8%, de 2010 para 2011, índice percentual que é superior à taxa de crescimento populacional urbano do país, que foi de 0,9% no mesmo período”.

“Em 2011, dos 5.565 municípios, 3.263 (58,6%) indicaram a existência de iniciativas de coleta seletiva.” (PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS - ABRELPE, 2011, p. 37). A região Centro-Oeste é a que possui a menor porcentagem de municípios com princípios de coleta seletiva, apenas 28,1%. São Paulo foi um dos estados brasileiros pioneiros na questão da coleta seletiva, introduzindo o Programa em 1989, cancelando em 1993, retomando apenas em 1997 (CALDERONI, 2003).

A modernização industrial somada a grande concentração populacional em zonas urbanas e ao aumento da oferta de bens e serviços induzem ao consumismo. O aumento no consumo de bens e serviços representa um aumento no volume de RSU, que representa um desafio para as cidades no que diz respeito a sua gestão, incorporando altos custos aos cofres públicos.

A composição do RSU brasileiro, coletado em 2011, é apresentada através da Tabela 8, onde é possível verificar a existência de grande quantidade de materiais com características recicláveis, sendo aproximadamente um terço representado por metais, papel e plástico, que totalizam 31,9% do RSU coletado. Os dados apresentados na

Tabela 8 ilustram a necessidade de investimentos, divulgação e incentivos voltados para técnicas de reciclagem.

Tabela 8. A composição do RSU brasileiro coletado em 2011

<b>Material</b>	<b>Quantidade (t/ano)</b>	<b>Participação (%)</b>
Metais	1.610.499	2,9%
Papel, papelão e TetraPak	7.275.012	13,1%
Plástico	7.497.149	13,5%
Vidro	1.332.827	2,4%
Matéria Orgânica	28.544.702	51,4%
Outros	9.274.251	16,7%
<b>TOTAL</b>	<b>55.534.440</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE (2011)

Pesquisas realizadas por Calderoni (2003) indicam que a reciclagem dos materiais apresentados na Tabela 8 pode representar grande economia de energia. Em 1996, o Brasil poderia ter poupado cerca de R\$ 999 milhões, em energia, através da reciclagem. A mesma análise foi feita para economia de matérias primas e os resultados demonstram que o país poderia ter economizado aproximadamente R\$ 3,4 bilhões em matérias primas para produção de alumínio, vidro, papel, plástico e aço no ano de 1996.

Segundo John (2000 apud ÂNGULO, ZORDAN, JOHN, 2001), a inserção de técnicas de reciclagem na construção civil pode reduzir inclusive o consumo de energia. A indústria do cimento utiliza a escória de alto forno, um resíduo industrial com alto poder calorífico para a obtenção de sua matéria prima. Outra grande vantagem da reciclagem é a redução da poluição, voltando ao caso da indústria do cimentícea, ao incorporar escória de alto forno na composição do cimento, a quantidade de CO<sub>2</sub> lançada na atmosfera é inferior se comparada ao produto produzido sem a adição do resíduo.

De acordo com Pinto (1999 apud EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010), a reciclagem de resíduos provenientes da construção civil começou a ser estudada no Brasil na década de 80, através da utilização de equipamentos de pequeno porte, que possibilitavam a moagem do material, porém em escala reduzida.

A reciclagem de RCD torna-se complexa devido a grande diversidade de materiais constituintes e o principal agravante é a presença de gesso, material cuja

reciclagem não é economicamente viável, e de materiais pulverulentos. Por outro lado, a incorporação de valor econômico, os grandes volumes que estes materiais ocupam nos locais de disposição, a demanda por habitação de baixo custo e o esgotamento de aterros são incentivadores da reciclagem (COELHO, 2002 apud BOURSCHEID, 2010).

O processo de demolição seletiva, denominado desconstrução, é uma das alternativas para controlar os tipos de materiais que compõem os resíduos de demolição, contribuindo para a melhoria de qualidade do RCD reciclado no município de Campo Grande.

#### **2.4 Resíduos de construção e demolição - RCD**

A NBR 10004 (2004, p. 1) descreve resíduos sólidos como sendo os “resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Os resíduos de construção e demolição são um dos variados tipos resíduos sólidos existentes. A norma classifica os tipos de resíduos de acordo com os riscos que podem representar ao meio ambiente e à saúde pública, através da identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e característica, através da análise criteriosa das matérias-primas, insumos e processo produtivo.

O RCD é constituído por uma vasta gama de materiais, que possuem composições e propriedades distintas, caracterizando-se como um material heterogêneo, esta característica representa um dos grandes desafios para sua utilização na produção de blocos. O conhecimento das características físicas e mecânicas destes materiais é essencial para obtenção de um resultado positivo. Os principais componentes do RCD são solos, materiais metálicos, madeira, metais e produtos de origem cerâmica e cimentícia (CONAMA, 2002).

Segundo Zordan (2000 apud LEITE 2001, p. 21) o RCD é, possivelmente, o tipo de resíduo mais heterogêneo e sua composição química está relacionada com a composição dos materiais que o constituem.

A Resolução nº 307 do CONAMA (2002, p. 2) classifica os resíduos de construção em A, B, C e D, conforme Tabela 9.

Tabela 9. Classificação dos resíduos de construção conforme a Resolução nº 307 do CONAMA (2002)

Classe	Características
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação, de obras de infraestrutura e de edificações de peças pré-moldadas em concreto.
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Analisando a Tabela 9, os resíduos que de maneira geral podem ser reutilizados como agregados reciclados estão inseridos classe A, os resíduos que podem ser recicláveis para outras destinações, tais como plástico, papel, metal, entre outros, se encaixam na classe B, os resíduos para os quais não foram desenvolvidas técnicas economicamente viáveis para sua reciclagem estão na classe C e a classe D contempla os resíduos perigosos, capazes de contaminar a natureza.

De acordo com NBR 15116 (2004), agregados reciclados são originários do beneficiamento de RCD, designados como classe A e possui características técnicas para aplicação em obras de edificação.

A NBR 10006 (2004) descreve os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados na ABNT NBR 10004 (2004) como classe II A - não inertes – e classe II B – inertes.

É possível caracterizar o RCD como inerte. Dessa forma, por muito tempo, este tipo de resíduo não representou uma preocupação em relação ao meio ambiente, tornando-se comum a sua disposição, inadequada, em lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários. O encaminhamento do RCD aos aterros sanitários ocupa grande volume, reduzindo a vida útil do mesmo, além do fato de não explorar o potencial de reaproveitamento destes materiais.

Os materiais inertes compõem a maior parte dos RCD, variando entre 40% e 85% do volume total de resíduos, quando não são contabilizados os solos de escavação. (EUROSTAT..., 2010 apud MALAIA; BRITO; BRAVO, 2011).

O RCD possui alto potencial de recuperação, mas apenas uma pequena parte é realmente recuperada. (BERGSDAL; BOHNE; BRATTEBO, 2007; ORTIZ; PASQUALINO; CASTELLS, 2010 apud MALAIA; BRITO; BRAVO, 2011). A reciclagem do RCD no Brasil é afetada pelos aspectos sociais, no que diz respeito ao grande número de pessoas que dependem dos materiais depositados no lixo para sobreviver, aspectos econômicos e político-legais, que impactam nos avanços deste setor, que ainda são considerados aquém do potencial existente (ATMAN, 2011).

Segundo os autores Malaia, Brito, Bravo, (2011), a União Europeia possui diversas diretrizes abordando a política de gestão de resíduos. Em 2008, foi publicada uma versão priorizando a redução de resíduos, a reutilização e reciclagem destes, focando na valorização energética dos resíduos.

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos (2011) da ABRELPE, “os municípios coletaram mais de 33 milhões de toneladas de RCD em 2011, um aumento de 7,2% em relação a 2010”. O índice brasileiro de RCD coletado está na ordem de 0,656 Kg/habitante.dia, a região Centro-Oeste possui o índice *per capita* de 0,966 Kg/habitante.dia, que é compatível com estudos de Ribeiro (2008). É importante ressaltar que os responsáveis pela disposição final deste tipo de resíduo são os próprios geradores. Dessa forma, é possível que os números sejam ainda maiores. A comparação entre os dados de RCD entre 2011 e 2010 resulta na constatação de um aumento de mais de 7% na coleta dos mesmos.

A substituição de agregados naturais por agregados reciclados na fabricação de blocos de concreto, com a função de vedação, tem sido utilizada nas obras de algumas prefeituras brasileiras e os resultados estão se mostrando adequados e promissores (MIRANDA, 2000 apud BOURSCHEID, 2010).

Brito Filho (1999 apud LEITE, 2001), observou que é possível obter uma economia de 67%, em média, quando comparados os preços de agregado reciclado e agregado natural, através de estudos realizados em uma usina de reciclagem, localizada na cidade de São Paulo, onde o custo dos agregados reciclados estava entre R\$ 5,20 e R\$ 7,80 por metro cúbico e o custo por metro cúbico de agregado natural comercializado na região era da ordem de R\$ 20,00.

A presença de substâncias contaminantes nos resíduos é uma das preocupações na utilização do RCD, pois estas podem reagir quimicamente e afetar o desempenho do material que está sendo fabricado a partir destes resíduos (LEITE, 2001).

Segundo Lima (1999), pode-se considerar contaminantes os materiais minerais não inertes, ou quaisquer outros que prejudicam a qualidade dos novos materiais, produzidos com agregados que os contenham, podem ser considerados como impurezas ou contaminantes. Os resíduos de gesso, betume, tintas, solventes, metais, entre outros, podem-se considerar substâncias contaminantes. O gesso possui sulfatos em sua composição, que possui características expansivas, que podem provocar fissuração (LIMA, 1999).

Uma das premissas para utilização do RCD é conhecer as características físicas (densidade, volume, dimensão, entre outros) e mecânicas do material em questão. Outro fator a ser observado diz respeito à transferência de tecnologia, ou seja, os procedimentos devem ser simples e facilmente reproduzidos (WERLE, 2011).

Os autores Hansen (1992) e Levy (1997), citados por Leite (2001, p.25), avaliaram as consequências da utilização de RCD contendo matéria orgânica ou solos argilosos para produção de concretos e constataram redução das resistências mecânicas, ou instabilidade quando expostos a ciclos de gelo/degelo, ou umedecimento/secagem.

De acordo com Lima (1999), os agregados reciclados compostos em grande parte por materiais cerâmicos podem ocasionar um incremento na resistência de concretos e argamassas, devido as suas características pozolânicas, ou seja, ao se combinar com hidróxido de cálcio e certos componentes do cimento as propriedades aglomerantes são atenuadas. A proporção adequada entre agregados miúdos e graúdos também é fundamental para qualidade do material.

Uma das propriedades a ser observada no material constituído de agregado reciclado é a questão da absorção de água e retração por secagem, requisitos que devem ser atendidos conforme determinado pela NBR 6136 (2007), onde a retração máxima é 0,065% e a absorção pode variar entre 10% e 16%, de acordo com o tipo de agregado utilizado.

As resoluções sobre gestão de resíduos e as normas que envolvem a utilização de agregados reciclados não tratam de aspectos mais técnicos como os descritos acima; dessa forma, ainda existem diversas características a serem investigadas.

Os agregados reciclados possuem características diferenciadas, se comparados aos agregados naturais. Estas diferenças são apresentadas na Tabela 10, baseado nas pesquisas de Angulo (2000).

Tabela 10. Características do agregado natural e reciclado de RCD

<b>Características</b>	<b>Agregados Naturais</b>	<b>Agregados reciclados de RCD</b>
Qualidade	Depende de propriedades físicas e químicas do depósito.	Varia muito e depende da fonte e impurezas
Fonte	Única e centralizada.	Variada e dispersa na malha urbana.
Área	Situado em áreas fora da cidade.	Situado em áreas urbanas.
Localização	Depende mais da fonte.	Depende da fonte e mercado.

Fonte: Angulo (2000)

Segundo Angulo (2000), a principal diferença entre os agregados naturais e os reciclados está na taxa de absorção de água. Agregados naturais geralmente são pouco porosos; dessa forma, a água que é adicionada na mistura para produção de um bloco de concreto, por exemplo, é utilizada apenas para hidratação e trabalhabilidade.

No caso dos agregados reciclados, sua estrutura apresenta maior porosidade e conseqüentemente maior absorção da água de mistura, esta característica faz com que o fator água/cimento para misturas que utilizem agregados reciclados seja mais elevado se comparado às misturas convencionais (BOURSCHEID, 2010).

Segundo Bourscheid (2010), outra questão que deve ser observada é a presença de materiais pulverulentos (partículas minerais com dimensões inferiores a 0,015 mm) na composição dos agregados reciclados, à, sendo assim, é ideal que estes fragmentos sejam retirados para produção de blocos de concreto. Uma das formas de remoção do material pulverulento é através da lavagem dos agregados, otimizando o desempenho do cimento.

