

2020

VALDEMIR RODRIGUES DE OLIVEIRA JR
MARCEL RICARDO NOGUEIRA DE OLIVEIRA
JULIANO PIZZANO AYOUB
EDSON JOSÉ FONSECA JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS
EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
EXECUTADAS COM PAINÉIS
AUTOPORTANTES**



Valdemir Rodrigues de Oliveira Junior
Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Julianno Pizzano Ayoub
Edson José Fonseca Junior

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RECICLA-
DOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
EXECUTADAS COM PAINÉIS AUTO-
PORTANTES**

EDITORA PASCAL
2020

2020 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr^a. Ildenice Nogueira Monteiro

Dr. Raimundo Luna Neres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V144u

Oliveira Junior, Valdemir Rodrigues de

Utilização de materiais reciclados em estruturas de concreto executadas com painéis autoportantes. / Valdemir Rodrigues de Oliveira Junior, Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira, Julianno Pizzano Ayoub e Edson José Fonseca Junior. São Luís - Editora Pascal, 2020.

76 f. ; il.:

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-25-0

D.O.I.: 10.29327/523304

1. Construção Civil. 2. Construção sustentável. 3. Geração de Resíduos. 4. Materiais recicláveis. I. Oliveira Junior, Valdemir Rodrigues de; II. Oliveira, Marcel Ricardo Nogueira de; III. Ayoub, Julianno Pizzano; IV. Fonseca Junior, Edson José. V. Título.

CDD: 69:01:658.5

Qualquer parte deste livro poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, de de que seja citado o autor.

2020

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

A presente obra elucida os principais tópicos acerca dos métodos construtivos mais usuais, demonstra a elaboração de quantitativo de materiais e compara o uso de materiais reciclados com os não reciclados. São abordados temas como especificidade de formas e sistemas, fundação, armação, aplicação do concreto e outras bases da construção civil.

Munida dos fundamentos da construção, a obra “Utilização de Materiais Reciclados em Estruturas de Concreto Executadas com Painéis Autoportantes” aprofunda a importância da escolha de materiais, avaliando com propriedade as vantagens e desvantagens da implantação dos materiais reciclados na construção civil.

São apresentados dados e resultados de testes de resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, resistência ao choque e outras análises específicas que possibilitam uma constatação técnica clara.

Embasando-se na análise prática e na revisão bibliográfica o livro ainda traz uma comparação de orçamentos para entendimento claro dos prós e contras do material reciclado.

Autores

AGRADECIMENTOS

Agradecimento é a palavra que melhor expressa a sensação dos autores por esse livro.

Primeiro à Deus.

Seguido pelo agradecimento aos mais que colegas de engenharia, amigos, que após trabalho duro, e dedicação dividem a autoria dessa obra.

Aos professores, os quais passaram pelas nossas vidas ao longo de tantos anos dentro de sala de aula, e que contribuíram ao nosso conhecimento.

E a todos os envolvidos que direta ou indiretamente, influenciaram essa obra.

Obrigado, muito obrigado!

RESUMO

A Construção Sustentável em conjunto com os sistemas construtivos existentes tende a promover intervenções ao meio ambiente, adaptando-se às necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Neste contexto, este estudo teve por objetivo apresentar a possibilidade do uso de materiais alternativos ao concreto convencional através do método construtivo de Paredes Moldadas no Local existente no mercado da construção civil, utilizando-se de formas montadas in-loco com preenchimentos alternativos ao concreto convencional, no caso com agregados de pneus e pet triturados. A metodologia utilizou inicialmente a pesquisa bibliográfica para aprofundar os conhecimentos sobre a temática apresentando os métodos construtivos mais usuais, e na segunda etapa foi elaborado o pré-projeto e quantitativo de materiais de uma unidade habitacional através de dois métodos de construção: de paredes de concreto armado moldadas no local com e sem o uso de materiais reciclados no concreto e alvenaria. Também foram realizados orçamentos para o estudo da viabilidade da utilização de agregados reciclados neste método, constatando-se que na utilização de materiais reciclados o concreto fica mais caro quando comparado com o convencional. A partir deste estudo foi possível comprovar a possibilidade do uso de material reciclável na construção civil. Conclui-se com este estudo que o método de fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus e pet é relativamente mais custoso para a execução de obras de pequeno porte se comparado com o concreto convencional e não atinge a resistência necessária para o concreto de Paredes Moldadas no Local, porém passaria a ser viável em termos de sustentabilidade, pois os resíduos de pneu e pet teriam uma destinação, e citando também em termos de planejamento, controle e produtividade não há a menor dúvida sobre a melhor escolha, pois apresenta um resultado muito satisfatório. Atualmente a questão do meio ambiente é muito valorizada para a empresa que a considera. Quanto menos resíduos a empresa produz mais ela está contribuindo para a sustentabilidade e para a preservação dos recursos naturais, sendo assim, ficou comprovada a viabilidade da proposta, possibilitando possíveis subsídios fiscais que também auxiliariam na viabilidade do método.

Palavras-chave: Construção civil. Construção sustentável. Geração de Resíduos. Materiais recicláveis.

ABSTRACT

The Sustainable Building together with existing building systems tends to promote interventions to the environment, adapting to the needs of use, production and human consumption without depleting natural resources, preserving them for future generations. In this context, this study aimed to present an adaptation of the construction method in the construction market, using forms mounted in place that enable alternative fills the conventional concrete, in the case with tires and pet aggregates. The methodology initially used the literature to increase knowledge on the subject and presenting the most common construction methods, and in the second stage were developed a pre-project and quantitative material of a housing unit through two methods of construction: reinforced concrete walls cast in place with and without the use of recycled materials in concrete and masonry. Estimates were also carried out to study the feasibility of using recycled aggregates in this method, if finding that the use of recycled concrete is more expensive. From this study it was possible to prove the possibility of using recycled material in construction. It is concluded from this study that the concrete manufacturing method based on the use of tire rubber waste and pet is relatively more costly to execute small works compared with conventional and does not reach the necessary strength to the concrete walls molded in place, but would be feasible in terms of sustainability, because tire waste and pet have a destination, and also citing in terms of planning, control and productivity is not the slightest doubt about the best choice, because it presents a very satisfactory result. Currently the issue of the environment is highly valued for the company that considers. The less waste the company produces more it is contributing to the sustainability and not to affect the environment.

Key-words: Construction. Sustainable construction. Waste generation. Recyclable materials.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE NORMAS.....	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVO	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 CONSTRUÇÃO CIVIL E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS	14
4.2 ENGENHARIA CIVIL E A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	21
4.3 O CONCRETO ARMADO E ALVENARIA NA CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL	27
4.4. PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL.....	32
4.4.1 Tipos de formas	32
4.4.2 Especificação técnica das formas	33
4.4.2.1 Forma de alumínio forsa Tipo de fôrma:	33
4.4.2.2 Forma HF ROHR	33
4.4.2.3 Concreform – morar SH.....	34
4.4.2.4 Sistema Tecwall.....	35
4.4.2.5 Doka	36
4.5 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO NO LOCAL.....	36
4.5.1 Comparativos do método com diferentes formas.....	37
4.5.2 Processo construtivo do método de paredes moldadas no local	38
4.5.2.1 Fundação	38
4.5.2.2 Armação e modelagem.....	39
4.5.3.4 Critério de escolha das fôrmas.....	40
4.5.2.5 Lajes	41
4.5.2.6 Aplicação do concreto.....	41

4.5.2.7 Desforma	42
4.5.2.8 Cura do concreto	42
4.5.2.9 Acabamento	42
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	45
6.1 USO DE MATERIAIS RECICLADOS NO CONCRETO	45
6.6.1 Estudo e análise da fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus	45
6.1.2 Estudo e análise da fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus com aditivo químico	47
6.1.3 A aplicação de fibras de garrafa pet (polietileno tereftalato) como agregado do concreto	47
6.2 PROJETO DA EDIFICAÇÃO COM PAREDES DE CONCRETO.....	51
6.3 COMPARATIVO DE ORÇAMENTOS	55
7. CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72

LISTA DE NORMAS

NBR 15112/2004: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem– Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;

NBR 15113/2004: Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;

NBR 15114/2004: Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação;

NBR 15115/2004: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação Procedimentos;

NBR 15116/2004: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos; NBR 16055/2012: Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos.

NBR 6118/2014: Esta Norma fixa os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e pretendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais.



1. INTRODUÇÃO

A Construção Sustentável em conjunto com os sistemas construtivos existentes tende a promover intervenções ao meio ambiente, adaptando-se às necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras.

Grandes projetos dentro da construção civil são viabilizados por aliarem às necessidades de crescimento e consumo, não perdendo as iniciativas de um mercado competitivo e exigente quanto à produção, consumo e culturas exigentes com soluções que garantem a sustentabilidade do planeta (SILVA; SILVA, 2010, p. 15).

A aplicação de medidas racionalizadas aumenta o nível organizacional dos processos, que é a base da industrialização.

Entende-se por industrialização da construção o processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho, técnicas de planejamento e controle objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (MAMEDE; CORREA, 2001, p. 20).

Novos métodos construtivos são elaborados a partir da industrialização e do advento da tecnologia e que desenvolvem as técnicas da construção civil. Materiais e equipamentos foram desenvolvidos para atender as demandas de redução de custos, minimizar o tempo da obra, diminuir a geração de resíduos e desperdício de material (SILVA; SILVA, 2010).

O mercado da construção civil encontra-se aquecido, portanto sofre com falta de mão de obra e matéria prima, isso porque segundo Silva e Silva (2010, p. 6).

A construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. Atualmente, o consumo de cimento é maior que o de alimentos e o de concreto só perde para o de água. Para cada ser humano, são produzidos 500 quilos de entulho, o que equivale a 3,5 milhões de toneladas por ano. Esses dados fazem da construção civil a indústria mais poluente do planeta.

As construções sustentáveis surgem com o objetivo de melhorar o custo benefício e atender a demanda ambiental. Para tanto o investidor deve planejar o método de construção que atenda ao seu projeto e necessidade. (SILVA; SILVA, 2010).

Os sistemas construtivos sustentáveis têm sido bastante utilizados por garantirem produção em larga escala e um controle da fabricação, mão de obra e redução de resíduos. Neste contexto, este estudo buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: é viável a utilização de material reciclado de PET e resíduos de borracha

de pneu na execução de parede de concreto moldado in loco?

2. JUSTIFICATIVA

A construção civil tem buscado a racionalização dos seus métodos construtivos a fim de reduzir os custos da construção, atender a demanda da sustentabilidade no que tange aos recursos naturais do planeta e a qualidade de vida do indivíduo; neste sentido os projetos com métodos construtivos racionalizados têm sido muito valorizados.

A adoção de estratégias em projetos que resultem em um sistema construtivo sustentável é o caminho para melhorar a eficiência associado à diminuição de geração de resíduos. Para tanto o sistema construtivo convencional precisa ser revisto em várias etapas para que busquem a qualidade da construção final como um todo, atendendo a produtividade e os lucros, como também a questão do meio ambiente. Ademais foca também numa melhor qualidade de vida para a população.

O estudo teve também sua importância ao contribuir com as produções científicas da academia, mas não teve a intenção de esgotar as questões acerca desta temática, podendo haver continuidade.