De acordo com o IBGE (2008), o estado de Mato Grosso do Sul possui 78 municípios, destes apenas 60 possuem serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição, com diferentes formas de disposição no solo, apresentadas na tabela 11, de

acordo com os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, divulgados pelo IBGE.

Tabela 11. Relação entre quantidade de municípios no MS que realizam serviço de manejo RCD e as formas de disposição no solo

<b>Formas de disposição no solo</b>	<b>Quantidade de Municípios</b>
Disposição em vazadouro, em conjunto com os demais resíduos	11
Disposição/ utilização sob controle em aterro convencional, em conjunto com os demais resíduos	3
Disposição sob controle, em pátio ou galpão de estocagem da prefeitura, específico para resíduos especiais.	5
Disposição transitória sob controle, em aterro da prefeitura específico para resíduos especiais	25
Disposição transitória sob controle, em aterro de terceiros específico para resíduos especiais.	1
Utilização definitiva e sob controle dos resíduos como material de aterro, pela prefeitura, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D.	14
Utilização definitiva e sob controle dos resíduos como material de aterro, por terceiros, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D.	0
Outra	1

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, IBGE (2008), tabela 100.

Considerando as pesquisas realizadas nesta revisão bibliográfica e de acordo com a quantidade de RCD coletada na região Centro Oeste, 0,966 Kg/habitante.dia, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos (2011) da ABRELPE, é possível observar o grande volume de RCD gerado, no entanto, não foram identificados estudos voltados para análise da demanda para instalação de usinas de reciclagem de RCD, que poderiam atuar na fabricação de matéria prima para produção de novos materiais.

## 2.5 O papel da empresa diante dos desafios da sustentabilidade

Algumas empresas estão se mobilizando em prol da sustentabilidade, o Cempre é um grande exemplo da associação de empresas com foco em promover o conceito de

gerenciamento integrado de resíduos sólidos, disseminar conceitos de reciclagem pós-consumo e difundir a educação ambiental, voltada para redução, reutilização e reciclagem (CEMPRE, 2013).

Em 2005, a Bolsa de Valores do estado de São Paulo criou o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), “o quarto índice de ações no mundo criado com o objetivo de mostrar o desempenho de mercado de uma carteira formada por empresas que adotam princípios de gestão sustentável” (MARCONDES, BACARJI, 2010, p. 18)

Diante dos desafios da sustentabilidade surgem empresas comprometidas com o tema, assim como empresas interessadas em aproveitar o momento e a sensibilidade da questão para se promover, vinculando a “idéia de sustentabilidade ambiental à publicidade de produtos e serviços que, em verdade, nada possuem de sustentáveis” (LOVATO, 2012, p.162).

A sustentabilidade apoia-se em diferentes dimensões, segundo Sachs (1993), as dimensões podem ser divididas em social, ambiental, ecológica, política e econômica. O conceito de desenvolvimento sustentável aparece centralizado entre os pilares principais da sustentabilidade, desenvolvidos por Elkington (1999): dimensão ambiental, econômica e social, conhecidos como *Triple Bottom Line*. Analisando estes pilares é possível traçar relações para o desenvolvimento sustentável, como apresenta a Figura 3. A dimensão econômica é essencial para o desenvolvimento, a dimensão social envolve o respeito aos seres humanos, tais como acesso à informação, alimentação, saúde, educação, habitação, trabalho, renda, entre outros, para que eles possam respeitar a natureza e garantir o desempenho da dimensão ambiental.

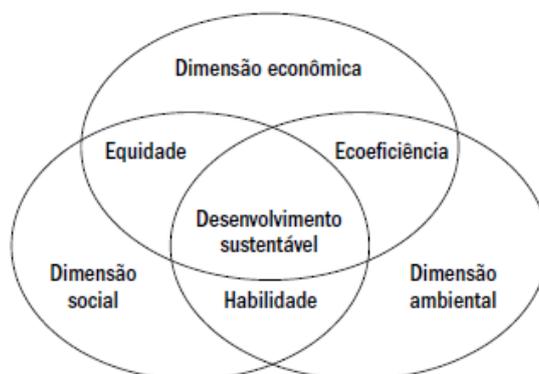


Figura 3. Dimensões da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Fonte: Barbieri et al (2010).

As dimensões da sustentabilidade também podem ser adaptadas para o ambiente empresarial, onde o lucro é claramente preconizado. A Figura 4 apresenta a relação traçada para a sustentabilidade empresarial, ou seja, são as ações que as empresas preconizam, considerando os pilares da sustentabilidade, priorizando lucro, competitividade, criação de valor aos acionistas e relação com *stakeholders*. No que diz respeito às pessoas, existe a preocupação com a dignidade, respeito aos direitos humanos, envolvimento com a comunidade, transparência, ética, entre outros valores. No quesito meio ambiente é preconizada a busca por recursos renováveis, assim como ações voltadas para a gestão de resíduos e de riscos. De acordo com Savitz e Weber (2007 apud MUNCK, DIAS, SOUZA, 2011, p. 3) “a empresa é sustentável quando gera lucro para os acionistas, protege o meio ambiente e melhora a vida das pessoas com quem mantém interações”.

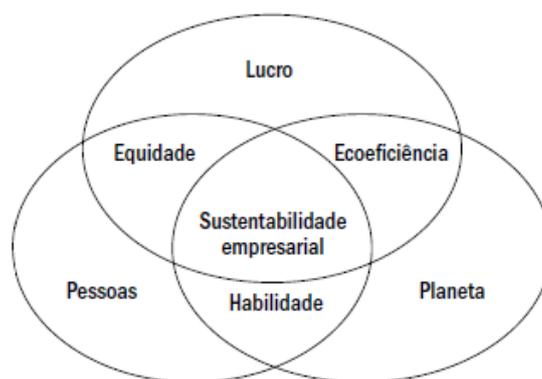


Figura 4. Sustentabilidade empresarial. Fonte: Barbieri et al (2010).

As Figuras 3 e 4 apresentam os termos equidade, na interseção da dimensão social com a econômica, ecoeficiência, na interseção da dimensão ambiental com a econômica, e habilidade, na interseção da dimensão social com a ambiental. A equidade busca os direitos iguais, a habilidade foca no cumprimento das legislações ambientais e atendimento das necessidades sociais e a ecoeficiência procura desenvolver bens e serviços que atendam a sociedade (BARBIERI ET AL, 2010).

As questões éticas são amplas e envolvem o comportamento humano e os problemas morais, podendo influenciar no desempenho da empresa (GODINHO, CAMBAÚVA, MAK, 2006).

A geração de RCD nos canteiros de obras pode estar relacionada às deficiências no processo, pois as construções, no Brasil, são iniciadas sem planejamento, com projetos e procedimentos executivos deficientes, colaborando para o alto índice de desperdício. Segundo Ciocchi (2003 apud BOURSCHEID, 2010), aproximadamente 10% do total de materiais que são entregues na obra transformam-se em resíduos da construção, onde uma fração de aproximadamente 90% destes materiais possui características que possibilitam a reciclagem ou reutilização.

Segundo Agopyan et. al (1998), a quantificação do desperdício de materiais deve considerar quanto se ganha minimizando as perdas e quanto isto custa, tornando complexa a determinação de um índice de desperdício para diferentes materiais e serviços, pois para cada material e serviço existe uma faixa de índice de perda associado.

O RCD pode ser reaproveitado sob a forma de agregado reciclado, através de beneficiamento do mesmo; ou seja, aplicação de processos que permitam que este seja utilizado como matéria prima na fabricação de novos produtos. Sua composição granulométrica pode ser corrigida através da adição de agregados naturais (NBR 15116, 2004). Uma das sequências utilizadas é a seleção, pré-moagem, umidificação, moagem, peneiramento, lavagem, estocagem, dosagem, mistura e produção, podendo ser utilizado na produção de concretos, argamassas, blocos para alvenaria, entre outros (BOURSCHEID, 2010). Algumas características do agregado reciclado (classificação e composição; teor de impurezas; granulometria; forma e resistência) podem ser afetadas pelos procedimentos e equipamentos utilizados no beneficiamento, o que requer atenção nesta etapa. (LIMA, 1999).

Incorporar estratégias ambientais competitivas e conceitos de sustentabilidade ao processo produtivo é um desafio a ser vencido pelas empresas que pretendem se estabelecer em um mercado cada vez mais rigoroso e seletivo.

Os produtos intitulados sustentáveis estão ganhando o mercado, mas muitas vezes surge, a dúvida quanto à veracidade das características descritas nos rótulos e os métodos produtivos adotados. Por outro lado, as empresas interessadas em investir em tecnologias limpas, que agridam menos o meio ambiente, precisam avaliar as vantagens competitivas, ou seja, identificar os custos e o lucro associados.

Segundo Orsato (2006), as vantagens competitivas podem ser avaliadas sob a lente do processo organizacional e das características dos produtos e serviços

desenvolvidos pela empresa, que na maioria das vezes ganha investindo na dimensão ambiental, mesmo que seja de maneira marginal. A análise das vantagens competitivas da sustentabilidade pode ser complexa, pois os atributos ambientais e sociais geralmente são intangíveis, exceto a dimensão econômica que se apresenta de maneira mais objetiva.

Para Orsato (2006) as Estratégias Ambientais Competitivas, Genéricas, subdividem-se em 4: (I) eco eficiência; (II) investimento para liderança; (III) eco marca; e (IV) liderança ambiental com base no custo, conforme ilustra a Figura 5.

		(I) Eco eficiência	(IV) Liderança ambiental com base no custo
<b>CUSTO</b>	<i>Vantagem Competitiva</i>		
		(II) Investimento para liderança	(III) Liderança ambiental com base na Eco marca
<b>DIFERENCIAÇÃO</b>			
		<b>PROCESSOS</b>	<b>PRODUTOS E SERVIÇOS</b>
		<i>Foco competitivo</i>	

Figura 5. Quadro de estratégias Competitivas Genéricas.  
Fonte: Adaptado de Orsato (2006)

A Figura 5 relaciona foco e vantagem competitiva, baseando-se em técnicas de diferenciação e custo, direcionadas para processos e produtos. A estratégia I, eco eficiência, tem como característica o investimento em tecnologias para aumento de produtividade dos processos organizacionais; a estratégia II, investimento para liderança, busca além da eficiência dos seus processos organizacionais o reconhecimento do público; a estratégia III, Liderança ambiental com base na eco marca, preconiza o desenvolvimento de atributos ecológicos e cobrança pelos custos da diferenciação e; a estratégia IV, liderança ambiental com base no custo, enfatiza

redução de custos e impactos ambientais através inovações a fim de ter competitividade e bom desempenho ambiental (Orsato, 2006).

Além das questões econômicas, que são a base do capitalismo, as empresas também precisam se preocupar com questões ambientais e sociais, que estão sendo cada vez mais questionadas, discutidas e cobradas pela sociedade. “Preocupações mais amplas com pessoas e meio ambiente passaram a representar variáveis relevantes no processo operacional”, como bem lembram Kleindorfer, Singhal, Van Wassenhove (2005 apud BRITO e BERARDI, 2009, p.158).

As principais fontes de vantagem competitiva se dividem entre duas vertentes: a de Porter (1980) que propõe que a implementação de práticas ambientais pode gerar vantagens competitivas, através da comercialização de produtos de baixo custo ou diferenciados em relação aos existentes no mercado e a Visão Baseada em Recursos propõe que a vantagem competitiva da empresa está na capacidade de adquirir e gerir seus recursos (ORSATO, 2006).

Hart (1995 apud Brito e Berardi, 2009) desenvolveu a Visão Baseada Em Recursos Naturais, que afirma que os desafios de escassez de recursos naturais serão limitadores da atividade econômica.

Campos (2011) alerta que o ambiente empresarial está cada dia mais competitivo e enfrenta um cenário de instabilidades políticas, crescimento exponencial de alguns países, como Brasil, China e Índia, volatilidade da economia e pressões para redução do consumo. Diante desses fatos, as empresas estão adotando sistemas de gestão ambiental, voltados para obtenção de vantagens competitivas e buscando um crescimento sustentável.

A adoção de estratégias ambientais pode vir a favorecer na redução de custos de produção, do consumo de matérias primas e melhoria na utilização dos recursos, atenuando os desperdícios, além de valorização da marca, aumento de visibilidade e fortalecimento da imagem. (DONAIRE, 1999 apud CAMPOS, 2011).

Segundo Campos (2011), o fator preponderante em relação a dificuldade de implantação de estratégias ambientais competitivas é a falta de visão interna, sendo algumas vezes aplicadas estratégias fora do contexto em que se encontra a empresa. Ansoff e McDonell (1993 apud Campos, 2011) afirmam que é necessária a identificação de potencialidades administrativas para se obter a implantação eficiente do planejamento estratégico.