Neste contexto, este trabalho justifica sua importância ao demonstrar o emprego de materiais reciclados como parte do preenchimento de fôrmas para o método das Paredes Moldadas no Local empregado em casas modulares de baixo padrão.

3. OBJETIVO

Analisar a viabilidade da utilização de material reciclado de PET e borracha triturada de pneu na execução de parede de concreto moldado *in loco* em uma casa popular de baixo padrão.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONSTRUÇÃO CIVIL E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Dentro da construção civil pode haver muitos desperdícios de materiais, pois é a indústria que mais utiliza recursos naturais. Tanto o gerenciamento de resíduos quanto a exploração de matérias primas são duas grandes preocupações da construção civil. Os resíduos são gerados por construções, reformas, escavações, demolições e podem ocupar grande volume final. O plano de gerenciamento de resíduos na construção civil deve: prevenir e minimizar os resíduos; sustentabilidade; viabilidade; proteção dos recursos naturais; investir no meio ambiente; campanhas de conscientização e programas educacionais, entre outros (MARIANO, 2008).

A perda metálica (PM) é a quantidade de sucata gerada para cada tonelada de material produzido, esta é a geração de sobras de material no processo cujo comprimento não é aproveitado e deve ser descartada nas caçambas (FELÍCIO, 2012, p. 28).

FIGURA 1 – CAÇAMBA COM PERDA METÁLICA



FONTE: Felício (2012, p. 28).

Como se pode verificar na figura acima as perdas são responsáveis por uma grande produção de resíduos nas obras da construção civil e estão presentes em vários âmbitos, como pode ser verificado no quadro abaixo:



QUADRO 1 – DAS PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

PERDAS	CONCEITO	EXEMPLO
Perdas por superprodução	Produção de componentes ou processamento de materiais perecíveis, em quantidades superiores às necessárias (quantitativa) ou antecipadamente	Produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho
Perdas por manutenção de estoques	Existência de estoques elevados de materiais, produtos em processo ou produtos inacabados, que podem ser originados por erros de planejamento ou programação.	Elevada quantidade de argamassa sendo estocada desnecessariamente
Perdas por transporte	Este tipo de perda está relacionado a todas as atividades de movimentação de materiais que geram custos e não adicionam valor.	Blocos cerâmicos transportados de forma inadequada favorecendo quebra
Perdas no movimento	São todos os esforços e movimentos realizados pelos trabalhadores desnecessariamente durante a execução de operações, interferindo negativamente na produtividade.	Falta de organização dos postos de trabalho
Perdas por espera	As perdas por espera estão associadas aos períodos de tempo nos quais os trabalhadores e os equipamentos não estão sendo usados produtivamente.	A interrupção de um serviço por falta de material para a execução de uma determinada atividade
Perdas por fabricação de produtos defeituosos	Ocorrem quando são fabricados produtos que não estão de acordo com os requisitos de qualidade especificados em projeto	Os retrabalhos, ainda muito frequentes no setor da construção civil.
Perdas no processamento em si	Atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos, decorrentes da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento dos operários ou deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos.	Recortes nas pedras cerâmicas para ajustes às áreas a serem revestidas.
Perdas por substituição	Utilização de materiais com características de desempenho superiores ao especificado em projeto	Oficiais (pedreiros, carpinteiros, etc) transportando materiais ou limpando o canteiro de obras, tarefas que de modo geral são realizadas por serventes

FONTE: SEBRAE/SENAI (2000).

As perdas na construção civil se dividem nos desperdícios que englobam os materiais e os recursos humanos. No grupo em que estão as perdas por desperdícios de materiais são os responsáveis pela geração de resíduos, e que são:

- Perdas por superprodução;
- Perdas por manutenção de estoques;
- Perdas por transporte;
- Perdas por fabricação de produtos defeituosos;
- Perdas no processamento em si.



A perda é um grande problema vivido na construção civil sendo necessário um planejamento para o gerenciamento de resíduos.

Segundo o CONAMA nº 307¹, os resíduos do tipo classe A, são os provenientes da construção civil e são conceituados como:

Os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos, cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, p. 1).

A busca por uma produção sem desperdícios geraram muitas estratégias que foram desenvolvidas por meio de teorias e estudos.

A teoria da produção enxuta em 1980 foi proposta com o

Objetivo de aperfeiçoar os processos e procedimentos na produção visando redução contínua de desperdícios alinharem o processo e criar valor para o produto de acordo com as necessidades do cliente (FELÍCIO, 2012, p. 29).

A produção enxuta teve como foco principal a eliminação total dos desperdícios. O Just in time (JIT) propõe:

Um controle rígido do processo para que o abastecimento aconteça exatamente quando solicitado, evitando os estoques desnecessários, escassez ou desperdício (FELÍCIO, 2012, p. 30).

O Kaban é um sistema que controla toda a movimentação do material, coordenando todos os itens de acordo com a demanda final. Este processo é realizado por meio de um cartão (FELÍCIO, 2012).

O conceito do 5S é aplicado com

Um conjunto de cinco conceitos simples que, ao serem praticados, são capazes de modificar o ambiente de trabalho, a maneira de conduzir suas atividades rotineiras e as suas atitudes (FELÍCIO, 2012, p. 38).

Em específico para a construção civil o CONAMA nº 307 indica o gerenciamento de resíduos, que é definido como:

O sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (CONAMA, 2002, p. 2).

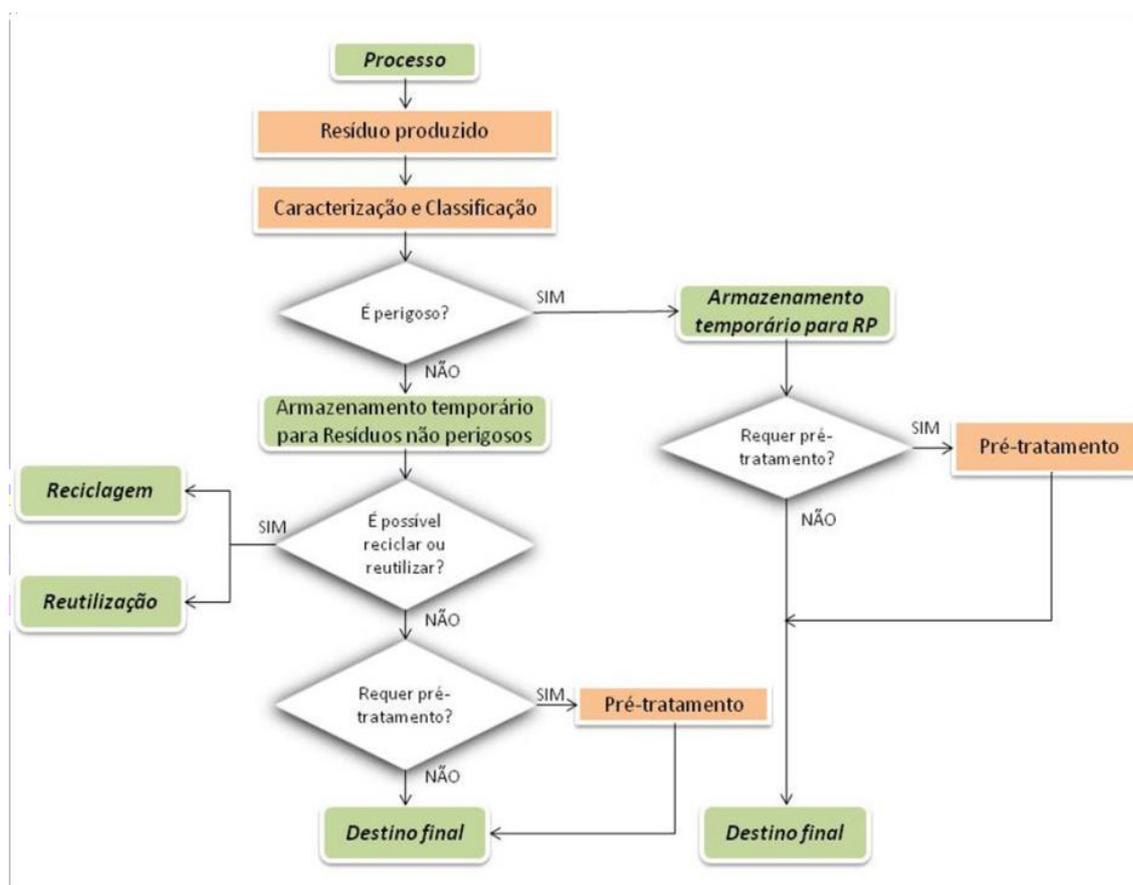
1 http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/2002_Res_CONAMA_307.pdf

Os estudos de Mariano (2008, p. 30) trazem o Manual de WAMBUCO² que apresenta:

Tecnologias para a prevenção/minimização de resíduos pelo tipo de material utilizado, como madeira, telhas, tinta branca de chumbo, tijolos, cerâmicas, entulhos e águas de construção.

Também o Guia de Boas Práticas da Universidade de Lisboa³ traz uma proposta e apresenta o fluxograma abaixo para o gerenciamento de gestão de resíduos por meio do Fluxograma de Gestão de resíduos.

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS



FONTE: Universidade de Lisboa (2006, p. 3)

Uma gestão de gerenciamento de resíduos pode ser benéfica tanto pro meio ambiente como para a construtora. Estudos de Tozzi apud Mariano (2008) apontaram que ao avaliarem duas obras constatou-se que a que tinha o gerenciamento de resíduos apontou diminuição de gastos com a redução de matéria prima e remoção de entulho. A obra sem este tipo de gerenciamento produziu um número muito maior de resíduos.

2 https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4518/1/Sa%C3%ADd_ELIVOL1_2005.pdf

3 <https://sites.google.com/a/campus.ul.pt/guia-de-gestao-de-residuos/>



Segundo a resolução do CONAMA nº 307 a prioridade é a não produção de resíduos, no entanto com a produção destes, devem-se providenciar três ações, que estão descritas na figura abaixo:

FIGURA 3 – PILARES DA RESOLUÇÃO DO CONAMA

3R's = Reduzir – Reutilizar - Reciclar

Adaptado - FONTE: SEBRAE/SENAI, 2006, p. 25

Neste sentido, a Resolução 307 do CONAMA exige um projeto de gerenciamento de resíduos na Construção Civil, principalmente dos grandes geradores, que em cada empreendimento deve encaminhar o projeto para os órgãos competentes, como os municipais e os ambientais.