Nascimento (2012) analisou o significado das principais dimensões da sustentabilidade, concluindo que a dimensão ambiental é a que possui maior visibilidade no tema, referindo-se ao modelo de produção e consumo conscientes, ou seja, garantindo que os ecossistemas mantenham sua capacidade de resiliência.

A dimensão econômica está relacionada ao conceito de eco eficiência, prevendo o crescimento econômico concomitante a redução do consumo de recursos, tais como água, minerais e combustíveis fósseis.

A dimensão social pode ser considerada a mais complexa, pois tem o objetivo de reduzir as desigualdades e permitir que os cidadãos tenham uma vida digna. O autor alerta para importância de uma outra dimensão, muitas vezes esquecida, a política, que segundo ela, é responsável pelo processo de mudanças.

Os autores Hart e Milstein (2004) estudaram a relação existente entre as dimensões chave de criação de valor ao acionista e estratégias e motivadores globais para a sustentabilidade e desenvolveram um modelo de valor sustentável para empresa, composto por 4 quadrantes, apresentado na Figura 6, dividido pelo eixo vertical, que reflete a pressão sobre resultados a curto e longo prazo, e pelo eixo horizontal, que representa a necessidade de proteger as habilidades adquiridas e desenvolver novas tecnologias. Segundo eles, as estratégias empresariais capazes de gerar valor e estarem em consonância com um mundo sustentável podem ser chamadas de sustentabilidade corporativa ou empresarial, que para alguns administradores representa uma oportunidade de negócios e para outros, apenas o cumprimento de normas e leis.



Figura 6. Modelo de valor sustentável para empresa. Fonte: Hart e Milstein (2004)

Considerando as dimensões e os motivadores globais da sustentabilidade abordados na Figura 6, seus autores apontam que ter um bom desempenho em todos os quadrantes é um requisito para maximizar o valor ao acionista ao longo do tempo.

A Teoria Institucional, desenvolvida por Meyer e Rowan (1991 apud Barbieri et al, 2010, p.149), descreve que quando novos valores “são institucionalizados na sociedade e se tornam mitos a serem seguidos em um determinado setor, as organizações respondem a essas pressões adotando modelos e práticas tidas como as melhores de um sistema social”.

As organizações inovadoras sustentáveis e as empresas de construção civil estão dentro deste contexto de pressões e modelos, que representam a tendência do mercado, se preocupando em atender as dimensões da sustentabilidade, ou seja, ser eficiente economicamente, respeitando o meio ambiente e promovendo a inclusão social. (BARBIERI, 2007 apud BARBIERI et al, 2010).

## **2.6 Panorama dos resíduos em Campo Grande/MS**

O município de Campo Grande está localizado na região Centro-Oeste do país, onde é a capital do estado de Mato Grosso do Sul. O estado possui grande extensão territorial (357.145,532 km<sup>2</sup>), apresentando uma densidade demográfica de 6,86 hab/km<sup>2</sup>, índice que sugere a capacidade de expansão populacional do estado (IBGE, 2010).

Segundo IBGE - Censo (2010), a maioria da população de Campo Grande reside em área urbana, totalizando 98,5% dos residentes no município. Conforme descrito anteriormente, a combinação de concentração populacional em zonas urbanas com aumento da oferta de bens e serviços induz ao consumismo, impactando no volume de resíduos gerados.

Utilizando o levantamento, realizado na cidade de Campo Grande/MS, por Ribeiro (2008), é possível observar que a geração de RCD afeta consideravelmente o montante de resíduos sólidos urbanos. A autora pesquisou em 15 empresas coletoras de RCD o número e volume das caçambas retiradas diariamente das obras em execução, no

município de Campo Grande e constatou o recolhimento de 648 m<sup>3</sup>/dia. De acordo com a autora, a cidade produz uma média de 777,6 t/dia de RCD.

Segundo os dados do IBGE - Censo (2010), a população de Campo Grande totaliza 786.797 habitantes. Analisando o número de habitantes e quantidade de resíduos recolhidos, a relação de RCD gerado seria de 988 g/hab.dia, ou seja, 360 kg/hab.ano. A relação apresentada pode ser ainda maior, considerando fatores como a possibilidade de atuação de empresas de coleta não cadastradas, obras que realizem descarte irregular, realização do transporte de RCD pela fonte geradora, utilização de dados defasados, entre outros.

A quantidade de RCD gerado na cidade de Campo Grande, 360 kg/hab.ano, é um valor bastante representativo e impactante, principalmente ao analisar as possibilidades de erro deste levantamento, ou seja, mesmo estando aquém dos valores médios apresentados na Tabela 1, 500 kg/hab.ano, é importante ressaltar a necessidade de redução, sendo assim, a cidade não encontra-se em uma zona de conforto quando o assunto é a geração de RCD e os impactos gerados por estes.

A reciclagem de RCD é uma prática já implementada em algumas capitais brasileiras, tal como São Paulo, que possui diversas indústrias neste ramo. No entanto, esta perspectiva está muito distante da realidade da maioria dos municípios brasileiros. A cidade de Campo Grande, é um exemplo, onde a prática da reciclagem de RCD ainda é incipiente. O tema deste trabalho foi baseado na análise da abrangência do assunto supracitado, somado a carência de indústrias e estudos voltados para reciclagem de RCD, em Campo Grande, favorecendo a elaboração de um estudo de caso.

O mercado imobiliário encontra-se em expansão na região Centro-Oeste e, em Campo Grande, não é diferente. Diversas construtoras estão se instalando na capital e investindo na produção do que é considerado o sonho da população brasileira: a casa própria.

Analisando a expansão da construção civil e a parcela que as vedações verticais representam no custo de uma construção convencional, entre 35% e 60% segundo Sabbatini (2003), torna-se visível a possibilidade de utilização de um material alternativo, desde que possua capacidade de suporte e características técnicas consideradas aceitáveis pelas normas vigentes, surgindo então o interesse em estudar a inclusão de agregados reciclados na fabricação de blocos de RCD em Campo Grande.

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos (2011, p. 30) da ABRELPE, a região Centro-Oeste representa apenas 8,1% do RSU coletado no país e a cidade de Campo Grande/MS possui um índice de 1,055 Kg/habitante/dia. Considerando a pesquisa realizada por Ribeiro (2008), sobre o total de RCD produzido na cidade (0,988 kg/hab.dia), a fração RCD corresponderia a aproximadamente 94% da massa de resíduos sólidos coletada diariamente, percentual consideravelmente superior aos apresentados na Tabela 7, onde foram identificados que os RCD representavam entre 40% e 70% do montante de RSU. Os dados conflitantes conduzem a reflexão sobre a necessidade de aprofundamento dos estudos relacionados a geração e coleta de resíduos.

O município de Campo Grande/MS aprovou em junho de 2011 a Lei nº 4.952, que institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos, nela os resíduos com potencial de reutilização e reciclagem têm seu valor econômico e social reconhecido, além de sua função como de gerador de trabalho, renda e promotor de cidadania. A lei prevê ainda incentivo à indústria da reciclagem, buscando fomentar o uso de matérias primas recicladas.

A cidade de Campo Grande possui o sistema de coleta seletiva implantado, no formato de recolhimento domiciliar em parte da capital, em locais de entrega voluntária (LEV), em postos de troca e por catadores.

A cidade de Campo Grande possui uma Lei Orgânica, de 1990, onde é estabelecida a responsabilidade municipal de remoção e destinação dos resíduos gerados. A Lei Municipal nº 3.020, de 1993, determina que sejam utilizadas caçambas para o acondicionamento de RCD.

O principal componente do RCD coletado em 2008 na cidade de Campo Grande foi o concreto, representando aproximadamente 80% do volume total, outros 15% foram relativos a solos e os demais 5% são compostos por materiais diversos. A elevada presença de concretos pode ser explicada pelo alto índice de reformas no período (RIBEIRO, 2008).

A Lei Municipal nº 4864, de julho de 2010, dispõe sobre a gestão de resíduos da construção civil em Campo Grande/MS e institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que considera os geradores os responsáveis pelos seus resíduos, precisando encaminhá-los as áreas de triagem, objetivando prioritariamente reutilizá-los ou reciclá-los. A Lei prevê ainda uma série de multas para cada tipo de

infração, a multa por disposição de resíduos em locais proibidos pode variar de R\$1.318,50 a R\$5.274,00, mas a fiscalização ainda é insuficiente.

Ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas quando o assunto é gestão de resíduos, mas o município está reconhecendo a importância do tema e criando mecanismos reguladores, restando à conscientização social e o controle mais efetivo.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar os blocos produzidos com RCD na cidade de Campo Grande/MS, para isso foram realizados ensaios técnicos nos blocos de RCD e nos agregados reciclados utilizados na produção, seguindo da análise dos resultados dos ensaios, baseando-se nas normas vigentes, permitindo a identificação dos os benefícios e fraquezas do produto.

Além dos ensaios de laboratório foram realizadas visitas técnicas à empresa escolhida para desenvolvimento do estudo de caso para descrição e análise do processo de produção, tal como os equipamentos utilizados, a sequência de atividades adotadas pela fábrica e os critérios de gestão empresarial.

A seguir serão descritos os materiais e métodos utilizados para caracterização do RCD e dos blocos fabricados com agregados reciclados, assim como o estudo do processo produtivo adotado pela empresa.

#### **3.1 Caracterização do RCD**

Foram realizados ensaios para determinação da composição granulométrica do RCD, da massa e área específica, conforme descrito a seguir.

##### **3.1.1 Determinação da granulometria**

A granulometria do RCD foi determinada, através do método de peneiramento, seguindo os critérios determinados pela NBR NM 248 (2001). Além das peneiras,

Anexo A, foram utilizados os seguintes equipamentos: Balança Tecnal - Mark 10000, estufa Fanem - mod 315 SE e agitador mecânico Viatest.

O analisador de partículas Mastersize 2000, da Malvern, foi utilizado para determinar a granulometria das partículas finas do RCD, ou seja, aquelas que passaram pela peneira 15  $\mu\text{m}$ . O equipamento, apresentado na a figura 7, utiliza a técnica de difração laser para medir o tamanho das partículas através da intensidade da luz espalhada à medida que um feixe de laser interage com as partículas dispersas da amostra.



Figura 7. Analisador de partículas a laser do LMCC, modelo Mastersize 2000, da Malvern.

Fonte: Arquivo pessoal

Os finos de RCD foram secos em estufa para realização do ensaio. A quantidade de material respeitou a taxa máxima de obscuração exigida pelo equipamento, entre 5% e 20%. Visando a obtenção de resultados mais precisos foi utilizada a aplicação de ultrassom para dispersão das partículas finas na água, evitando a formação de aglomerados do material.

### 3.1.2 Determinação da massa específica ( $\gamma$ )

A massa específica foi determinada através do método do frasco de Le Chatelier, de acordo com a NBR NM 23 (2000).

Além dos frascos serão utilizados os seguintes materiais: estufa Fanem - mod: 315 SE, Balança Tecnal - Mark 10000, Funil e Dessecador.

### **3.1.3 Área específica (Ae)**

A área específica do agregado graúdo foi determinada considerando que o diâmetro médio do grão (DM) é a média entre a peneira em que o grão ficou retido e a peneira em que o grão passou. Este método parte do princípio de que os grãos possuem forma esférica.

## **3.2 Caracterização dos Blocos de RCD**

Devido à ausência de uma norma brasileira específica para blocos fabricados com RCD, estes foram caracterizados de acordo com os critérios estabelecidos na NBR 6136 (2007) e os ensaios foram realizados de acordo com NBR 12118 (2006), referentes a blocos vazados de concreto. A adição de cimento na composição dos blocos de RCD foi outro aspecto analisado para definição das normas que serão utilizadas como parâmetro.

Foram realizados ensaios para determinação da Resistência a compressão do bloco de RCD, análise das dimensões, determinação da densidade, absorção, porosidade aberta e total, conforme descrito a seguir.

### **3.2.1 Resistência à compressão**

Atendendo aos critérios da NBR 6136 (2007), tabela 4, Anexo A, foi estipulado o número de corpos de prova necessários para representar uma amostra do lote, um total de 10 blocos para cada idade e lote estudado.

O equipamento utilizado foi uma prensa Forney, com capacidade para 200 toneladas, ilustrada na figura 8. A partir das resistências individuais dos blocos foi calculada a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ), considerando que o valor do

desvio padrão fábrica não é conhecido e para analisar os resultados de lotes distintos foi utilizada a média entre eles. Os resultados foram analisados de acordo com a tabela 3 da NBR 6136 (2007), Anexo A.



Figura 8. Prensa utilizada no ensaio de resistência à compressão  
Fonte: Arquivo pessoal

### 3.2.2 Análise dimensional

Atendendo aos critérios da NBR 6136 (2007), tabela 4, Anexo A, foi estipulado o número de corpos de prova e contraprova necessários para representar uma amostra do lote. A NBR 6136 (2007) estabelece tolerâncias de  $\pm 2$  mm para a largura e  $\pm 3$  mm para a altura e para o comprimento dos blocos.

Foram analisados os blocos da família M - 15, com dimensões nominais de 14x19x39 cm.

### 3.2.3 Absorção (A)

Atendendo aos critérios da NBR 6136 (2007), tabela 4, Anexo A, foi estipulado o número de corpos de prova e contraprova necessários para representar uma amostra do lote. Os resultados foram analisados de acordo com a tabela 3 da NBR 6136 (2007), Anexo A.

### 3.2.4 Densidade (D)

A Determinação da densidade (D) foi através da eq. (3.1), onde a massa seca ( $M_0$ ) foi obtida através da pesagem do bloco seco durante 24 horas em estufa e o volume total ( $V_t$ ) foi obtido através da diferença entre a massa imersa do bloco saturado em água ( $M_{im}$ ) e massa do bloco saturada com superfície seca ( $M_{ss}$ ).

$$D = M_0 / V_t \quad (\text{equação 3.1})$$

### 3.2.5 Porosidade

O ensaio de porosidade aberta ( $P_a$ ) tem o objetivo de identificar o percentual de poros existentes na superfície dos blocos. Os resultados obtidos no ensaio para determinação da densidade foram aplicados na eq. (3.2).

$$P_a = \frac{M_{ss} - M_0}{M_{ss} - M_{im}} \cdot 100 \quad (\text{equação 3.2})$$

O ensaio de porosidade total ( $P_t$ ) tem o objetivo de identificar o percentual de poros existentes na composição dos blocos, possibilitando a caracterização da compactidade do produto. A  $P_t$  foi determinada através da fragmentação do bloco, seguida de pulverização no moinho e determinação da massa específica dos fragmentos,

através Frasco de Le Chatelier, descrito anteriormente, no item 3.1.2. Os resultados obtidos no ensaio para determinação da densidade foram aplicados na eq. (3.3).

$$P_t = \left(1 - \frac{D}{\gamma}\right) \cdot 100$$

(equação 3.3)

### 3.3 Processo produtivo

Através das visitas realizadas a fábrica de blocos estudada no trabalho foi desenvolvida a análise das estratégias ambientais competitivas e conceitos de sustentabilidade adotados pela empresa.

O levantamento do processo produtivo da indústria permitiu o enquadramento desta em relação aos conceitos de sustentabilidade e estratégias ambientais competitivas, através da comparação entre as metodologias e conceitos praticados pela empresa em relação aos estudos desenvolvidos por Orsato (2006), Hart e Milstein (2004), entre outros autores, descritos na revisão bibliográfica de processos, item 2.5.

Com o objetivo de caracterizar o processo produtivo dos blocos fabricados com RCD na cidade de Campo Grande foram realizadas visitas à empresa, que colaborou no estudo de caso proposto por este trabalho, nos meses de dezembro/2012, setembro/2013 e fevereiro/2014.

## 4 APRESENTAÇÃO DO CASO

Através de pesquisas de mercado, realizadas na cidade de Campo Grande, foi identificada apenas uma indústria atuando na fabricação de blocos utilizando agregados reciclados de RCD. Baseado nesta informação e na concepção de explorar a caracterização dos blocos de RCD e análise do processo produtivo destes na cidade de Campo Grande, foi definida que a metodologia para abordagem deste tema ocorreria através do desenvolvimento de um estudo de caso.

A indústria que participou do estudo está localizada na região central da cidade de Campo Grande, ocupando uma área de aproximadamente 40.000 m<sup>2</sup> no Pólo Empresarial para Pequenas Empresas Recicladoras, onde estão instalados os equipamentos e onde são armazenados os materiais produzidos.

A área ocupada foi fruto de doação da Prefeitura Municipal de Campo Grande, de acordo com o Programa de Desenvolvimento Econômico de Campo Grande – PRODES, destinada à empresas que atuem com atividades relacionadas à reciclagem, reuso e que sejam ambientalmente inovadoras. A Figura 9 apresenta uma foto do local.



Figura 9. Vista geral da fábrica.

Fonte: Arquivo pessoal

O Polo Empresarial para Pequenas Empresas Recicladoras situa-se próximo da confluência da BR-163 com o Anel Rodoviário e originou-se de uma área de depósito de resíduos sólidos.

A empresa atua na área de pesquisas de novos materiais de construção, há aproximadamente 20 anos. As pesquisas são baseadas principalmente no desenvolvimento de tecnologias voltadas para confecção de materiais de construção que possam contribuir para o uso mais racional dos recursos naturais e reaproveitamento de resíduos industriais, (RCD, carvão mineral, resíduos de mineração, *ect.*), favorecendo a preservação ambiental. Segundo o representante da empresa, os produtos apresentam baixo custo e especificações técnicas compatíveis com o mercado.

A empresa possui patentes em vários países e sua produção atual está concentrada na fabricação de blocos, telhas e canaletas, que utilizam em sua composição agregado reciclado, confeccionado a partir de resíduos sólidos inorgânicos, que representam grande passivo ambiental. Os materiais comercializados alcançam custos expressivamente menores, pois substituem insumos tradicionais como areia, argila, pedra e saibro, por resíduos industriais.

Segundo o responsável pela empresa, foram realizados diversos estudos acadêmicos para aplicação dos produtos em diferentes ambientes, aplicando testes em diversos países, entre eles Uruguai, Argentina, Chile, Estados Unidos, Canadá e em vários estados brasileiros como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, com o objetivo principal de garantir a qualidade de seus materiais.

Os materiais confeccionados com RCD foram utilizados na construção de mais de 4.000 unidades habitacionais, que são monitoradas periodicamente. No entanto os dados não foram disponibilizados para este estudo, pois o monitoramento é realizado de forma visual, sem registros documentais.

No ano 2000 a empresa venceu dois prêmios importantes, o Prêmio FINEP de Inovação Tecnológica, na categoria produto, e o Prêmio CNI de Incentivo à Qualidade e Produtividade, onde concorreram com 1.862 outras empresas em todo o país, obtendo o 2º lugar na categoria micro e pequena empresa.

A matéria prima utilizada pela empresa é exclusiva de doações. São recebidos resíduos provenientes de obras de construção e demolição, desde que estes estejam previamente selecionados, ou seja, assim que a caçamba chega ao pátio é vistoriada. Se o material for considerado útil para o processo produtivo de blocos e telhas a caçamba é

descarregada e o material passará por uma nova triagem. Caso contrário, se houver grande quantidade de solo, madeira, plástico ou outros produtos que não possam ser inseridos no processo produtivo, a caçamba é devolvida ao gerador. Mesmo com a realização de uma análise visual para aceitação dos resíduos é inevitável a presença de materiais heterogêneos, sendo essencial a realização de uma nova etapa de seleção, denominada triagem.

Conforme relato do responsável pela empresa, é bastante comum que a caçamba de resíduos contenha materiais de classe B (não utilizados no processo produtivo) escondidos no fundo do recipiente, tornando-se visíveis apenas na descarga dos materiais. Os geradores costumam misturar materiais de classe B com o objetivo de economizar na disposição regular, mas esta atitude dificulta o processo de triagem da fábrica.

Um dos representantes da indústria informou que a fábrica teria capacidade de receber até 50 caçambas de RCD por dia, aproximadamente 200 m<sup>3</sup>. No entanto a realidade é bem diferente, os controles internos apontam a entrada de 10 a 12 caçambas por dia, o que representa uma média de 50 m<sup>3</sup>, 20% da capacidade de entrada. Segundo ele, o motivo principal para baixa procura das empresas de construção se deve ao fato de que o resíduo precisa ser previamente selecionado no canteiro de obras e a maioria dos envolvidos nesse setor não realiza esta prática. Outro fator preponderante é falta de conhecimento em relação ao valor agregado que possui o RCD. Mesmo diante dos fatores apresentados, a indústria não desenvolve programas para orientação e conscientização dos geradores, que são os principais fornecedores de matéria prima.

A Figura 10 apresenta o fluxograma do processo de produção adotado pela empresa, desenhado através das visitas realizadas à fábrica.

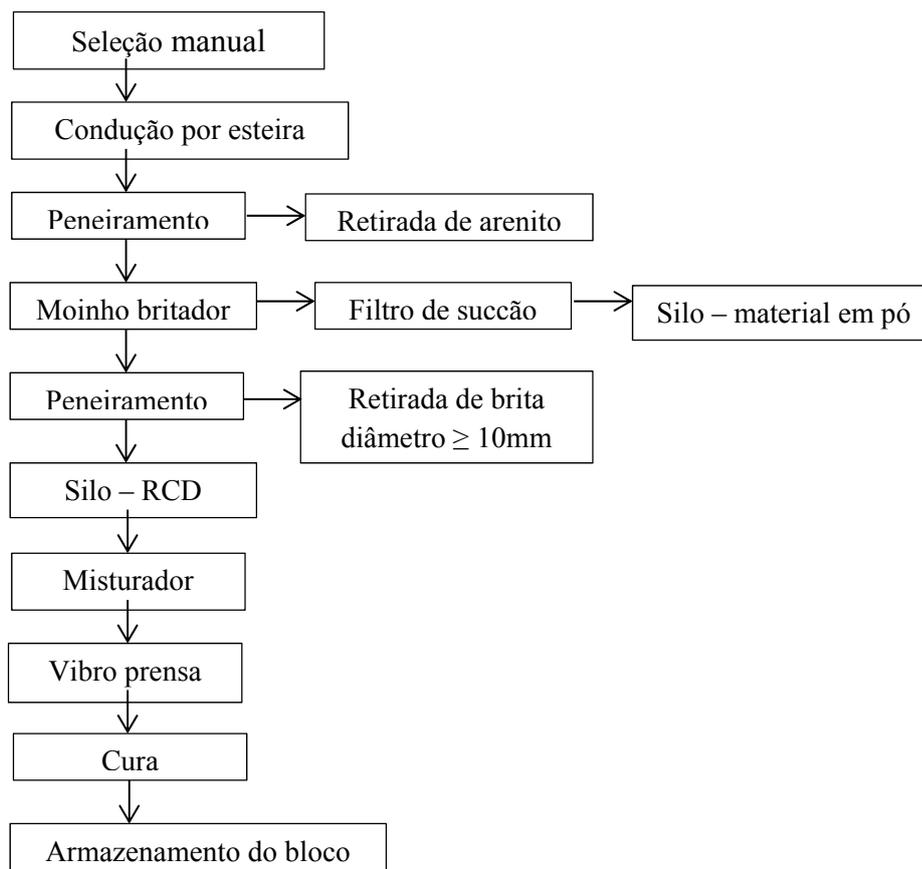


Figura 10. Fluxograma do processo de produção adotado pela empresa.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a aceitação da caçamba o RCD fica estocado no pátio da empresa, como ilustra a Figura 11.



Figura 11. Disposição do RCD recebido. Fonte: Arquivo pessoal

No pátio onde é feita disposição do RCD se inicia a etapa de triagem, que consiste na separação dos materiais que podem ser aproveitados no processo produtivo daqueles que são inúteis para este fim, como ilustra a Figura 12. Estes materiais serão reencaminhados a coleta municipal.



Figura 12. Resíduos não utilizados no proceso produtivo. Fonte: Arquivo pessoal

Na Figura 13 é possível observar o material que passou pelo processo de triagem está pronto para ser utilizado na produção dos blocos.



Figura 13. Material selecionado para utilização na fabricação de blocos. Fonte: Arquivo pessoal

Uma parte da triagem é feita manualmente e a conclusão desta atividade conta com o auxílio de uma mini carregadeira para transportar o material e conduzi-lo até uma as correias transportadoras, como ilustra a Figura 14.



Figura 14. Correia transportadora onde são despejados os resíduos para o início do processo produtivo.  
Fonte: Arquivo pessoal

As correias transportadoras conduzem os resíduos para peneira vibratória, com o objetivo de separar os materiais que não podem ser utilizados no processo produtivo. O material que passa pela peneira vibratória, geralmente finos e materiais pulverulentos, são conduzidos através de correias transportadoras e depositados no pátio da empresa, conforme ilustra a Figura 15. O material pode ser reaproveitado de outras formas, tal como na execução de aterros.



Figura 15. Material fino depositado no pátio da empresa.

Fonte: Arquivo pessoal

Os materiais que ficam retidos no peneiramento são conduzidos para o moinho britador, conforme ilustra a Figura 16. A função do britador é quebrar os grânulos de RCD, o britador original era do modelo MB400, mas a indústria fez adaptações no equipamento, incluindo um moinho, com o objetivo de torná-lo mais potente e capaz de transformar a geometria dos fragmentos de RCD.