Segundo o livro Gestão de Resíduos na Construção Civil, do SEBRAE/SENAI (2006, p. 25), o projeto deve contemplar as seguintes etapas:

Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

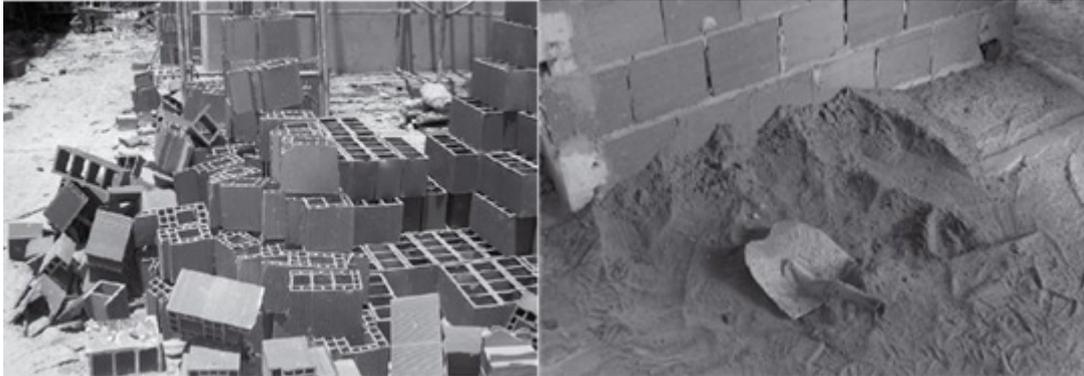
Triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos;

Acondicionamento: o gerador deverá garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem; **Transporte:** deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

Destinação: deverá ser prevista de acordo com a classificação de cada resíduo, como será visto na sequência deste trabalho.

Além do projeto proposto pela Resolução nº 307 também se deve adotar padrões de organização, limpeza e segregação dos resíduos na construção civil. Segundo o SEBRAE/SENAI (2006) estas três ações além de promover uma redução do índice de perdas e também previne acidentes de trabalho no canteiro. Na figura abaixo se pode verificar exemplos de desorganização e de organização no canteiro de obras.

FIGURA 4 – BLOCOS DE CERÂMICA MAL ACONDICIONADA E CIMENTO ESPALHADO.



FONTE: SEBRAE/SENAI (2006, p. 27).

FIGURA 5 - EXEMPLO DE ORGANIZAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE MATERIAIS



Fonte: SEBRAE/SENAI (2006, p. 27).

A organização dos materiais deve ser realizada, e na sequência providenciar o acondicionamento dos resíduos a fim de facilitar a sua retirada final.

Vários tipos de equipamentos podem ser utilizados no acondicionamento como as baias, os big bags, caçambas, entre outros. Todos estes devem estar sinalizados com as cores específicas estabelecidas pelo CONAMA Nº275⁴ (CONAMA, 2001).

Além das resoluções do CONAMA, também as Normas da ABNT⁵ dão respaldo legal para o gerenciamento de resíduos, conforme pode-se verificar abaixo, as normas são as seguintes:

- NBR 15112:2004;
- NBR 15113:2004;
- NBR 15114:2004;
- NBR 15115:2004;
- NBR 15116:2004.

O quadro abaixo dá exemplos de soluções para acondicionamento de resíduos:

4 <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>

5 <http://www.abnt.org.br/>



QUADRO 2 – EXEMPLOS DE SOLUÇÕES PARA ACONDICIONAMENTO INICIAL DOS RESÍDUOS

TIPO DE RESÍDUO	ACONDICIONAMENTO INICIAL
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, componentes cerâmicos, concreto, tijolos e similares	Pilhas formadas próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos
Madeira	Bombonas ou pilhas formadas nas proximidades da própria bombona ou dos dispositivos de transporte vertical
Plásticos (embalagens, aparas de tubulações, etc.)	Bombonas ou fardos
Papelão (sacos e caixas de embalagens utilizados) e papéis (escritório)	Bombonas ou fardos
Metal (ferro, aço, fiação, arame, etc.)	Bombonas
Serragem	Sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Gesso de revestimento, placas e artefatos	Sacos de embalagem do gesso ou sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Solos	Eventualmente em pilhas para imediata remoção
Telas de fachada e de proteção	Recolher após o uso e dispor em local adequado, sendo este já para acondicionamento final.
EPS (poliestireno expandido)	– ex: isopor Quando em pequenos pedaços, colocar em sacos de ráfia. Em placas, formar fardos.
Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas, instrumentos de aplicação (pincéis, broxas e trinchas) e outros materiais auxiliares (panos, trapos, estopas, etc.)	Manuseio com os cuidados observados pelo instrumento de trabalho. Imediato transporte abricante do insumo na ficha de segurança da embalagem ou do elemento contaminante do pelo usuário para o local de acondicionamento final.
Restos de uniformes, botas, panos e trapos sem contaminação por produtos químicos	Disposição nos <i>bags</i> para resíduos diversos sendo este acondicionamento final.

FONTE: PINTO et al apud SEBRAE/SENAI (2006, p. 30).



A vantagem na aplicação de um projeto de gerenciamento de resíduos em obras da construção civil vai refletir economicamente no custo da obra.

Outra estratégia que já vem sendo desenvolvida é a construção civil sustentável, como será apresentado na sequência.

4.2 ENGENHARIA CIVIL E A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Diante de todas as questões que foram abordadas em relação aos resíduos da construção civil, foram pensadas estratégias que dessem uma atenção especial na questão do meio ambiente minimizando os impactos ambientais causados pelas construções.

Neste sentido a sustentabilidade vem sendo discutida por diversos setores da sociedade, para que as ações do homem não comprometam o futuro do planeta. Para tanto a construção sustentável tem sido apontada como uma estratégia ou possível solução para que os recursos sejam utilizados de forma consciente e responsável.

Simas e Santana (2013, p. 4) conceituam as construções sustentáveis:

Construções sustentáveis, arquitetura sustentável, construção verde, arquitetura verde, construção ecológica são termos que definem o conceito de qualquer arquitetura construída com materiais recicláveis ou também chamado de biodegradáveis unidos ao uso de recursos tecnológicos de energia renovável é considerado como construção sustentável com o intuito de evitar impactos ambientais.

A construção sustentável, segundo Veras et al. (2012) é um tipo de construção que é planejada de forma consciente, e que as alterações em seu entorno vão atender as necessidades da construção sem comprometer o entorno, preservando os recursos do meio ambiente e garantindo a qualidade de vida.

Um projeto de construção civil para que seja considerado sustentável deve proporcionar redução de custo e qualidade de vida para os habitantes da futura obra e para quem está em seu entorno.

“O conceito “sustentável” envolve inicialmente projetar espaços saudáveis, confortáveis, economicamente viáveis e sensíveis às necessidades sociais” (MAY, 2014, p. 15).

Portanto, Simas e Santana (2013) apontam as características de um projeto sustentável:



- Uso de materiais redutíveis de poluição;
- Desenvolvimento de materiais e tecnologias menos agressores do ambiente;
- Reciclagem e reutilização de materiais e resíduos;
- Consumo racional da água e energia;
- Projetos urbanísticos mais integrados com a natureza;
- Aproveitamento de fontes de energia alternativas, como a solar, a eólica e geotérmica;
- Redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de elementos construtivos;
- Minimização do emprego de matérias-primas raras;
- Readequação de sistemas construtivos tradicionais para as necessidades atuais;
- Reaproveitamento da água de chuva;
- Redução de saída de resíduos sólidos prejudiciais a natureza e outros.

O Guia de sustentabilidade na construção (2008) aponta estratégias que podem ser aplicadas nos projetos da construção civil

- 1. Evitar grandes movimentações de terra:** Projetar o empreendimento seguindo a declividade do terreno. Para isso, é indicada a assessoria de um geólogo; Substituição dos muros de arrimo por taludes, quando possível; Utilização de biomantas ou telas nos taludes, para evitar erosões; Utilização da própria terra cortada para preenchimento de outras áreas. Utilizar Banco de Terra para destinação e compra de terra, antes de buscar no mercado ou destinar para aterro.
- 2. Conceber Plano do Uso Eficiente da Água:** Redução da quantidade de água extraída em fontes de suprimento; Redução do consumo e do desperdício de água; Aumento da eficiência do uso de água; Aumento da reciclagem e do reúso de água.
- 3. Variáveis humanas:** Um empreendimento deve oferecer conforto térmico e visual para seus usuários com o menor consumo de energia artificial possível. Entre as variáveis humanas que as determinam estão mecanismos

termorreguladores, vestimentas e atividades a serem executadas. **Variáveis climáticas:** Com relação ao clima deve-se analisar e buscar aproveitar a radiação solar, temperatura, ventos e umidade. Estes aspectos devem ser analisados sob as perspectivas do macro e microclima. **Variáveis arquitetônicas:** Conceitos, sistemas e ferramentas, dentre as quais os arquitetos podem selecionar as alternativas que, alinhadas às características climáticas, possam oferecer conforto no empreendimento com eficiência energética.

4. Gestão de materiais e resíduos sólidos: Existem vários benefícios da especificação correta para o sistema construtivo, com relação aos materiais empregados e a gestão de resíduos. Dentre eles está a redução dos custos com a geração dos resíduos, que consiste na redução do desperdício e dos custos decorrentes da aquisição de novos materiais.

Araújo (2012, p. 2) aponta que:

Quanto mais sustentável uma obra, mais responsável ela será por tudo o que consome, gera, processa e descarta. Sua característica mais marcante deve ser a capacidade de planejar e prever todos os impactos que pode provocar.

Martins (2010) em seus estudos sobre sustentabilidade na construção civil aborda que a sustentabilidade deve começar desde o planejamento do projeto e principalmente nos canteiros de obras, para tanto apontou alguns exemplos ilustrados por fotos.

FIGURA 6 – TALUDES PROTEGIDOS COM TELA PARA EVITAR A EROSÃO



FONTE: Martins (2010).

O autor aponta que as construções sustentáveis podem ser de cinco tipos, como pode se verificar no quadro abaixo:



QUADRO 3 – TIPOS DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Construção com materiais sustentáveis industriais	Construções edificadas com ecoprodutos fabricados industrialmente, adquiridos prontos, com tecnologia em escala, atendendo a normas, legislação e demanda do mercado. É a mais viável para áreas de grande concentração urbana, porque se inserem dentro do modelo sócio-econômico vigente e porque o consumidor/cliente tem garantias claras, desde o início, do tipo de obra que estará recebendo.
Construção com resíduos não-reprocessados (Earthship)	Consiste na utilização de resíduos de origem urbana com fins construtivos, tais como garrafas PET, latas, cones de papel acartonado, etc. Comum em áreas urbanas ou em locais com despejo descontrolado de resíduos sólidos, principalmente onde a comunidade deve improvisar soluções para prover a si mesma a habitação. Um dos exemplos mais notórios de Earthship „intuitivo“ e sem planejamento são as favelas dos grandes centros urbanos. No entanto, também pode ser um modelo criativo de Autoconstrução, com o uso destes mesmos resíduos a partir de concepções de Ecodesign (projeto sustentável).
Construção com materiais de reuso (demolição ou segunda mão)	Esse tipo de construção incorpora produtos convencionais descartados e prolonga sua vida útil, evitando sua destinação para aterros sanitários ou destruição por processos perigosos (como queimas ou descarte em botas-fora). Requer pesquisa de locais para compra de materiais, o que limita seu alcance e caráter universal. Este tipo de construção só pode ser considerada sustentável pelo prolongamento da vida dos materiais reutilizados, uma vez que estes, em geral, não têm origem sustentável.
Construção alternativa	Utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, com funções diferentes das originais. É um dos modelos principais adotados em comunidades carentes ou sistemas de autoconstrução. Exemplos: aquecedor solar com peças de ferro de PVC como painel para aquecimento de água.
Construção natural	É o sistema construtivo mais ecológico, portanto, mais próximo da própria natureza, uma vez que integra a edificação com o ambiente natural e o modifica ao mínimo. Respeita o entorno e usa materiais disponíveis no local da obra ou adjacências (terra, madeira, pedra etc.); utiliza tecnologias sustentáveis de baixo custo (apropriadas) e desperdiça o mínimo de energia em seus processos. Exs.: tratamento de efluentes por plantas aquáticas, energia eólica por moinho de vento, bombeamento de água por carneiro hidráulico, blocos de adobe ou terrapalha, design solar passivo.