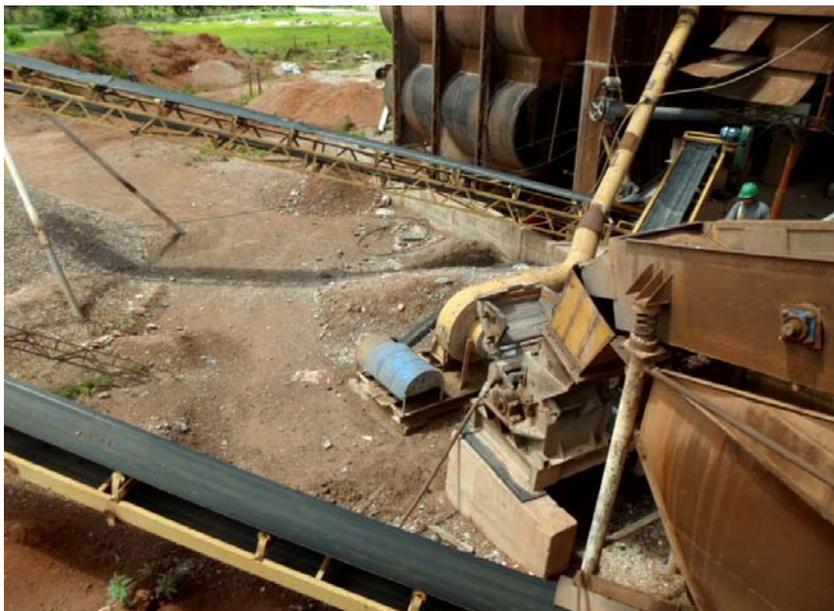


Figura 16. Sequência de peneiramento e condução ao britador. Fonte: Arquivo pessoal

Na saída do britador ocorre um novo peneiramento, como ilustra a Figura 17, onde é definida a composição granulométrica do material que será utilizado no processo produtivo. Os materiais com diâmetro acima de 10 mm são retirados do processo, conduzidos através de correias transportadoras para depósito no pátio da empresa e poderão ser utilizados na composição de concretos, por exemplo.



Figura 17 – Peneiramento para definição da composição granulométrica. Fonte: Arquivo pessoal

A Figura 18 ilustra o destino dos grãos que estão fora da faixa granulométrica especificada, ou seja, não serão utilizados na fabricação dos blocos.



Figura 18. Disposição dos grão que não serão utilizados na fabricação dos blocos. Fonte: Arquivo pessoal

Os grãos que serão efetivamente utilizados no processo, diâmetro menor que 10 mm, são conduzidos ao silo, onde é feita a estocagem do material, apresentado na Figura 19.



Figura 19. Silo utilizado para armazenamento do RCD reciclado.  
Fonte: Arquivo pessoal

A indústria possui um filtro de sucção acoplado ao moinho britador, com a função de capturar e impedir que a poeira gerada durante o processo seja lançada na

atmosfera, esta fica armazenada em um silo, conforme ilustra a Figura 20. A instalação do filtro representa a preocupação da empresa com a poluição do ar, caracterizando uma de suas ações voltadas para a sustentabilidade.



Figura 20 - Silo utilizado para armazenamento da poeira gerada durante o processo de britagem do RCD.  
Fonte: Arquivo pessoal

Posteriormente o material é transportado em sistema de rosca sem fim até um *Skip*, onde é descarregado em um misturador de sistema planetário, quando é feita a dosagem, com adição de água, cimento e RB-8, um aditivo desenvolvido pelos pesquisadores da empresa, com patente e reserva de direito de uso, que exerce a função de retardar o processo de cristalização do cimento. O cimento utilizado é um dos aplicados no país, o CII F – 32.

O insumo água é abundante, por oferta pela rede pública, administrada pela empresa Aguas Guariroba, mas o consumo é controlado, pois o recurso é utilizado apenas na composição da massa (160 litros para cada 1 m<sup>3</sup> de RCD processado para fabricação de blocos) e na lavagem dos materiais.

Outro insumo utilizado é a energia elétrica, fornecida pela ENERSUL e utilizada de maneira racional. Segundo o responsável pelo funcionamento da fábrica o consumo de energia é em média 150 kva, o que equivale a aproximadamente 5% do total utilizado por uma indústria convencional. No entanto, a comparação do consumo energético torna-se sem parâmetros, devido as características de produção da fábrica, que não é constante, trabalhando através de encomendas.

A Figura 21 ilustra o misturador planetário, confeccionado pela fábrica, utilizado para homogeneizar a massa composta por água, cimento, agregados reciclados e RB-8.



Figura 21. Equipamento utilizado para realizar a mistura da massa do bloco.  
Fonte: Arquivo pessoal

A massa misturada segue para vibro prensa automática, que utiliza formas metálicas para moldar os blocos, que podem ser fabricados nas seguintes dimensões: 09x09x19, 09x19x39, 14x19x19 e 14x19x39 cm. A Figura 22 apresenta o equipamento utilizado na moldagem dos blocos, originalmente do modelo VPMS-4 da Storrer, foi adaptado para atender melhor as necessidades da indústria.



Figura 22. (a) Correias transportadoras que conduzem a massa para vibro prensa. (b) vibro prensa automática. Fonte: Arquivo pessoal

Após a moldagem o material é “varrido”, para garantir sua textura, facilitando a fixação do revestimento na fase de construção. O equipamento responsável pela aplicação de textura ao bloco é apresentado na Figura 23.



Figura 23. Equipamento responsável pela textura dos blocos. Fonte: Arquivo pessoal

Na sequência os blocos são colocados em *pallets*, localizados em uma mesa giratória, como ilustra a Figura 24.



Figura 24. Mesa giratória onde são colocados os *pallets* de blocos. Fonte: Arquivo pessoal

Uma mini carregadeira desenvolvida pela fabrica retira os *pallets* na mesa giratória e os conduz ao pátio, como ilustra a Figura 25.



Figura 25. Equipamento transportando o *pallet* de blocos de RCD. Fonte: Arquivo pessoal

Os blocos recém-produzidos são condicionados sob *pallets* durante as primeiras 24 horas e ficam armazenados no pátio coberto da fábrica, local arejado e protegido de intempéries. Segundo a empresa não é necessário processo de cura devido à utilização do transformador molecular RB-8, mas assim que o produto é fabricado ele passa por um processo de lavagem, conforme apresentado na Figura 26.



Figura 26. Processo de lavagem dos blocos.  
Fonte: Arquivo pessoal

Passadas as 24 horas iniciais os blocos são retirados dos *pallets* e conduzidos para estocagem no pátio descoberto da fábrica, como ilustra a Figura 27.



Figura 27. Estocagem dos blocos de RCD. Fonte: Arquivo pessoal

Os blocos de RCD são produzidos através de encomendas e a empresa não investe na divulgação dos produtos e busca de novos mercados consumidores. O produto é estocado no pátio até completar 7 dias de fabricação e poder ser retirado

pelos compradores. Os principais clientes atuam na construção de empreendimentos residenciais e buscam a redução no custo de construção. A mesma empresa que fabrica os blocos possui sociedade com uma construtora que utiliza o material em suas obras.

O traço utilizado pela empresa tem como base a utilização de 240 litros de RCD, ou seja, 0,24 m<sup>3</sup> de agregados reciclados. O traço utilizado pela empresa tem como base a utilização de 240 litros de RCD, 01 saco de cimento (50 kg), 600 ml de RB-8 e aproximadamente 40 litros de água. Esta é dosada empiricamente, diante das características do agregado que será utilizado no processo, como umidade e teor de material cerâmico. Cada traço pode produzir até 60 blocos de 14x19x39 cm.

## 5 RESULTADOS E ANÁLISE

### 5.1 Caracterização do RCD e dos blocos produzidos

Entre dezembro de 2012 e fevereiro de 2014, a indústria estudada produziu apenas 3 lotes de blocos de RCD. No entanto, apenas 2 lotes foram utilizados para realização de ensaios laboratoriais, pois o outro já estava comprometido, inviabilizando a obtenção de amostras.

A empresa não trabalha com produção em escala e possui poucos consumidores, limitando a sua produção às encomendas.

Visando obter maiores informações sobre os blocos de RCD confeccionados pela empresa, foram coletados dados históricos de ensaios de resistência à compressão realizados pelo LMCC em 14/09/06 e em 09/07/11. Analisando os resultados, apresentados no Anexo C, a resistência característica dos blocos foi 2,7 MPa e 2,6 MPa, respectivamente, superiores ao mínimo estabelecido pela NBR 6136 (2007), 2,0 MPa.

O ensaio de composição granulométrica do RCD, utilizado para produção dos blocos, dos lotes 1 e 2, descrito no item 3.1.1, foi realizado através do método de peneiramento estabelecido na NBR NM 248 (2001).

A Figura 28 ilustra a composição granulométrica média do RCD, dividida em agregados grãos e miúdos, conforme classificação da NBR 7211 (2009).

Analisando os resultados do ensaio de composição granulométrica é possível classificar o agregado grão na zona 4,75/12,5. A faixa granulométrica do RCD utilizado no processo de fabricação dos blocos não se encaixa adequadamente nos limites inferiores superiores da zona utilizável estabelecidos pela norma. Os resultados dos ensaios são apresentados no Apêndice A.

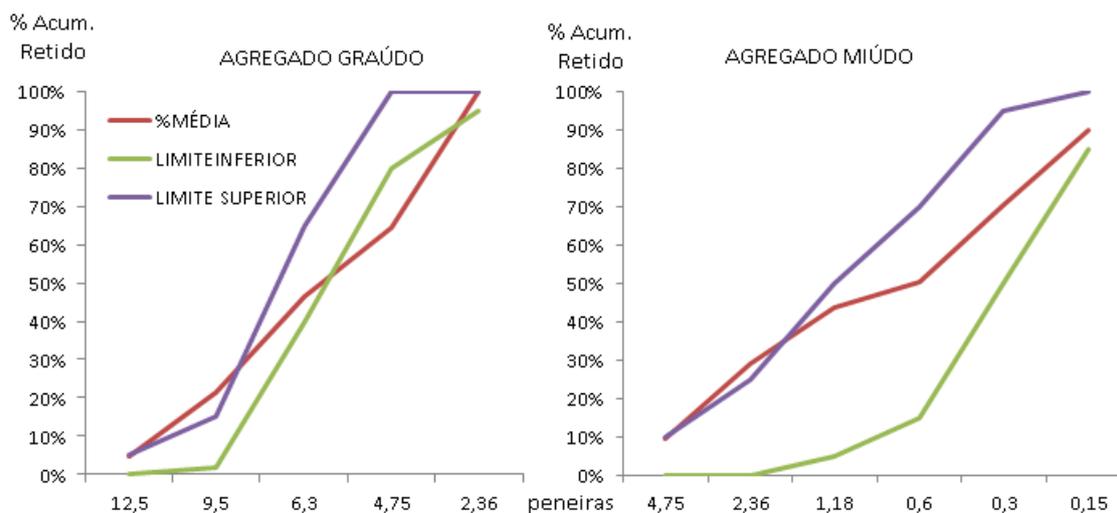


Figura 28. Curva granulométrica do RCD  
Fonte: Elaborado pelo autor

As partículas finas do RCD, aquelas com diâmetro menor que 15  $\mu\text{m}$ , foram estudadas com auxílio de um analisador de partículas a laser, composto por ferramenta de ultrassom, que garantiu a dispersão adequada do material durante a realização do ensaio. Foram analisadas amostras do RCD utilizado na fabricação de blocos dos lotes 1 e 2. Os resultados são apresentados no Apêndice B, onde é possível verificar que o diâmetro médio das partículas do lote 1 foi de 143.439  $\mu\text{m}$ , com um pico de distribuição, e do lote 2 foi 77.926  $\mu\text{m}$ , com uma curva distribuída de maneira mais uniforme. A diferença de composição do lote 1 e 2 é refletida nos demais ensaios, conforme apresentado na Tabela 12. A quantidade de material pulverulento pode influenciar, por exemplo, na resistência do produto, o que foi confirmado através dos ensaios de resistência a compressão.

A dimensão máxima característica de ambos os lotes foi 12,5 mm e o módulo de finura do lote 1 foi 3,97 e do lote 2 foi 3,24, sendo assim, a média do módulo de finura entre dos lotes foi 3,61. Segundo a NBR 7211 (2009), o módulo de finura máximo da zona utilizável superior é 3,50. Dessa forma, pode-se considerar que o módulo de finura do lote 1 e a média entre os lotes não atende rigorosamente aos valores da norma.

A massa específica do agregado do RCD foi determinada pelo método do frasco de Le Chatelier, descrito no item 3.1.2. A norma determina que a diferença entre os dois resultados individuais, obtidos a partir de uma mesma amostra submetida ao ensaio, por um mesmo operador, utilizando o mesmo equipamento em curto intervalo de tempo,

não deve ultrapassar  $0,02 \text{ g/cm}^3$  para atender ao critério de Repetitividade. A massa específica do lote 1 foi  $2,51 \text{ g/cm}^3$  e do lote 2 foi  $2,19 \text{ g/cm}^3$ , atingindo um valor médio de  $2,35 \text{ g/cm}^3$ .