FONTE: Adaptado de Araújo (2012)

Para criar um espaço sustentável livre de erosão e sedimentação a estratégia apontada foi a utilização de taludes protegidos e redução de sedimentos no ar, como se pode verificar nas figuras abaixo:

FIGURA 7 – VISTA FRONTAL DO TALUDE COM RELVA PRESERVADA, PARA MAIOR FIRMEZA DO SOLO E

CONTROLE DA EROSÃO.



FONTE: Martins (2010).

Para reduzir a sedimentação no ar pode-se realizar a varrição. O canteiro deve ser constantemente molhado e assim não gera poeira na circulação dos caminhões. Também a utilização do lava rodas ajuda neste processo (MARTINS, 2010), como se verifica na figura abaixo:

FIGURA 8 – DIVULGAÇÃO DO CONTROLE DE SEDIMENTAÇÃO E VARRIÇÃO DO CANTEIRO APROVEITANDO A ÁGUA DA CHUVA, EVITANDO A GERAÇÃO DE POEIRA.



FONTE: Martins (2010).

Segundo Martins (2010) a utilização e o desperdício de água nos canteiros de obra deve ser uma preocupação eminente. O uso racional de água faz parte de uma premissa sustentável para tanto é indicada a redução do consumo de água potável para atividades menos nobres.

FIGURA 9 – CAPTAÇÃO DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO



FONTE: Martins (2010)

A redução de energia também é apontada como uma das ações em canteiros de construção civil sustentável, para tanto é necessária a redução do consumo de energia com ambientes mais abertos. Por exemplo, construir os locais de escritórios com mais janelas, e também utilizar avisos para apagar a luz em caso de não uso.

FIGURA 10 – SALA DOS TÉCNICOS, NO BARRACÃO DA OBRA, COM MUITAS JANELAS.



FONTE: Martins (2010).

O consumo de materiais e a geração de resíduos também são práticas importantes em um canteiro de obras sustentável, nesta questão pode ter os seguintes impactos e intervenções, conforme quadro abaixo:

QUADRO 4- CONSUMOS DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

IMPACTO	INTERVENÇÃO
Geração de resíduos sólidos	Gestão dos resíduos
Saturação dos aterros sanitários	Reuso de materiais
Poluição pelos resíduos e transportes	Utilização de materiais recicláveis e regionais

FONTE: Martins (2010).

A geração de resíduos já foi abordada anteriormente. A utilização de materiais recicláveis e alternativos na construção civil é o objeto de estudo desta pesquisa, e será aprofundado em capítulo próprio.

4.3 O CONCRETO ARMADO E ALVENARIA NA CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL

Giongo (2007) aponta que se pode verificar que o concreto armado se encontra presente em várias estruturas arquitetônicas do Brasil, pois, sua composição se adapta muito bem às diversas formas estruturais. O autor ainda traz como exemplo as obras construídas por Oscar Niemeyer e Lúcio Costa em Brasília que foram construídos em concreto armado.

O concreto armado possui elementos estruturais de diferentes geometrias e dimensões que são utilizados na engenharia civil. De acordo com a classificação geométrica considerando o comprimento, altura e espessura têm-se, segundo Bastos (2011):

- **Elementos lineares:** têm a espessura e altura em mesma ordem, mas menores que o comprimento, neste caso citam-se as barras. Como exemplo encontra-se as vigas e os pilares.
- **Elementos bidimensionais:** têm duas dimensões comprimento e largura é da mesma ordem de grandeza, e maiores que a espessura. Como exemplo tem-se as cascas (curva) e as placas e chapas (plana). Como exemplo de placa tem-se a laje, e de chapa tem-se a viga-parede.
- **Elementos tridimensionais:** são aqueles onde as três dimensões têm a mesma ordem de grandeza. Como exemplos, os blocos e as sapatas de fundação, consolos, etc.

FIGURA11 - EXEMPLOS DE ESTRUTURA EM FORMA DE CASCA



FONTE: Ruchaud (2011)

Na construção civil os principais elementos estruturais que utilizam o concreto armado são as lajes, as vigas e os pilares. Outros elementos também que não ocorrem em todas as construções, como blocos, sapatas de fundação, estacas, consolos, vigas-paredes (BASTOS, 2011).

As lajes são placas de concreto armado, sendo horizontais nos edifícios, que tem como função receber as ações verticais, permanentes ou acidentais, atuantes nas estruturas dos pavimentos e das coberturas (GIONGO, 2007).

FIGURA 12 - EXECUÇÃO DO RADIER DA TORRE NORTE DO CENTRO EMPRESARIAL NAÇÕES UNIDAS EM SÃO PAULO.



FONTE: Feitoza (2012).

As lajes ainda podem ser de três tipos conforme sua utilização, as maciças têm a sua espessura totalmente preenchida com concreto, com armaduras embutidas no concreto. As lajes maciças são aplicadas em grandes construções de prédios, como escolas e hospitais.

As lajes lisas também são maciças, mas que se apóiam diretamente nos pilares, segundo a NBR 6118/03 (14.7.8): "Lajes cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são as apoiadas nos pilares

sem capitéis” (ABNT, 2004, p. 86).

O terceiro tipo de laje, as nervuradas, segundo a NBR 6118/03, item 14.7.7: “lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte” (ABNT, 2004, p. 86).

FIGURA 13 – LAJE MACIÇA, LISA E NERVURADA

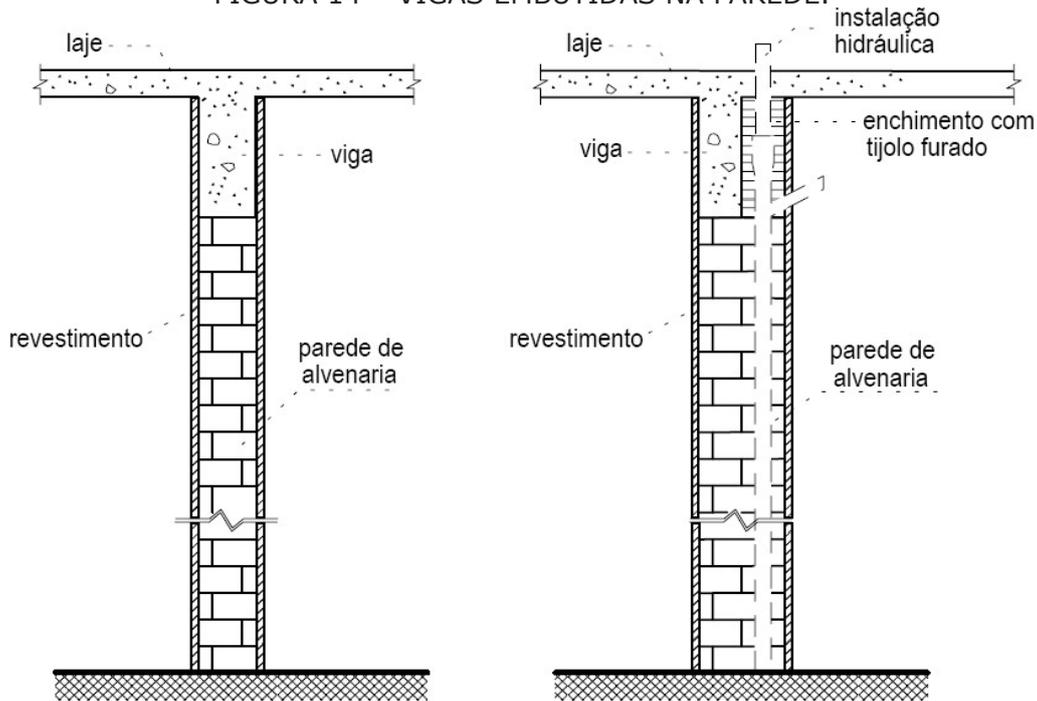


FONTE: Bastos (2011).

A viga é o segundo elemento estrutural que utiliza o concreto armado na construção civil. “As vigas-parede são estruturas laminares planas verticais apoiadas isoladamente, isto é têm apoios discretos, ou seja, blocos de fundações, sapatas ou pilares (GIONGO, 2007, p.11).

A NBR 6118/03 (item 14.4.1.1) conceitua as vigas como “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (ABNT, 2004, p. 74).

FIGURA 14 – VIGAS EMBUTIDAS NA PAREDE.



FONTE: Feitoza (2012).

O pilar, elemento estrutural que utiliza o concreto armado, pode ser considerado a peça mais importante da construção civil, pois sua recuperação, em caso de ruptura, é difícil. É o primeiro elemento a ser concretado na construção (FEITOZA, 2012). “Os pilares podem fazer parte do sistema de contraventamento responsável por garantir a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais” (BASTOS, 2011, p. 31).

A NBR 6118/03, no item 14.4.1.2, conceitua os pilares como “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes” (ABNT, 2004, p. 74).

FIGURA 15 -- PILAR RECEBENDO CONCRETO. PILAR EM CONSTRUÇÃO.



FONTE: Bastos (2011).

A alvenaria possui uma ampla aceitação e aplicação na construção civil e também mão de obra especializada para executá-la devido aos tantos anos no mercado. Muitos avanços já ocorreram desde o seu início no que tange aos materiais e técnicas. Defende-se a sua grande durabilidade nas construções. No entanto, as obras em alvenaria muitas vezes são demolidas antes mesmo que se tenham motivos para isso, e ainda não há como reaproveitar nenhum dos materiais utilizados

(SANTOS, 2012).

FIGURA 16 – CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA



FONTE: Coelho (2013)

A alvenaria tradicional apresenta pontos fracos que são apontados: “pelo longo tempo de execução, no custo elevado e no impacto ambiental, pois gera muita sujeira e entulho já que as paredes precisam ser rasgadas depois de prontas para receber instalação elétrica e hidráulica” (VIVA REAL, 2015, p. 1).

Santos (2012) aponta que na construção de alvenaria convencional os principais materiais utilizados são os blocos, tijolos, e a argamassas, como se pode verificar, argamassa:

Utilizada para compor as paredes juntamente com os tijolos é geralmente composta de areia, cimento, cal e água. A quantidade de cada um destes componentes é chamada de traço e varia de acordo com a aplicação, e deve apresentar boas características (SANTOS, 2012, p. 18).

FIGURA 17 – ARGAMASSA



FONTE: Justmix (2015)



Tijolo cerâmico:

Um produto técnico ao qual são exigidas determinadas características e comportamento em obra e, por isso mesmo, sujeito a disposições regulamentares e especificações próprias (GUIMARÃES, 2005 apud SANTOS, 2012, p. 17).