Além da coleta de dados históricos dos ensaios de resistência à compressão dos blocos fabricados com RCD foram realizados novos experimentos nos 2 lotes estudados. O teste foi realizado em 10 exemplares de cada lote, com 28 e 91 dias. Analisando os resultados apresentados no Apêndice C é possível verificar que a resistência característica a compressão dos blocos do primeiro lote, aos 28 dias, foi 1,84 Mpa, não atingindo ao mínimo estabelecido pela NBR 6136 (2007), 2,0 MPa. Os blocos desses mesmos lote foram rompidos aos 91 dias e apresentaram resistência satisfatória, 2,13 Mpa. Os blocos do segundo lote atenderam aos requisitos mínimos de resistência nos ensaios de 28 e 91 dias, com 2,99 e 3,41 MPa.

Comparando os resultados de resistência a compressão dos lote 1 e 2 com a média dos ensaios realizados em 2006 e 2011 (2,65 MPa) é possível verificar que os blocos do lote 1 apresentaram uma redução de 19,62% de resistência aos 91 dias e os blocos do lote 2 apresentaram um incremento de 22,28% de resistência aos 91 dias. Essas variações podem ser atribuídas a heterogeneidade do RCD.

A análise dimensional foi realizada nos mesmos blocos submetidos ao ensaio de resistência à compressão. Analisando os resultados apresentados no Apêndice D é possível constatar que a média das dimensões dos blocos verificados foi de 140,5 x 185,5 x 391 mm, não atendendo as exigências da NBR 6136 (2007), que estabelece tolerâncias máximas de  $\pm 2,0 \text{ mm}$  para largura e  $\pm 3,0 \text{ mm}$  para altura e comprimento.

O ensaio de absorção de água foi realizado em 3 blocos dos 2 lotes analisados, os resultados são apresentados no Apêndice E. A tabela 3 da NBR 6136 (2007), Anexo B, considera absorção máxima de 10,0% para blocos confeccionados com agregado normal e admite absorção de máxima média e individual de até 13,0% e 16,0%, respectivamente, para blocos produzidos com agregado leve. As taxas de absorção em blocos do primeiro lote, aos 28 dias, apresentaram valores acima do estabelecido pela norma, 16,15% em um dos blocos e 15,08% na média. Comparando os dados de absorção com os elevados índices de porosidade obtidos nos blocos deste mesmo lote e idade, é confirmada a relação de que os blocos mais porosos podem vir a apresentar um índice de absorção mais alto, prejudicando o desempenho do produto.

A Tabela 12 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios realizados em ambos os lotes estudados.

Tabela 12. Caracterização dos blocos de RCD

<b>Descrição</b>	<b>Lote 1</b>	<b>Lote 2</b>	<b>Valor médio</b>
Resistência à compressão - 28 dias (MPa) (Mínimo NBR 6136 (2007) = 2,0 MPa)	1,84	2,99	2,4
Absorção média - 28 dias (%) (Máximo NBR 6136 (2007) = 13%)	15,08	12,86	13,9
Resistência à compressão - 91 dias (MPa)	2,13	3,41	2,7
Absorção média - 91 dias (%)	10,57	12,14	11,4
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,92	1,89	1,9
Porosidade aberta (%)	27,36	20,99	24,2

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise de absorção dos blocos utilizou como parâmetro para comparação dos resultados obtidos os limites determinados pela NBR 6136 (2007) para blocos produzidos com agregado leve, considerando que não existe norma que regule a utilização de RCD para produção de blocos.

A empresa não realiza ensaios tecnológicos de maneira sistemática, o que pode influenciar o desempenho do produto, devido a utilização de matéria prima heterogênea, pois cada lote de agregados reciclados possui um teor próprio de materiais cimentícios e cerâmicos. A ausência de controle dificulta a identificação de pontos a serem melhorados ao longo do processo.

## **5.2 Estratégias de comercialização adotadas pela empresa**

A empresa utiliza RCD como matéria prima da produção, que é considerado um subproduto, e uma de suas características é a possibilidade de reinserção no processo em caso de falhas, ou seja, a perda de materiais pode ser considerada nula. Essa característica pode indicar a utilização de um sistema de circuito fechado, que

representa a estratégia I definida por Orsato (2006), eco eficiência. No entanto, as empresas que possuem foco nesta estratégia investem no desenvolvimento de atributos capazes de aumentar a produtividade dos processos organizacionais, que não é uma particularidade desta empresa.

A fábrica atua na pesquisa e comercialização de materiais de construção alternativos, desenvolvidos a partir de rejeitos industriais, sendo o RCD seu principal material. Mesmo desenvolvendo materiais considerados menos agressivos ao meio ambiente, a empresa não utiliza esta característica para promoção de seus produtos, tampouco investe em divulgação. Assim sendo, é possível afirmar que a estratégia II de Orsato (2006), investimento para liderança, não é o seu foco principal.

Os sócios da fábrica possuem outra empresa, no ramo da construção civil, através da qual são estabelecidas parcerias comerciais, que ao se interessarem pelos produtos desenvolvidos pela indústria realizam a encomenda destes. Com este método de comercialização é possível afirmar que a estratégia III de Orsato (2006), custo da liderança ambiental com foco na eco marca, também não é o foco da empresa estudada, que não se preocupa em rotular ecologicamente seus produtos.

A estratégia IV de Orsato (2006), liderança ambiental com base no custo, é compatível com as diretrizes da empresa, que consegue comercializar blocos de RCD com valor 25% menor que o praticado pelos fornecedores de blocos de concreto devido a substituição de agregados minerais por resíduos e redução da quantidade de cimento adicionado, através da utilização do RB-8, um aditivo com função de transformador molecular. A Tabela 13 apresenta a relação entre as características teóricas das estratégias de Orsato (2006) e a realidade da empresa.

Tabela 13. Comparação entre as estratégias de Orsato (2006) e a realidade da empresa

<b>Estratégia</b>	<b>Característica teórica</b>	<b>Realidade da Empresa</b>
Eco eficiência	Investimento em tecnologias para aumento de produtividade dos processos organizacionais	Os equipamentos utilizados são adaptados para as atividades. Não há investimentos em tecnologia
Investimento para liderança	A empresa busca além da eficiência dos seus processos organizacionais o reconhecimento do público	Não investe em divulgação

Estratégia	Característica teórica	Realidade da Empresa
Liderança ambiental com base na Eco marca	Desenvolvimento de atributos ecológicos e cobrança pelos custos da diferenciação	Não rotula ecologicamente seus produtos
Liderança ambiental com base no custo	Enfatiza redução de custos e impactos ambientais através inovações a fim de ter competitividade e bom desempenho ambiental	<b>Comercialização de blocos de RCD com valor 25% menor que o praticado pelos fornecedores de blocos de concreto</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo os representantes da empresa, os consumidores de seus produtos, em sua maioria, se interessam pela possibilidade de aquisição do material com custo reduzido em relação ao mercado, não necessariamente pela sustentabilidade envolvida. O foco principal identificado é a competitividade do produto.

Considerando o estudo realizado por Hart e Milstein (2004) sobre a relação entre as dimensões de criação de valor ao acionista e estratégias motivadoras, representada na Figura 6, e analisando as características da empresa estudada é possível verificar que suas estratégias estão baseadas no combate à poluição e no desenvolvimento de tecnologias limpas, ou seja, estão focadas na realidade atual e em preocupações futuras (eixo vertical), mas suas ações estão delimitadas ao ambiente interno (eixo horizontal). A empresa se preocupa com a expansão da indústria da construção e seu consequente impacto ambiental, no que diz respeito à geração de resíduos e ao consumo excessivo de matérias primas naturais. Considerando esses impactos a empresa desenvolveu materiais de construção alternativos, confeccionados a partir de subprodutos.

Segundo o representante da empresa, a maioria de seus produtos são aplicados em habitações sociais, que precisam ter um custo reduzido para viabilizar o negócio. Sendo assim, é possível identificar um viés da estratégia voltada para visão de sustentabilidade apresentada na Figura 6, que tem como motivador atender as necessidades da população localizada na base inferior da pirâmide de renda.

Analisando o modelo de valor sustentável para empresa, apresentado também na Figura 6, é possível verificar que esta possui dificuldades no gerenciamento do produto, pois a integração com os *stakeholders* não está difundida no processo. A indústria tem capacidade para receber até 50 caçambas de RCD por dia, mas opera normalmente com apenas 10, número que poderia ser facilmente ampliado se houvesse

uma abordagem mais efetiva junto aos fornecedores e sociedade de maneira geral. Mesmo diante dos altos índices de geração de RCD na cidade de Campo Grande, a empresa ainda encontra dificuldades em receber o material devidamente selecionado, ou seja, contendo apenas resíduos de classe A. Durante as visitas realizadas à fábrica foi possível verificar a ausência de iniciativas para conscientização dos geradores, ações simples, como a realização de treinamento nos canteiros de obras, poderiam motivar os geradores e aumentar o volume de RCD enviado para reciclagem.

No período em que foram realizadas as visitas técnicas, a fábrica manteve os mesmos equipamentos e instalações, mas a quantidade de funcionários foi reduzida devido à baixa demanda pelos produtos alternativos produzidos pela empresa.

O conceito de eco inovação, elaborado por Kemp e Pearson (2008 apud Barbieri et al, 2010), descreve que o produto desenvolvido deve ser capaz de reduzir impactos ao longo de seu ciclo de vida. Segundo Barbieri et al (2010), a grande dificuldade das empresas que buscam inovação e sustentabilidade está na procura pelo desenvolvimento de um produto ou serviço inovador, capaz de gerar resultados econômicos, sociais e ambientais positivos, concomitantemente. Baseado neste conceito é possível que perceber que a empresa estudada busca um produto inovador.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção é responsável pela geração de grande volume de resíduos, que causam impactos diretos ao meio ambiente. A disposição irregular do RCD é prejudicial para toda sociedade, impactando inclusive no tempo de vida útil dos aterros sanitários.

Analisando a quantidade de RCD gerado no país é possível perceber a necessidade do setor em se readequar para atender aos objetivos mundiais de redução de impactos e de consumo excessivo dos recursos naturais.

Grandes empresas estão se mobilizando e investindo na conscientização da sociedade sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem. O Cempre é um desses exemplos, composta por 39 grandes empresas que trabalham na busca pelo desenvolvimento sustentável.

A reciclagem e inserção do RCD na composição de novos materiais significa redução no consumo de matérias primas, de GEE e contribui para diminuição da poluição, favorecendo a sustentabilidade. Considerando o conceito de eco inovação e analisando as características dos blocos produzidos em Campo Grande, utilizando RCD como agregado, é possível perceber que a empresa estudada busca um produto inovador. No entanto, a metodologia adotada pela empresa, para produção dos blocos de RCD, apresenta algumas falhas, que distanciam o produto das dimensões da sustentabilidade.

A indústria foi beneficiada pelo PRODES, através da obtenção de incentivos para a instalação, com vistas à diversificação da base produtiva, à geração de empregos e melhoria da distribuição de renda da população de Campo Grande. No entanto, a Prefeitura Municipal não monitora o atingimento destes objetivos principais, e a fábrica atua com mão de obra reduzida, equipamentos adaptados e baixa produtividade.

O RCD é um material bastante heterogêneo, composto por matérias primas com diferentes características físicas e mecânicas, o que indica a necessidade de rigoroso controle do processo produtivo.

A caracterização dos blocos produzidos com RCD é complexa devido à ausência de uma norma brasileira específica para estes materiais. Considerando que os blocos contém cimento em sua composição, a caracterização destes foi baseada nos critérios

estabelecidos em normas elaboradas para blocos vazados de concreto, e de maneira geral, os ensaios indicaram que o produto atende as exigências da norma.

A análise dos resultados dos dois lotes avaliados aponta que os produtos são fabricados utilizando matéria prima heterogênea, porém os parâmetros de resistência mecânica e absorção de água estão de acordo com as especificações mínimas estabelecidas pelas normas para bloco de concreto, representando os pontos positivos do produto, além das questões ambientais, econômicas e sociais que o cercam.

Um ponto fraco identificado é que o bloco de RCD requer um período maior entre sua produção e comercialização, pois os ensaios apontaram que suas propriedades físicas e mecânicas apresentaram resultados melhores aos 91 dias. Outro fator negativo é referente às dimensões do produto, que apresenta-se superior aos limites máximos estabelecidos pela norma. Considerando a heterogeneidade das matérias primas utilizadas no processo é reafirmada a importância da realização de ensaios sistemáticos, com rigoroso controle tecnológico, diagnosticando possíveis problemas e evitando a comercialização de lotes com algum comprometimento técnico.

O estudo de caso foi desenvolvido na única indústria que atua na fabricação de blocos com agregados reciclados de RCD no município de Campo Grande. A indústria não possui uma periodicidade de produção devido à baixa procura pelo produto, falta de investimento em equipamentos e mão de obra, além de baixa quantidade de RCD enviado pelos geradores, que pode ser explicado pelas falhas na integração com os *stakeholders*, principalmente os geradores de RCD e um possível mercado consumidor. Conforme descrito anteriormente, a empresa não possui um plano de ações voltado para obtenção de matérias primas em maior quantidade e melhor qualidade, ou seja, devidamente selecionadas.

A fábrica teria uma capacidade de beneficiar até 200 m<sup>3</sup> de RCD por dia, mas devido ao pequeno interesse dos geradores recebe em média 50 m<sup>3</sup>, que na maioria das vezes ainda precisam ser selecionados, pois apresentam outros materiais de construção que não podem ser utilizados no processo produtivo, tais como plásticos, aço, solo, entre outros. Os motivos para baixa atuação da empresa apontam para um conjunto de deficiências; por parte dos geradores, que possuem pouco conhecimento e interesse na separação e destinação adequada dos resíduos; por parte da empresa, que não utiliza ferramentas de gestão apropriadas e; por parte do poder público, que falha na fiscalização da legislação vigente.

Durante as visitas realizadas na fábrica, foi verificada ausência de práticas voltadas para gestão da qualidade, pois não existem critérios pré-estabelecidos para seleção de materiais, controle do teor de umidade e controle tecnológico periódico.

Diante do exposto, fica evidenciada a fragilidade do processo produtivo desenvolvido pela empresa, que ao melhorar o processo obteria, conseqüentemente, uma melhora no produto.

Considerando as Estratégias Ambientais Competitivas, Genéricas, é possível perceber que a empresa não utiliza ferramentas para divulgação dos produtos fabricados a partir RCD, evidenciando a necessidade de investimento para liderança, através da qual seria possível atrair a atenção de consumidores e investidores do mercado da construção.

Ao identificar que a fábrica estudada possui dificuldades na arrecadação de RCD para produção dos blocos, é possível verificar a dificuldade de implantação e fiscalização dos critérios adotados na Resolução nº 307 do CONAMA, onde foram estabelecidos procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. A escassez de profissionais aptos para atuar na fiscalização do atendimento a legislação vigente é um problema de nível nacional e Campo Grande também enfrenta essas dificuldades.

Analisando o processo de produção da empresa foi possível verificar a mesma atua em um segmento voltado para a sustentabilidade. No entanto, não adota estratégias ambientais competitivas e conceitos de sustentabilidade voltados para meio empresarial. Seria possível afirmar que a indústria é compatível com as diretrizes da estratégia competitiva que fica na liderança ambiental, com base no custo, pois o foco do negócio é a comercialização de produtos fabricados com RCD, com valor 25% menor que o praticado pelo mercado convencional, o produto possui competitividade devido ao custo reduzido. O valor reduzido, se comparado aos blocos de concreto convencionais, nem sempre é determinante para escolha pelo produto, pois os consumidores não tem acesso a informações sobre a qualidade técnica, além de muitas vezes resistirem à utilização de materiais reciclados.

Durante a realização do estudo de caso, a empresa produziu apenas três lotes de blocos de RCD, disponibilizando dois para a realização dos ensaios, que apresentaram características distintas. Para obtenção de um panorama detalhado das especificações técnicas do material seria interessante a realização de ensaios e sistemáticos.

O desenvolvimento de metodologias práticas para a caracterização do RCD e seleção do material que pode ser reutilizado, como agregado, seria uma sugestão de tema a ser desenvolvido em trabalhos futuros, complementando tecnicamente os resultados obtidos neste estudo. Outra recomendação é referente ao aprofundamento do estudo de gestão do processo, com foco para logística reversa.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

ADEODATO, S. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. A lei na prática**. São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/download/pnrs\\_leinapratICA.pdf](http://www.cempre.org.br/download/pnrs_leinapratICA.pdf)> Acesso em: 3 Junho 2013.

AGOPYAN, V; SOUZA U.E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras: relatório final**. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.

ALBUQUERQUE, F. S; et al; **Caracterização tecnológica da areia grossa reciclada a partir de resíduo da construção civil para uso em reforço de subleito e sub-base de pavimentação de baixo volume de tráfego**. In: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 172p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Curso de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana.

ÂNGULO, S. C; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil - materiais reciclados e suas aplicações. São Paulo, 2001. Anais: São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004: Classificação dos resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10006: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004b.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 12118: Blocos Vazados de Concreto Simples – Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 15116: Agregados Reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Atlas brasileiro de emissão de GEE e potencial energético na destinação resíduos sólidos.** Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/atlas/atlas\\_envio\\_2.cfm](http://www.abrelpe.org.br/atlas/atlas_envio_2.cfm)> Acesso em 23 Maio 2013, 23:28h

\_\_\_\_\_. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil,** 2011. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)> Acesso em 25 Maio 2013, 16:28h

ATMAN, F. **Revista Veja. Sustentabilidade.** São Paulo, ano 44, n. 52, veja 2249, dez. 2011. 82p. Edição especial.

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. de. **Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições**. RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 50, n. 2, abr-jun, 2010.

BOURSCHEID, J. A; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo**, Florianópolis, IF-SC, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Julho, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de gestão de resíduos sólidos: Manual de Orientação. Apoiando a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: do nacional ao local**. Brasília, DF (2012). Disponível em: <<http://www.encontrodesenvolvimento.fnp.org.br/index.php/publicacoes>> Acesso em: 17 Junho 2012

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Informes Estatísticos Mensais do Setor Industrial**. Brasília, DF (2014). Disponível em:<<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=1478>> Acesso em: 02 Agosto 2014

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Anuário Estatístico - 2012**. Brasília, DF (2012). Disponível em:<<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=1479>> Acesso em: 02 Agosto 2014

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) no Brasil. Brasília, 2005**. Disponível em: <[http://www.cepam.sp.gov.br/arquivos/sisnama/meio\\_ambiente\\_em\\_temas/panorama\\_ma.pdf](http://www.cepam.sp.gov.br/arquivos/sisnama/meio_ambiente_em_temas/panorama_ma.pdf)>. Acesso em 10 Maio 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Agregados para construção civil. Perfil de brita para construção civil. Brasília, 2009.** Disponível em: < [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_mineracao\\_brasileira/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf)>. Acesso em 16 Setembro 2013.

BRITO, R. P. de.; BERARDI, P. C. **Vantagem Competitiva na Gestão Sustentável da Cadeia de Suprimentos: um MetaEstudo.** RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 50, n. 2, abr-jun, 2010.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo,** São Paulo, Humitas FFLCH/USP, 2003.

CÂMARA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Informativo econômico. Construção civil: desempenho e perspectivas.** Brasília, DF (2011). Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/files/textos/064.pdf>> Acesso em: 13 Junho 2012

CAMPO GRANDE. Câmara Municipal **Lei nº 3.020,** de 02 de dezembro de 1993. Disponível em: < <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/251974/lei-3020-93-campo-grande-ms>>. Acessado em 07 de junho de 2013.

\_\_\_\_\_. Câmara Municipal **Lei nº 4.864,** de 07 de julho de 2010. Disponível em: <<http://www.capital.ms.gov.br/diogrande/diarioOficial>>. Publicado em 09 de julho de 2010. Acessado em 07 de junho de 2013.

\_\_\_\_\_. Câmara Municipal **Lei nº 4.952,** de 28 de junho de 2011. Disponível em: <<http://www.capital.ms.gov.br/diogrande/diarioOficial>>. Publicado em 30 de junho de 2011. Acessado em 07 de junho de 2013.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal. **Plano municipal de saneamento básico gestão integrada de resíduos sólidos.** 2012

CAMPOS, I. F. **Estratégia Ambiental como Vantagem Competitiva: Caso Ecomercado Palhano**. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2011, Rio de Janeiro - RJ.

CASSA, J. C. S. (Org); et al. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Projeto Entulho Bom**. Salvador, 2001. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/70253833/Projeto-Entulho-Bom>> Acesso em: 18 Junho 2012.

CINTRA, L. **Qual a diferença entre reciclar e reutilizar?**. Revista Super Interessante Blog, 2013. Disponível em:< <http://super.abril.com.br/blogs/ideias-verdes/qual-a-diferenca-entre-reciclar-e-reutilizar/>> Acesso em: 5 Agosto 2014.

Compromisso Empresarial para Reciclagem - Cempre. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/cempre\\_institucional.php](http://www.cempre.org.br/cempre_institucional.php)> Acesso em: 3 Junho 2013.

ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone Publishing Limited, 1999.

EVANGELISTA, P. P. A; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. **Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, abr./jul. 2010.

FREIRE, V. D; COSTA, D. B. **Avaliação do nível de implantação de práticas de gestão de resíduos em canteiros de obras**. In: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

GEHRKE, A. E. B; SATTLER, M. A. **Dificuldades encontradas na implantação da Resolução CONAMA nº307/02, em municípios de pequeno porte: estudo de caso para a Região do Vale do Caí-RS.** VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória, 2011.

GODINHO, H. D; CAMBAÚVA, G. F; MAK, A. P. **A Ética aplicada para o sucesso nos Negócios.** In: IX Seminário em Administração - SEMEAD. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo, 2006.

HART, S. L.; MILSTEIN, M.B. **Criando valor sustentável.** GV-executivo, vol. 3, n. 2, maio-jul 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2011.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em 19 Junho 2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. Censo 2010.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 16 Junho 2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabpdf\\_man\\_res\\_sol.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabpdf_man_res_sol.shtm)>. Acesso em 07 Abril 2012

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Históricas e Estatísticas. Carteira de trabalho assinada.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?t=carteira-trabalho-assinada-empregados-total-sexo&vcodigo=PD352>>. Acesso em 07 Abril 2012

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análises da economia mineral brasileira.** Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>>. Acesso em 07 julho 2012

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Produção mineral brasileira em US\$ bilhões.** Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004429.pdf>>. Acesso em 04 julho 2014

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos - Relatório de Pesquisa.** Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf)>. Acesso em 10 Abril 2012

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Nota Técnica. Estimativas do Déficit Habitacional brasileiro (PNAD 2007-2012).** N. 5. Brasília, 2013. Disponível: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota\\_tecnica/131125\\_notatecnicad rur05.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/131125_notatecnicad rur05.pdf)>. Acesso em 10 Maio 2014

ISAIA, G. C. Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. **Sustentabilidade na Construção Civil: a contribuição do concreto.** In. São Paulo, 2005. Cap. 50 – Vol.2.

I&T GESTÃO DE RESÍDUOS. Textos técnicos. Disponível em: <<http://www.ietsp.com.br/text/technical>> Acesso em: 20 Maio 2012

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

JORNAL DA GLOBO. Coluna Sustentável. **Empresas públicas e privadas faturam com a reciclagem de entulho.** Edição do dia 18/10/2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2012/10/empresas-publicas-e-privadas-faturam-com-reciclagem-de-entulho.html>>. Acesso em 08 de Junho de 2013.

LACERDA, L. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Centro de Estudos em Logística–COPPEAD, p. 3, 2002.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2001. 290 p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da Universidade Universidade Federal do Rio Grande Do Sul.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. São Carlos, 1999. 223 p. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

LIMMER, C. V., **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro, LTC, 1996.

LOVATO, M. L. **Greenwashing no Brasil: quando a sustentabilidade ambiental se resume a um rótulo**. In: I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia política – UFSM. III Seminário Ecologia política e direito na América Latina. Rio Grande do Sul, 2012.

MALAIÁ, M; BRITO, J; BRAVO, M. **Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 117-130, jul./set. 2011.

MARCONDES, A. W; BACARJI, C. D. **ISE – Sustentabilidade no Mercado de Capitais**. 1.<sup>a</sup> edição. São Paulo, Report Editora, 2010.

MEDINA, H. V. **Produção e uso sustentável de materiais: gestão ambiental e análise do ciclo de vida**. In: 61º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM. Rio de Janeiro, 2006.

MUNCK, L; DIAS, B. G; SOUZA, R. B. **Competências para a sustentabilidade organizacional: a proposição de uma ferramenta de análise da ecoeficiência.** In: XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI. São Paulo, 2011.

NASCIMENTO, E. P. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012.

OLIVEIRA, V. F.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. O papel da indústria da construção civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional. The 4th International Congress on University-Industry Cooperation, Taubate/SP, 2012.

ORSATO, R. J. **Competitive Environmental Strategies: When Does it Pay to be Green?** California Management Review, v. 48, p. 127-143, 2006.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999, 190 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PIERETTI, L.; MILANI, A. P. S ; YUBA, A.N . **Estudo do impacto ambiental no processo de produção de tijolos de solo-cimento e de blocos de resíduo de construção civil.** In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela - RS. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010.

PIMENTEL, U. H. O; et al; **Gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de João Pessoa: em busca de um ambiente urbano auto-sustentável.** In: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos.** Disponível em CD-ROM.