FIGURA 18 – TIJOLO 6 FUROS



FONTE: Ceramica kaspary

4.4. PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL

4.4.1 Tipos de formas

No mercado atual da construção civil podem-se encontrar diversos tipos de formas para a execução de paredes moldadas no local, sendo estas:

- Formas metálicas (quadros e chapas em alumínio ou aço);
- Formas metálicas + compensados (quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou material sintético);
- Formas plásticas (quadros e chapas de plástico reciclável contraventadas por estruturas metálicas).

Alguns dos tipos mais utilizados para este método são as formas de alumínio Forsa, Form, Fôrma HF Rohr, Concreform – Morar SH, Sistema Tecwall e Doka formas.

4.4.2 Especificação técnica das formas

As especificações técnicas das formas, segundo Mayor (2009) são:

4.4.2.1 Forma de alumínio forsa Tipo de fôrma:

- Alumínio;
- Peso do painel: 20 kg/m²;
- Equipamento para transporte: Nenhum (manoportável);
- Reutilizações: Indeterminadas, se respeitadas às condições de uso e manuseio;
- Peças soltas: Passadores, cunhas e amarradores;
- Resistência à pressão: 47 kN/m²;
- Altura do painel: 2,40m.

FIGURA 19 – FORMA DE ALUMÍNIO



FONTE: Comunidade da Construção (2013).

4.4.2.2 Forma HF ROHR

- Tipo de fôrma: Estrutura metálica e chapa de contato em aço Peso do painel: 32 kg/m².
- Equipamento para transporte: Sistema manual, podendo compor quadros

que necessitam de equipamentos como grua ou guindaste. Reutilizações: 100 vezes.

- Peças soltas: Grapa, alinhadores, mordaca, escoras de prumo, tensor, console e montante (plataforma de trabalho) e passador.
- Resistência à pressão: 60 kN/m². Altura do painel: 0,3 m a 2,4 m.

FIGURA 20 – FORMA HF ROHR



FONTE: Comunidade da Construção (2013).

4.4.2.3 Concreform – morar SH

- Tipo de fôrma: Estrutura de aço galvanizado e chapa de compensado plastificado. Peso do painel: 35 kg/m².
- Equipamento para transporte: Portátil ou em conjuntos montados, por meio de grua.
- Reutilizações: Cerca de 50 reutilizações (chapa de compensado); a durabilidade da estrutura gira em torno de 10 a 15 anos.
- Peças soltas: Barras de ancoragem e porcas, grampos de alinhamento. Resistência à pressão: 60 kN/m².
- Altura do painel: 2,70 m.

FIGURA 21 – ESTRUTURA DE AÇO GALVANIZADO E CHAPA DE COMPENSADO PLASTIFICADO.



FONTE: Comunidade da Construção (2013).

4.4.2.4 Sistema Tecwall

- Tipo de fôrma: Plástico de engenharia Peso do painel: 9,0 kg/m²
- Equipamento para transporte: Portátil Reutilizações: Mais de 100 vezes
- Peças soltas: Travas de união dos painéis
- Resistência à pressão: De acordo com dimensionamento do travamento metálico
- Altura do painel: Qualquer altura múltipla de 0,50 cm

FIGURA 22 – PLÁSTICO DE ENGENHARIA



4.4.2.5 Doka

- Tipo de fôrma: Estrutura metálica e chapa compensada
- Peso do painel: 30,8 kg/m²
- Equipamento para transporte: Portátil ou através de guincho, pode ser transportado em conjuntos montados de painéis.
- Reutilizações: Estrutura metálica - número indeterminado / chapa compensada – aproximadamente 60 vezes, dependendo do manuseio.
- Peças soltas: Grampos de união, ancoragens, consoles de trabalho e escoras de prumo.
- Resistência à pressão: 40 kN/m². Altura do painel: 2,70 m.

FIGURA 23 – ESTRUTURA METÁLICA E CHAPA COMPENSADA



FONTE: Comunidade da Construção (2013).

4.5 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO NO LOCAL

Segundo Misurelli e Massuda (2009) a norma adequada do método foi realizada por meio da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 6118 e da norma norte-americana ACI 318 (American Concrete Institute), sendo que a NBR 6118 apontou ser uma metodologia adequada às condições brasileiras. Outra referência que contribuiu com o modelo brasileiro foi a francesa DTU (*Documents Techniques Unifiés*) 23.1. A partir destes estudos foi elaborada a norma para paredes de concreto moldadas in loco, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que entrou em vigor um mês após sua publicação. A NBR 16.055:2012 ("Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos") normatiza o dimensionamento e a execução do sistema, que ainda não era normatizado, apesar de ser usado há cerca de 30 anos no Brasil. (Revista Técnica, 2012).

A seguir o quadro das principais características para projetos de paredes de concreto moldadas no local:

QUADRO 5 – DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS PARA PROJETOS DE PAREDES DE CONCRETO MOLDA-
DOS NO LOCAL

Concretagem simultânea de paredes e lajes (ou com especificação de ligação armada entre elas);
Uso de concreto comum ou autoadensável, com densidade normal de 2,0 tf/m ³ a 2,8 tf/m ³ , com resistência característica à compressão aos 28 dias entre 20 MPa e 40 MPa;
Uso de telas soldadas distribuídas em toda a parede, com armaduras mínimas indicadas na norma;
A espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Permite-se espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser 1/30 do menor valor entre a altura e metade do comprimento equivalente da parede;
Para paredes de até 15 cm, pode-se utilizar uma tela centrada. Paredes com mais de 15 cm, assim como qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, devem ser armadas com duas telas;
A especificação do concreto para esse sistema construtivo deve estabelecer: a) resistência à compressão para desenfôrma compatível com o ciclo de concretagem; b) resistência à compressão característica aos 28 dias (fck) c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura conforme a NBR 12.655 d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (NBR 15.823-2)
O espaçamento máximo das juntas de controle deve ser determinado com dados de ensaios específicos (na falta desses ensaios, adotar o distanciamento máximo de 8 m entre juntas para paredes internas e 6 m para paredes externas);
Em face da dilatação da última laje, deve ser prevista uma junta de controle imediatamente sob essa laje; Não se admitem tubulações horizontais, a não serem trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m (desde que este trecho seja considerado não estrutural); Não são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes.
Os projetos de fôrma, escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e os projetos de instalações devem ser validados pelo projetista de estrutura;
O modelo de análise estrutural de edifícios de paredes com vigas de fundação ou de transição deve considerar a flexibilidade relativa entre paredes e vigas;

FONTE: NBR 16.055 e Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) – Adaptado pelo autor.

4.5.1 Comparativos do método com diferentes formas

A seguir as principais vantagens e desvantagens para os tipos de formas:

FIGURA 24 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS DE FORMAS

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Formas plásticas	<ul style="list-style-type: none"> ● Paineis leves ● Baixo custo de aquisição ● Possibilidade de modulação ● Disponibilidade de locação 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dificuldade com prumo e alinhamento ● Acabamento superficial ruim ● Menor durabilidade ● Poucos fornecedores
Forma convencional (chapas de compensado e ancoragem metálica)	<ul style="list-style-type: none"> ● Produto nacional (custo menor) ● Maior durabilidade ● Facil montagem ● Bom acabamento ● Disponibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Paineis pesados ● Necessita trocas as chapas ● Difícil modulação ● Muitas peças soltas
Formas de alumínio	<ul style="list-style-type: none"> ● Paineis duráveis ● Equipamento leve ● Prumo e alinhamento ● Acabamento superficial ● Rapidez na montagem ● Estanqueidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alto custo na aquisição ● Pouca disponibilidade nacional ● Difícil modulação ● Necessita capacitação de mão de obra

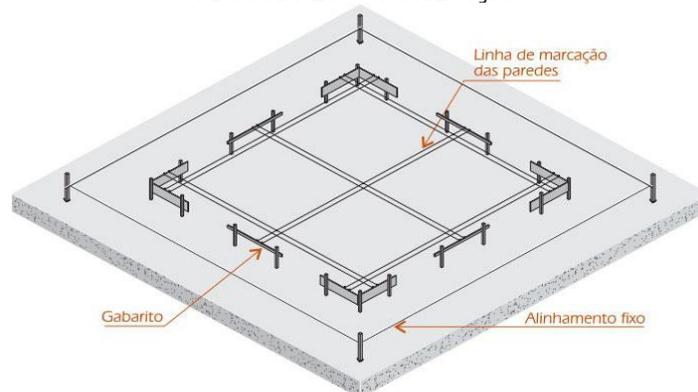
FONTE: Mayor (2009) adaptado pelo autor

4.5.2 Processo construtivo do método de paredes moldadas no local

4.5.2.1 Fundação

“A locação das fundações, rasas ou profundas, deverá ser feita através de um gabarito, realizado por uma equipe de colaboradores, junto com um topógrafo, conferindo e garantindo posicionamento perfeito dos mesmos” (GOES, 2013, p. 11).

FIGURA 25 – FUNDAÇÃO



FONTE: Construfácil (s/d).

Os métodos construtivos utilizados na fundação devem respeitar a NBR 6122 – Projeto de Execução de Fundações e a NBR 6118 – Projeto de Execução de Obras de Concreto Armado. A utilização de radier (figura 32) para obras de pequeno porto em paredes de concreto contribui para agilizar a obra (GOES, 2013).

FIGURA 26 – UTILIZAÇÃO DE RADIER



FONTE: MMF Construtora (s/d).

4.5.2.2 Armação e modelagem

Após definido o tipo e fundação a armação da estrutura adotada no sistema de paredes em concreto é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede ou nas duas faces (figura 33), dependendo do dimensionamento do projeto estrutural, e barras em pontos específicos tais como cinta superior nas paredes, vergas, contra-vergas (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

FIGURA 27 – ARMAÇÃO



FONTE: Divulgação Doria (s/d).

A última etapa consiste no posicionamento dos espaçadores da armadura que garantem um distanciamento mínimo de 2,5 cm entre as armaduras e a face do concreto.

4.5.2.3 Paredes

“Todo o conjunto de fôrmas deve vir acompanhado de projeto e deve ser checado se todos os materiais estão presentes. O material deve ser armazenado adequadamente, seguindo orientação do fornecedor, a fim de se aproveitar ao máximo a sua vida útil” (MISURELLI; MASSUDA, 2009, p. 4).

Sua montagem deve seguir a sequência do projeto original, mas há uma sequência padrão, obedecendo ao nivelamento da laje de piso, marcação de linhas de paredes no piso, com posicionamento dos painéis internos primeiro e painéis externos em segundo, podendo ter sua montagem pareada (MISURELLI; MASSUDA, 2009, p. 4).

Em todos os painéis existem furos aonde são encaixados pinos com buchas (Figura 34) que determinarão a espessura das paredes que podem variar conforme o projeto estrutural. O posicionamento correto destes pinos é fundamental para o alinhamento das fôrmas quando elas forem fechadas. Depois da desenforma, os furos nas paredes são preenchidos com uma argamassa, na modelagem dos vãos de portas e janelas são colocados caixilhos provisórios. Depois que os painéis são posicionados, régua alinhadoras são encaixadas nos pinos obedecendo ao prumo dos painéis (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

FIGURA 28 – ARMAÇÃO



FONTE: Pini (s/d)

4.5.3.4 Critério de escolha das fôrmas

A escolha adequada do tipo de fôrma é o fator determinante na para a produtividade e economia da construção. Alguns aspectos devem ser considerados para definir o tipo de fôrma, alguns fatores são relevantes tais como, Santos (2013, p. 24) aponta:

- Produtividade da mão de obra na operacionalização do conjunto; Peso por m² dos painéis;
- Número de peças do sistema;



- Durabilidade das chapas e número de reutilizações; Durabilidade da estrutura (quadros);
- Modulação dos painéis;
- Flexibilidade diante das opções do projeto; Adequação quanto à fixação de embutidos;
- Análise econômica e comercialização (locação venda e leasing);
- Suporte técnico do vendedor (capacidade instalada, área de cobertura, agilidade de atendimento, oferta de treinamento e assistência técnica).