PUCCI, R. B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo a resolução CONAMA 307.** São Paulo, 2006. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Mestrado em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 138 p.

REVISTA EM DISCUSSÃO! **ONU estabelece três pilares para o desenvolvimento sustentável dos países: econômico, social e ambiental** Brasília: Revista de audiências públicas do Senado Federal., ano 3, n. 11, jun. 2012. 33 p..

RIBEIRO, R. L. **Diagnóstico dos resíduos de construção e demolição em Campo Grande –MS**. Campo Grande, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 87 p.

SABBATINI, F.H. **Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios**. São Paulo: EPUSP-PCC, 2003.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para do século XXI – Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundação para o desenvolvimento administrativo, 1993.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado Profissional) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 173 p.

SILVA, M. P. **Um estudo sobre a estimativa inicial do custo de construção e o custo obtido durante o processo orçamentário**. Rio de Janeiro, 2010. Projeto de graduação – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 65 p.

SILVA, L. N; BARROS, H. do C; JESUS, J.M. H; **A experiência da implantação de uma ATT na cidade de Cuiabá-MT**. In: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

SILVA, R. B; et al; **As certificações ambientais como impulsionadoras na busca pela sustentabilidade na construção civil**. In: ENARC - Encontro Nacional sobre

Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

SINDUSCON – São Paulo. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil. A experiência do SindusCon-SP**. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/Manual\\_RC\\_D\\_Sinduscon\\_SP.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Manual_RC_D_Sinduscon_SP.pdf)> Acesso em: 21 Maio 2012

TELLES, P. C. da S (1984). **História da Engenharia no Brasil - Séculos XVI a XIX**. 1. Ed, Editora S.A. 1984. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABoQAAE/historia-engenharia-no-brasil>> Acesso em: 13 Maio 2012

WERLE, L. E. L; et al; **Avaliação do emprego de aditivos em concreto produzido com agregado reciclado de concreto (ARC)**. In: ENARC - Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2011, Maceió. **Anais eletrônicos**. Disponível em CD-ROM.

ZORDAN, E. S. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. Campinas, 1997, 139 p. Dissertação. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.

## APÊNDICE A - ENSAIO DE GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO

O ensaio de composição granulométrica no RCD utilizado para produção dos blocos da empresa “X” foi realizado através do método de peneiramento estabelecido na NBR NM 248 (2001).

- Material utilizado na produção do lote 1

Abertura da Peneira (mm)	MASSA RETIDA (g)			PORCENTAGEM RETIRADA	
	1ª DET	2ª DET	MÉDIA	INDIVIDUAL	ACUMULADA
12,5	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
9,5	71,9	64,3	68,1	7,00	7,00
6,3	111,5	124,2	117,9	11,77	18,77
4,75	103,5	107,7	105,6	10,55	29,31
2,36	200,2	212,4	206,3	20,60	49,91
1,18	156,1	146,0	151,1	15,08	65,00
0,6	50,0	50,1	50,1	5,00	70,00
0,3	143,8	128,6	136,2	13,60	83,60
0,15	95,2	101,0	98,1	9,80	93,39
< 0,15	69,2	66,5	67,9	6,78	-
Total	1001,4	1000,8	1001,1	100	-

Dimensão máxima característica: 12,5 mm

Módulo de Finura: 3,97

- Material utilizado na produção do lote 2

Abertura da Peneira (mm)	MASSA RETIDA (g)			PORCENTAGEM RETIRADA	
	1ª DET	2ª DET	MÉDIA	INDIVIDUAL	ACUMULADA
12,5	105,0	101,0	103,0	3,44	3,44
9,5	185,0	235,0	210,0	7,00	10,44
6,3	272,0	285,0	278,5	9,29	19,73
4,75	151,0	159,0	155,0	5,17	24,90
2,36	313,0	317,0	315,0	10,51	35,41
1,18	261,0	253,0	257,0	8,57	43,98
0,6	208,0	151,0	179,5	5,99	49,97
0,3	558,0	584,0	571,0	19,05	69,02
0,15	653,0	623,0	638,0	21,28	90,30
< 0,15	292,0	291,0	291,5	9,72	-
Total	2998,0	2999,0	2998,5	100	-

Dimensão máxima característica: 12,5 mm

Módulo de Finura: 3,24





## APÊNDICE C - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

c) Lote 01

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 02/10/13

Norma utilizada: NBR 12.118/06

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resist. à Compressão (MPa)
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)			
2852	142	190	390	55380	124000	2,24
2853	140	185	390	54600	130000	2,38
2854	140	190	390	54600	130000	2,38
2855	140	185	390	54600	114000	2,09
2856	142	190	390	55380	150000	2,71
2857	142	190	390	55380	186000	3,36
2858	140	190	390	54600	106000	1,94
2859	140	190	390	54600	190000	3,48
2860	140	190	390	54600	152000	2,78
2861	140	190	390	54600	118400	2,17

$$f_{bk, est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$i = n/2$ , se n for par;

$i = (n-1)/2$ , se n for ímpar;

$$F_{bk, est} = 1,84 \text{ MPa}$$

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 04/12/13

Norma utilizada: NBR 12.118/06

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resist. à Compressão (MPa)
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)			
3293	140	190	390	54600	190000	3,47
3294	140	190	390	54600	136000	2,49
3295	145	190	390	56550	154000	2,72
3296	140	188	390	54600	172000	3,15
3297	140	190	390	54600	114000	2,08
3298	142	190	390	55380	146000	2,63
3299	140	190	390	54600	146000	2,67
3300	140	188	390	54600	172000	3,15
3301	141	189	390	54990	212000	3,85

$$f_{bk, est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$i = n/2$ , se n for par;

$i = (n-1)/2$ , se n for ímpar;

$$F_{bk, est} = 2,13 \text{ MPa}$$

d) Lote 02

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 05/03/14

Norma utilizada: NBR 12.118/06

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resist. à Compressão (MPa)
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)			
489	141	183	388	54708	224000	4,09
490	142	183	388	55096	226000	4,10
491	142	178	390	55380	352000	6,35
492	140	184	390	54600	204000	3,73
493	141	180	390	54990	346000	6,29
494	142	178	390	55380	314000	5,66
495	141	179	391	55131	312000	5,65
496	141	178	390	54990	264000	4,80
497	140	180	390	54600	320000	5,86
498	141	181	393	55413	298000	5,37

$$f_{bk, est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

$i = (n-1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$$F_{bk, est} = 2,99 \text{ MPa}$$

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 07/07/14

Norma utilizada: NBR 12.118/06

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resist. à Compressão (MPa)
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)			
1181	141	177	392	55272	350000	6,33
1182	141	180	392	55272	236000	4,26
1183	139	183	392	54488	242000	4,44
1184	140	182	392	54880	166000	3,02
1185	141	179	392	55272	226000	4,08
1186	142	178	392	55664	266000	4,77
1187	140	183	392	54880	238000	4,33
1188	139	185	392	54488	292000	5,35
1189	140	185	392	54880	356000	6,48
1190	140	185	392	54880	358000	6,52

$$f_{bk, est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$i = n/2$ , se  $n$  for par;

$i = (n-1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$$F_{bk, est} = 3,41 \text{ MPa}$$

## APÊNDICE D - ANÁLISE DIMENSIONAL

a) Lote 01

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 02/10/13

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)		
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)
2852	142	190	390
2853	140	185	390
2854	140	190	390
2855	140	185	390
2856	142	190	390
2857	142	190	390
2858	140	190	390
2859	140	190	390
2860	140	190	390
2861	140	190	390

Amostra	De acordo com a Norma		Médias das Dimensões dos Blocos Ensaados (mm)		
	Dimensões Nominais (mm)	Módulo	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
2352 a 2361	140x190x390	M - 15	140,6	189,0	390,0

OBS: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos máximas de  $\pm 2,0$  mm para largura e  $\pm 3,0$  mm para altura e comprimento

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 04/12/13

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)		
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)
3293	140	190	390
3294	140	190	390
3295	145	190	390
3296	140	188	390
3297	140	190	390
3298	142	190	390
3299	140	190	390
3300	140	188	390
3301	141	189	390

Amostra	De acordo com a Norma		Médias das Dimensões dos Blocos Ensaçados (mm)		
	Dimensões Nominais (mm)	Módulo	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
3293 a 3301	140x190x390	M - 15	140,9	189,4	390,0

OBS: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos máximas de  $\pm 2,0$  mm para largura e  $\pm 3,0$  mm para altura e comprimento

b) Lote 02

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 05/03/14

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)		
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)
489	141	183	388
490	142	183	388
491	142	178	390
492	140	184	390
493	141	180	390
494	142	178	390
495	141	179	391
496	141	178	390
497	140	180	390
498	141	181	393

Amostra	De acordo com a Norma		Médias das Dimensões dos Blocos Ensaiaados (mm)		
	Dimensões Nominais (mm)	Módulo	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
489 a 498	140x190x390	M - 15	141,1	180,4	390,0
OBS: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos máximas de $\pm 2,0$ mm para largura e $\pm 3,0$ mm para altura e comprimento					

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 07/07/14

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)		
	Larg. (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp. (l) (mm)
1181	141	177	392
1182	141	180	392
1183	139	183	392
1184	140	182	392
1185	141	179	392
1186	142	178	392
1187	140	183	392
1188	139	185	392
1189	140	185	392
1190	140	185	392

Amostra	De acordo com a Norma		Médias das Dimensões dos Blocos Ensaiaados (mm)		
	Dimensões Nominais (mm)	Módulo	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
1181 a 1190	140x190x390	M - 15	140,3	181,7	392,0

OBS: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos máximas de  $\pm 2,0$  mm para largura e  $\pm 3,0$  mm para altura e comprimento

### APÊNDICE E – ABSORÇÃO

a) Lote 01

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 02/10/13

CP Nº	Massa Natural – m3 (g)	Massa Seca – m1 (g)	Massa úmida – m2 (g)	Absorção (%)
2835	10300	10200	11650	14,22
2836	9800	9750	11200	14,87
2837	9700	9600	11150	16,15
Absorção média				15,08

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 04/12/13

CP Nº	Massa Natural – m3 (g)	Massa Seca – m1 (g)	Massa úmida – m2 (g)	Absorção (%)
3303	10400	10200	11300	10,78
3304	11200	10700	11700	9,35
3305	9800	9500	10600	11,58
Absorção média				10,57

## b) Lote 02

- Idade: 28 dias

Data do ensaio: 05/03/14

CP Nº	Massa Natural – m3 (g)	Massa Seca – m1 (g)	Massa úmida – m2 (g)	Absorção (%)
499	-	10200	11600	13,73
500	-	10200	11500	12,75
501	-	9900	11100	12,12
Absorção média				12,86

- Idade: 91 dias

Data do ensaio: 07/07/14

CP Nº	Massa Natural – m3 (g)	Massa Seca – m1 (g)	Massa úmida – m2 (g)	Absorção (%)
1191	-	9720	10900	12,14
1192	-	10040	11320	12,75
1193	-	10220	11400	11,55
Absorção média				12,14

**ANEXO A – TABELA DA NBR NM 248 (2001)**

Tabela 1. Série de peneiras.

Série Normal	Série intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
0,6 mm	-
0,3 mm	-
0,15 mm	-

### ANEXO B – TABELAS DA NBR 6137 (2007)

Tabela 3. Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração.

Classe	Resistência característica fbk (Mpa)	Absorção média ( %)		Retração (%)
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0\%$	$\leq 13,0\%$	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$		(média)	
C	$\geq 3,0$		$\leq 16,0\%$	
D	$\geq 2,0$		(individual)	

Tabela 4. Tamanho da amostra.

Número de Blocos do lote	Número de blocos da amostra		Número mínimo de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão		Número de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
Até 5000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5001 a 10000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
100001 a 20000	10 ou 13	10 ou 13	10	6	3

## ANEXO C - RESULTADOS HISTÓRICOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

1. Data do ensaio: 14/09/06 - Idade:17 dias

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência à Compressã o em (MPa)
	Larg (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp (l) (mm)			
2631	125	205	500	62.500	198.000	3,2
2632	125	205	500	62.500	168.000	2,7
2633	125	205	500	62.500	198.000	3,2

$$f_{bk, est} = 2 \left[ \frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$i = n/2$ , se n for par;

$i = (n-1)/2$ , se n for ímpar;

$F_{bk, est} = 2,70$  MPa

2. Data do ensaio: 09/07/11 - Idade:28 dias

CP Nº	Dimensões Reais médias (mm)			Área Bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência à Compressã o em (MPa)
	Larg (b) (mm)	Altura (h) (mm)	Comp (l) (mm)			
5181	140	184	390	54.600	184.000	3,4
5182	140	185	390	54.600	186.000	3,4
5183	138	188	390	53.820	140.000	2,6

$F_{bk, est} = 2,60$  MPa