4.5.2.5 Lajes

O sistema de concretagem possibilita a produção das lajes juntamente com as paredes, lembrando que não há restrições para o tipo de laje a ser utilizada, desde que tenha um dimensionamento adequado para cada caso.

4.5.2.6 Aplicação do concreto

No Brasil, quatro tipos de concreto são recomendados para o sistema:

- Concreto celular;
- Concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9%;
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica;
- Concreto convencional ou concreto autoadensável.

A aplicação do concreto deverá levar em consideração as características de cada tipo de concreto aplicado, podendo-se aplicar através de bombas para concreto usinado ou poderá ser feita manualmente, porém recomenda-se a concretagem via bombeamento, o que garantirá uma maior chance de sucesso na concretagem devido à geometria das formas (VENTURINI, 2011).

O concreto passa por alguns testes de avaliação na chegada ao canteiro de obras, antes de ser levado para a concretagem. Para confirmar se o produto está na consistência adequada é realizado o teste de abatimento (slump), como se pode verificar na figura 35. Também é muito importante a moldagem de corpo de prova para comprovação da resistência do concreto fornecido para a obra (VENTURINI, 2011).

FIGURA 29 – TESTE DE ABATIMENTO



FONTE: Construfacilrj (s/d)

4.5.2.7 Desforma

Quando o concreto adquire uma resistência de 1 MPa, basicamente prevista em 12 horas após a concretagem, pode se começar a desforma.

Primeiro são retiradas as cunhas de travamento, depois as réguas alinhadoras, os pinos, e finalmente, os painéis. Deve-se obedecer à sequência da numeração existente nos painéis, que é a mesma com que eles serão montados nas próximas paredes ou casas. Os painéis das lajes poderão ser removidos também, exceto os painéis apoiados pelas escoras, eles só serão retirados depois de quatro dias da concretagem. Caso haja um pavimento superior, ele só pode ser feito depois de estudos para não comprometer a laje executada (VENTURINI, 2011, p. 13).

4.5.2.8 Cura do concreto

A cura do concreto deve iniciar o mais cedo possível, diminuindo a possibilidade do surgimento de fissuras superficiais, principalmente em lajes.

O método mais comum de cura é por molhagem: umedecimento do concreto com água. Para isso é necessário que a superfície do concreto esteja continuamente em contato com a água por pelo menos três dias, molhando a parede pelo menos 5 vezes ao dia (em regiões quentes e com grande incidência de ventos esse período deve ser maior) (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2011, p. 7)

4.5.2.9 Acabamento

Uma das características principais do sistema construtivo de paredes de con-



creto é a redução da espessura das camadas de revestimento. Para o uso dos vários tipos de revestimento é exigido somente que as especificações do fornecedor sejam atendidas. Sendo assim o acabamento só pode ser iniciado após uma cura úmida da parede (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Do ponto de vista de seus objetivos a presente pesquisa classifica-se como exploratória: “que tem como propósito buscar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 2010, p. 27).

O estudo trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa. Segundo Gerhardt e Silveira (2009, p. 33):

“A pesquisa qualitativa preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”.

Os procedimentos técnicos utilizados foram: a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Sobre o estudo de caso Cesar (2005, p. 6) afirma que:

Pode-se dizer que os estudos de caso têm algumas características em comum: são descrições complexas e holísticas de uma realidade, que envolvem um grande conjunto de dados; os dados são obtidos basicamente por observação pessoal; o estilo de relato é informal, narrativo, e traz ilustrações, alusões e metáforas; as comparações feitas são mais implícitas do que explícitas; os temas e hipóteses são importantes, mas são subordinados à compreensão do caso.

Primeiramente foi utilizada a pesquisa bibliográfica. Para Gil (2010):

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora quase todos os estudos sejam exigidos algum tipo de trabalho dessa natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas (p.44).

A pesquisa bibliográfica tem como uma das etapas mais fundamentais a revisão de literatura, sendo esta fundamental em todo trabalho científico realizado que influenciará todas as etapas de uma pesquisa, na medida em que apresenta com mais profundidade os fundamentos teóricos em que o trabalho é embasado.

Após a escolha e definição do tema, que é a primeira etapa da pesquisa bibliográfica, iniciou-se o levantamento bibliográfico preliminar. O levantamento bibliográfico, segundo Gil (2010) consiste em um estudo exploratório da área de estudo, proporcionando familiaridade com o assunto. O levantamento aconteceu por meio



de uma busca de livros e artigos das bases de dados da Scielo, Google acadêmico e das bibliotecas de universidades.

A seleção acontece inicialmente por meio da leitura exploratória “que tem por objetivo verificar em que medida a obra consultada interessa à pesquisa” (GIL, 2010, p. 59). Na sequência a leitura seletiva determinará se o material contribuirá na solução do problema da pesquisa. (GIL, 2010).

Na segunda etapa, o estudo de caso, foi elaborado um pré-projeto um quantitativo de materiais de uma unidade habitacional como emprego de dois métodos de construção: de paredes de concreto armado moldados no local com e sem o uso de materiais reciclados no concreto e alvenaria.

Por fim, foram realizados orçamentos detalhados de edificações para o estudo da viabilidade da utilização de agregados reciclados neste método, em que foi realizado um comparativo entre os dois projetos.

Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 37), o método comparativo consiste em:

Em estudar semelhanças e diferenças, esse método realiza comparações com o objetivo de verificar semelhanças e explicar divergências. O método comparativo, ao ocupar-se das explicações de fenômenos, permite analisar o dado concreto, deduzindo elementos constantes, abstratos ou gerais nele presentes.

O estudo abordou os principais instrumentos para se obter os conceitos e os dados principais da pesquisa, buscam-se dados relevantes para promover a discussão e as conclusões sobre o estudo.



6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 USO DE MATERIAIS RECICLADOS NO CONCRETO

A construção civil dentro de uma proposta sustentável tem cada vez mais utilizado resíduos de materiais recicláveis como agregados de concreto.

“Tal prática visa diminuir o acúmulo deste resíduo na natureza contribuindo assim para uma solução mais sustentável para área da engenharia civil e sociedade” (CAMPOS et al, 2013, p. 5).

O objetivo é estudar e avaliar o comportamento do uso da borracha de pneus inservíveis e garrafas PET trituradas como parte dos agregados do concreto de preenchimento das paredes das unidades habitacionais.

6.6.1 Estudo e análise da fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus

Durante o Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente - SP, 21 a 24 de outubro, 2013, foi apresentado o estudo e análise da fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus, desenvolvido por Camila Dias Pinaffi; Nayara Coelho Silva; Marina Ramos Furlan Solina; Filipe Bittencourt Figueiredo; Leila Maria Couto Esturaro Bizarro E Cássio Fabian Sarquis de Campos. Segundo os autores apontaram que:

Os traços consistiram de um piloto para parâmetro e outros com teores de borracha de pneu substituindo o agregado miúdo nas proporções de 15%, 20% e 30% em relação ao traço piloto. A substituição mais satisfatória foi a de 15% apresentando resistência de 15 MPa aos 28 dias de idade. Concluiu-se que o concreto produzido a partir da substituição da areia por resíduos de pneus pode ser utilizado em obras que não necessitem de uma resistência característica maior que 15 MPa (CAMPOS et al, 2013, p 5).

De acordo com a ABNT NBR-10004 (2004), a deposição de materiais quando inservíveis seguem uma classificação apresentadas em normas, diferenciando-se por material. Os pneus são classificados como resíduo de classe II B, inertes.

A Resolução nº. 258/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA⁶) determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos fiquem obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.

6 <http://www.mma.gov.br/port/conama/>



A utilização do pneu triturado satisfaz as condições apenas quanto à granulometria e obtendo uma redução de peso na estrutura. No entanto, a utilização de 15% do agregado reciclado possibilitou uma resistência aproximada de 15MPa em 28 dias, ou seja, inferior ao concreto convencional de comparação, o qual resiste a 20 MPa. Sendo assim, o concreto produzido com a substituição de pneus, em obras, deve utilizar uma porção menor que 15% deste agregado, e mesmo assim, indica-se a utilização em peças e estruturas que não necessitem uma resistência característica maior que 15MPa, como regularização de lajes, produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural dentre outros elementos. Ainda assim, sua aplicação na construção civil contribui para a diminuição do uso de recursos naturais, criando uma alternativa para a reciclagem deste material que seria lançado ao meio ambiente (CAMPOS et al, 2013).

Abaixo, na figura 23, pode-se verificar os resultados obtidos a partir do ensaio granulométrico dos materiais.

FIGURA 30 - ENSAIO GRANULOMÉTRICO DOS MATERIAIS.

PENEIRAS (ABNT)	AREIA (g)	BORRACHA (g)	BRITA (g)
4	26,38	0,43	1508
8	62,16	0,03	21,46
16	227,19	2,43	0,46
30	641,6	206,35	0,08
50	766,06	210,38	0
100	259	55,2	0
200	17,61	5,18	0
Total massa ensaiada	2000	480	1530

FONTE: CAMPOS et al (2013).

Na figura 24 verifica-se a média das Resistências a Compressão nas diferentes proporções, em Mpa.

FIGURA 31 - MÉDIAS DAS RESISTÊNCIAS

Traço	Idade do Concreto			
	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Piloto	11,88	16,64	18,72	19,82
15%	8,27	12,56	13,57	14,6
20%	5,37	6,45	7,84	9,5
30%	3,02	5,27	6,53	7,18

FONTE: CAMPOS et al (2013).



6.1.2 Estudo e análise da fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus com aditivo químico

Neste segundo estudo, o material desenvolvido pela Universidade de Uberaba (UniUbe), utilizado na construção de uma ciclovia, tem em sua composição parte da areia substituída por borracha de pneu inservível. Nos testes realizados no departamento de engenharia civil da universidade foram usados 15,5 pneus triturados para cada metro cúbico de concreto, além da inclusão de aditivo químico plastificante. Isso garantiu resistência de 21,6 MPa à ciclovia (FIDELIS; BARREIRA, 2010).

Antes de chegar ao número ideal de pneus para cada metro cúbico de concreto, foram testadas as substituições de 50%, 25% e 12,5% do agregado miúdo por borracha triturada. Para cada um dos percentuais alcançou-se as respectivas resistências: 4 MPa, 9 MPa e 16 MPa. A partir da análise desses traços, decidiu-se pela inclusão de aditivo químico plastificante, reduzindo-se a borracha para 9% (15,5 pneus/m³) e conseguindo-se resistência de até 21,6 MPa.

O concreto produzido tem aplicabilidade direcionada para pisos, por possuir menor resistência à compressão e proporcionar redução de impacto para quem utiliza a via. Mas verificou-se também que pode ser possível a utilização em painéis de vedação, por eles requererem menor resistência à compressão do concreto (FIDELIS; BARREIRA, 2010, p. 3).

Em comparativo ao estudo anterior, pode-se concluir que a adição de aditivo químico plastificante proporciona maior resistência do material, alternativa que possibilita outras aplicações na construção civil, onde ainda requer as características do concreto convencional, mas é flexível ao uso do concreto sustentável desde que sejam feitas adaptações.

6.1.3 A aplicação de fibras de garrafa pet (polietileno tereftalato) como agregado do concreto

Neste trabalho de Gomes e Carvalho (2011) para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados corpos de prova resistência nominal à compressão de

15 MPa. Foram inseridas na mistura do concreto fibras provenientes de garrafas PET, com dimensão aproximada de 1,5 x 10 cm, com diferentes formatos, na proporção de 1000g/m³ de concreto. Após os ensaios foi observado que:

Embora as fibras de PET possuam certa resistência aos esforços gerados pela pressão de bebidas gaseificadas, a resistência à compressão do concreto composto foi reduzida em até 10%, em comparação com o concreto puro. Embora o concreto tenha apresentado a resistência abaixo da referência, pôde-se observar que a deformação, para níveis de tensão abaixo da tensão



máxima, foi reduzida. Nos ensaios de compressão diametral também se observou redução de 10% da resistência (GOMES; CARVALHO, 2011, p. 11).

Ainda os ensaios apontaram que segundo, Gomes e Carvalho (2011):

- Não só a quantidade de fibras, mas o seu formato pode influenciar as propriedades do concreto;
- A resistência à compressão foi reduzida, porém as fibras fizeram com que o concreto composto tenha uma deformação menor;
- A adição das fibras também causou redução da tenacidade, mostrando que o material só absorve a maior parte da energia os níveis abaixo da tensão máxima.

Outro estudo analisado sobre o comportamento do concreto reforçado com fibras produzidas com garrafas PET foi parte do projeto de iniciação científica do Curso de Engenharia Civil da Universidade Gama Filho de Rodolfo Augusto Cardoso Ribeiro (2010), apresentando um estudo sobre o comportamento do concreto reforçado com fibras produzidas com garrafas PET que mostrou que materiais reciclados podem ser utilizados como materiais de construção se empregados de forma correta. Foram ensaiadas adições de 2%, 3% e 4% de fibras de aspecto lamelar em uma matriz de concreto feita com cimento Portland e observadas as resistências à compressão, a tração por compressão diametral e ao choque.

Calculou-se o traço para todos os corpos de prova, obedecendo a uma resistência nominal de 25MPa e uma consistência medianamente plástica, considerando a utilização do Cimento CII F32, da areia lavada e das britas 0 e 1. Utilizou-se o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) para cálculo do traço de concreto de cimento Portland, encontrado o traço em massa de 1:2,33 : 0,95 : 2,20 : 0,60 para cimento: areia: brita 0: brita 1: água.

A partir desses dados, o autor moldou quatorze CPs (corpos de prova) em formas cilíndricas de 10cm de diâmetro por 20cm de altura, sendo sete para o ensaio de resistência a compressão e sete para o ensaio de resistência a tração por compressão diametral além de oito placas de concreto para o ensaio de resistência ao impacto.

Posteriormente foi realizado ensaio para determinação da Massa Específica da fibra, obtendo-se $ME=1,3036\text{g/cm}^3$. Obteve-se que para 1000 dm^3 de concreto precisava-se de 334kg de cimento, portanto 1 kg de cimento produziria $2,99\text{ dm}^3$ ou 2990 cm^3 de concreto.

Ribeiro (2010) obteve os resultados a partir do rompimento dos corpos de prova moldados. Todos os ensaios foram executados no Laboratório de Materiais de Construção e Mecânica dos Solos da Universidade Gama Filho, sendo os ensaios

dos CPs cilíndricos realizados em uma Prensa Universal Torsee, de capacidade de carga de 100 t, e os CPs em forma de placa, para os ensaios de resistência ao choque, adotou-se a metodologia de DANTAS (1987).

Após os ensaios de resistência a compressão (R_c), resistência a tração por compressão diametral ($R_{t,d}$) e resistência ao choque (R_{choque}), foram obtidos os resultados, para cada CP e as médias de cada série, apresentados nos quadros a seguir:

QUADRO 6 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CP COM FIBRAS DE PET

Sem fibras		2% de fibras		3% de fibras		4% de fibras	
R_c (MPa)	$R_{c\text{média}}$ (MPa)	R_c (MPa)	$R_{c\text{média}}$ (MPa)	R_c (MPa)	$R_{c\text{média}}$ (MPa)	R_c (MPa)	$R_{c\text{média}}$ (MPa)
20,12		19,5		10,12		12,7	
14,59							
19,23		17,6		14,97		14,6	
13,75	20,8		19,4		14,4		14,6
25,5		21,5		16,55		14,9	
25,6							
26,63		18,8		15,78		16,3	
-							

Fonte: Autor (2016).



QUADRO 7 - RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO CP COM FIBRAS DE PET POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Sem Fibras		2% de fibras		3% de fibras		4% de fibras	
Rt,d (MPa)	Rt,d _{média} (MPa)	Rt,d (MPa)	Rt,d _{média} (MPa)	Rt,d (MPa)	Rt,d _{média} (MPa)	Rt,d (MPa)	Rt,d _{média} (MPa)
3,02		3,23		2,82		2,48	
3,3							
2,8		2,82		3,19		2,96	
3,05	3,3		2,9		2,8		2,6
3,26		2,71		1,25*		2,32	
3,82							
3,85		1,78*		2,38		2,48	
-							

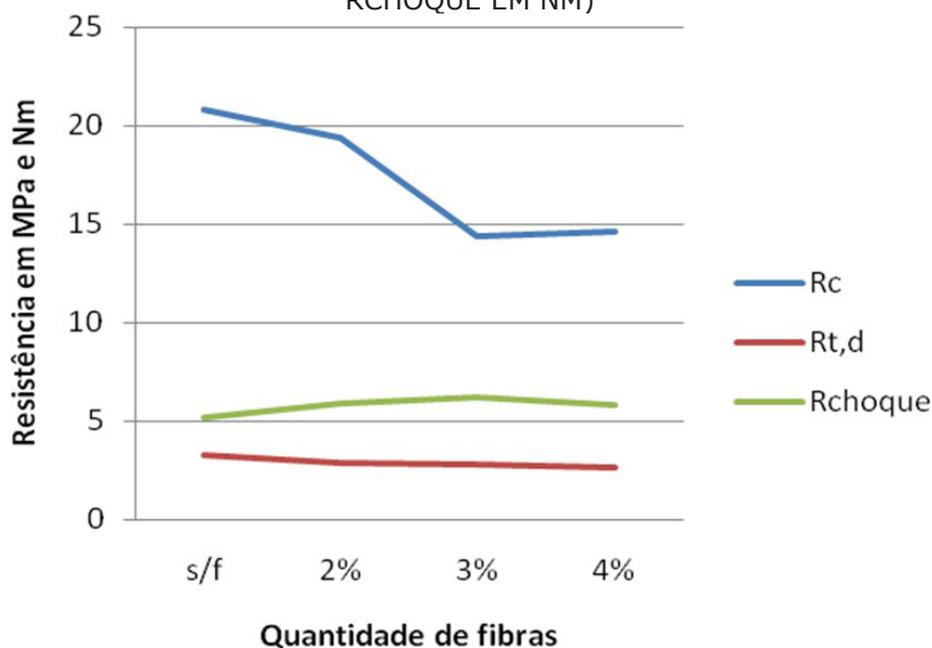
Fonte: Autor (2016).

QUADRO 8 - RESISTÊNCIA AO CHOQUE DO CP COM FIBRAS DE PET

Sem Fibras		2% de fibras		3% de fibras		4% de fibras	
Rchoque (Nm)	Rchoque _m (Nm)						
4,15		5,8		6,22		5,8	
4,56							
4,98		5,8		6,22		5,8	
5,39	5,18		5,85		6,22		5,91
5,8		5,8		6,22		6,01	
5,39							
5,8		6,22		6,22		6,01	
5,39							

Fonte: Autor (2016).

GRÁFICO 1 - VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE FIBRAS (RC E RT,D EM MPA, E RCHOQUE EM NM)



Fonte: Autor (2016).

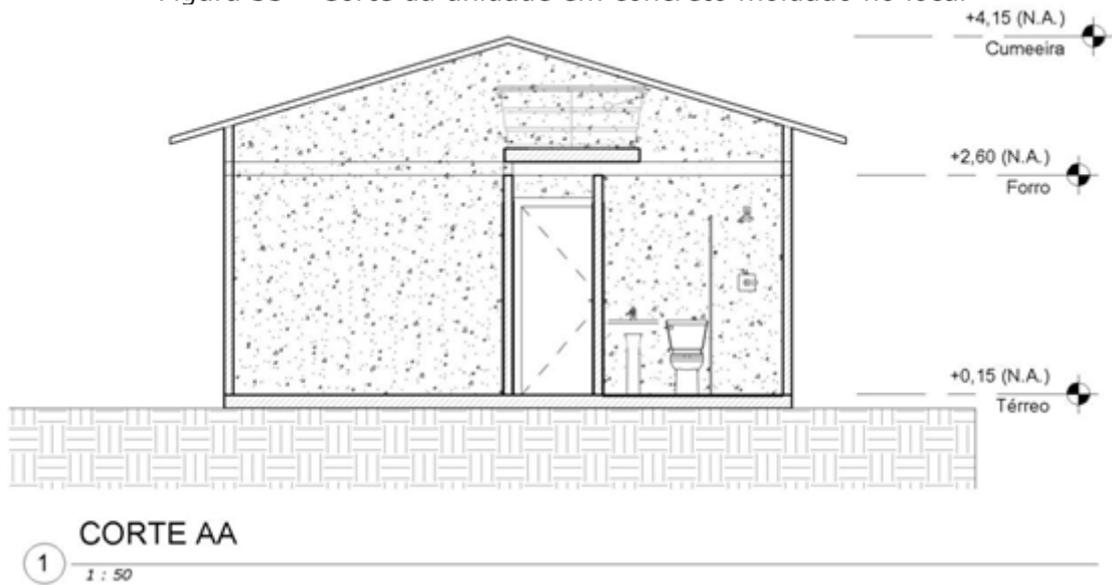
Portanto, o estudo com o concreto composto de fibras em ambos os casos chegou a resultados que constataram a diminuição da resistência à compressão com a adição de fibras de PET deixando-o com uma resistência média abaixo de 20 MPa, o que seria conflitante com a norma NBR 16.055/2012 que prevê uma resistência mínima para concretos de preenchimento para paredes moldadas in-loco entre 20 MPa e 40 MPa, porém houve um aumento à resistência contra choque no segundo estudo, um aumento na tenacidade do concreto, o que abre possibilidades para a utilização destes materiais para outros fins. Para os fins do estudo em questão, a utilização de materiais reciclados não apresentou resultado satisfatório em relação à sua resistência característica.

6.2 PROJETO DA EDIFICAÇÃO COM PAREDES DE CONCRETO

O projeto de 49,7 m² foi desenvolvido através da norma para paredes de concreto moldadas in loco, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que entrou em vigor no dia 10 de maio de 2012, um mês após sua publicação. A NBR 16.055:2012 (Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos) normatiza o dimensionamento e a execução do sistema, que ainda não era normatizado, apesar de ser usado há cerca de 30 anos no Brasil. (Revista Técnica, 2012), de forma a garantir um mínimo de conforto e acessibilidade a todos os ambientes para uma família de até 4 integrantes. As dimensões e formas levaram em conta não só a relação custo/benefício como também a implantação de formas modulares que facilitam a montagem da unidade no canteiro de obras, trazendo mais agilidade para o processo.

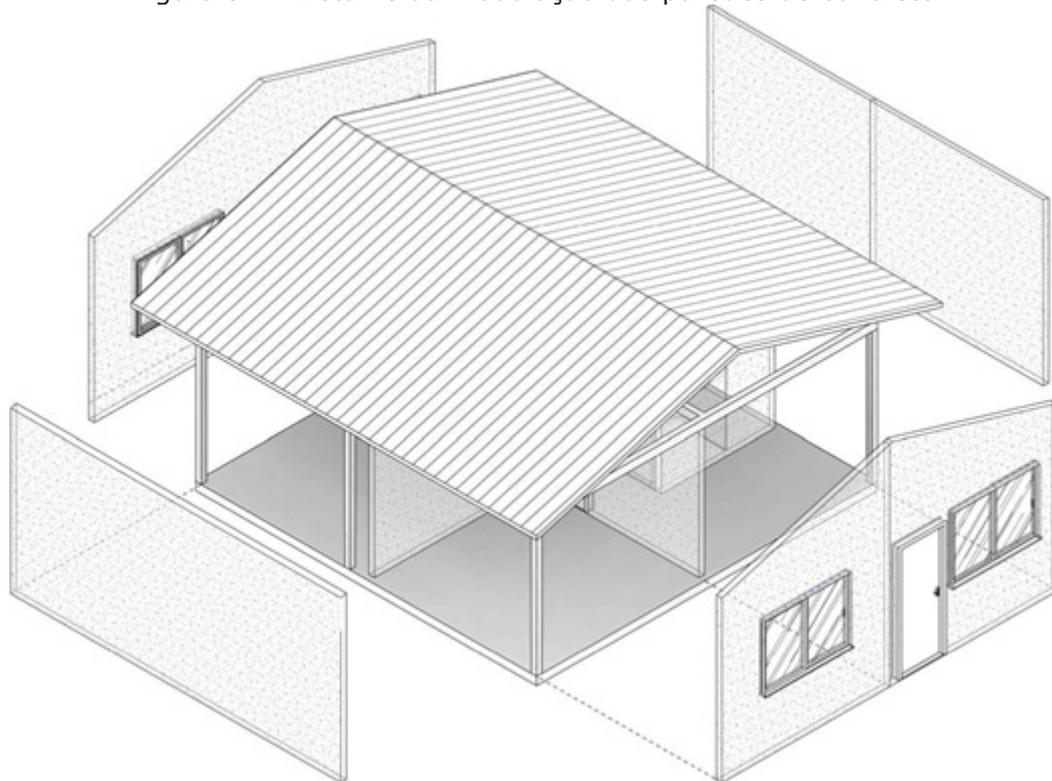
O sistema construtivo é composto por paredes estruturais maciças de concreto

Figura 33 – Corte da unidade em concreto moldado no local



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2016)

Figura 34 – Detalhe da modulação das paredes de concreto



Fonte: Autor (2016)



QUADRO 9 - FLUXO DE EXECUÇÃO DA EDIFICAÇÃO COM PAREDES DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL

1	Colocam-se as estacas uma a cada ligação entre as duas placas;
2	É construído o pavimento, que requer cuidado, pois a qualidade do piso conta muito;
3	Montam-se as formas sobre o piso, já definindo os vãos das portas e janelas;
4	A forma recebe a armação e os insertos de ligação e içamento;
5	Os painéis são concretados e polidos. Após o período de cura são colocados os cabos de aço;
6	O içamento do painel até o local definitivo é feito por guias ou guindastes;
7	Após posicionadas devidamente de forma a encaixar-se no chão as paredes são escoradas provisoriamente; A união da parede é feita por solda e as emendas são cobertas por um selante;
8	A estrutura da cobertura e as lajes de pavimento travam as paredes permitindo a retirada das escoras

FONTE: Adaptado de Rezende (2012)

As principais vantagens apresentadas pelo método foram:

- **Rapidez:** Com a construção horizontal das paredes, a ausência de colunas e fundações simplificadas, é fácil observarmos o benefício financeiro que representa uma obra entregue em tempo muito menor;
- **Qualidade:** Concreto usinado e armado, construído em condições que permitem maior controle e homogeneidade, acabamento e tratamentos específicos para cada necessidade;
- **Economia:** Não é necessário o uso de calculadora para saber o significado de custo zero em pilares e vigas laterais (cintas de amarração), além da significativa economia em fundações e maior velocidade de construção;
- **Segurança:** As paredes são moldadas no nível do piso, eliminando formas verticais, significando maior segurança para a equipe de construção, e maior segurança de qualidade homogênea;
- **Versatilidade:** Na confecção de paredes, na inclusão de sistemas especiais, na aplicação de coberturas sofisticadas;
- **Beleza:** Com este método a estrutura do edifício pode ser muito atrativa. Grandes painéis poderão receber uma enorme variedade de tratamentos decorativos, tais como colorações ilimitadas, que podem ser adicionadas a

misturas do concreto e as pinturas texturizadas, ou moldes superficiais em diversos tipos, com haletas, pedras, tijolos, além de muitos outros efeitos decorativos;

- **Durabilidade:** Muitos edifícios construídos na década de 50, mostram poucos sinais de idade, mesmo após meio século de vida. De fato, edifícios construídos em 1908 ainda se encontram em serviço.
- **Conforto, acústico e térmico:** A massa térmica inerente aos painéis reduzirá os picos e cargas térmicas do sistema de refrigeração. Conterá com todas as vantagens das propriedades acústicas do concreto;
- **Expansão:** Uma edificação concebida pelo método de paredes de concreto pode ser projetada e construída permitindo fácil expansão, simplesmente destacando e realocando os painéis ou adicionando novas aberturas sobre os mesmos;
- **Custos com seguro menores:** O concreto fornece maior resistência ao fogo que outras estruturas convencionais, principalmente estruturas metálicas (BRUMATTI, 2008).

FIGURA 35 – ESTRUTURA DA UNIDADE FEITA EM CONCRETO MOLDADO NO LOCAL



FONTE: Jet Casa (s/d).

6.3 COMPARATIVO DE ORÇAMENTOS

Foi realizado um estudo comparativo entre os dois métodos construtivos: com e sem adição de agregados reciclados além da estrutura em alvenaria convencional. Para a realização dos orçamentos das tecnologias, com os quantitativos da respectiva tipologia, foi utilizado o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) de Junho de 2016. Em relação ao método construtivo de paredes de concreto moldado no local com concreto convencional foi constatado um valor menor no custo para este em relação ao concreto com uso de materiais



reciclados, e um custo menor ainda para a estrutura em alvenaria convencional, porém o objeto de estudo desta pesquisa foi a possibilidade de utilizar estes materiais reciclados, no caso o pneu triturado e fibra de PET, para contribuir com a questão de geração de resíduos e conservação ambiental. Neste sentido, para a sociedade e para o meio ambiente o ganho é muito maior, e conseqüentemente para o futuro das nações.

A possibilidade do uso de agregados de pneu triturado e fibras de garrafa pet é um grande avanço na construção civil na questão da construção civil sustentável que contempla a gestão de resíduos, reuso de materiais e utilização de materiais recicláveis, porém constatou-se através da comparação dos orçamentos que a substituição de até 15% de agregado do concreto, tanto por borracha de pneus triturados quanto por flocos de PET, resultou em valores finais de orçamento maiores que as estruturas executadas sem o seu emprego.

A seguir segue o quadro de orçamento da unidade habitacional feita em concreto moldado in-loco sem a adição de materiais reciclados:

QUADRO 10 – ORÇAMENTO DETALHADO DA EDIFICAÇÃO EXECUTADA PELO MÉTODO DAS PAREDES DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
1	SERVIÇOS INICIAIS								
1.1	Limpeza do terreno - lote	vb	1	100	0	100	100	0	100
1.2	Topografia demarcação dos lotes	ud	1	120	0	120	120	0	120
1.3	Locação de Obra com gabarito em madeira	m2	50	3,2	3	6,2	160	150	310
	SUBTOTAL						380	150	530
2	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
2.1	Escavação mecânica com bota fora ou aterro - acerto do terreno	vb	1	150		150	150	0	150
	SUBTOTAL						150	0	150
3	FUNDAÇÃO	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
3.1	RADIER								
3.1.1	Formas de tábua	m ²	8,25	7,5	12	19,5	61,88	99	160,88
3.1.2	Preparação e compactação do solo	m ²	50,2	0	3	3	0,00	150,6	150,60
3.1.3	Concreto estrutural usinado Fck= 20,0 MPA	m3	4,63	230	45	275	1.064,90	208,35	1.273,25
3.1.4	Aço CA 60 cortado, dobrado e armado	kg	195	3,5	3,5	7	682,50	682,5	1.365,00
3.2	LAJE PISO TÉRREO								
3.2.1	Concreto estrutural Fck= 15,0 MPA	m3	2,5	220	45	265	550,00	112,5	662,50
3.2.2	Lona plástica	m ²	44,64	0,57	0,9	1,47	25,44	40,176	65,62



3.2.3	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado - 8 mm	kg	198	3,5	3,5	7	693,00	693	1.386,00
	SUBTOTAL						1538,86	993,06	2531,92
4	LAJE COBERTURA	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
4.1	Tabua de pinus de 30 cm c/ 2,50 m	pç	16	7	9,6	16,6	112,00	153,6	265,6
4.2	Tabua de pinus de 25 cm c/ 2,50 m	pç	26	5	8,9	13,9	130,00	231,4	361,4
4.3	Viga de pinus 3x3 c/ 2,50 m	pç	16	5	8	13	80,00	128	208
4.4	Concreto estrutural usinado Fck= 20 MPA	m3	5,5	220	55	275	1.210,00	302,5	1.512,50
4.5	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado - 8 mm	kg	121	4,8	4,5	9,3	580,80	544,5	1.125,30
4.6	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado - cinta	kg	0	4,8	1,8	6,6	0,00	0	0
4.7	Tela de aço 3x2 m, # 20x20 cm, Ø 3,4 mm	pl	0	12	1	13	0,00	0	0
4.8	Escoramento metálico	pç	0	4	6	10	0,00	0	0
4.9	Laje pre-moldada	m²	44,64	19,25	15	34,25	859,32	669,6	1.528,92
4.10	Escoramento madeira	m²	44,64	4,37	2	6,37	195,08	89,28	284,36
	SUBTOTAL						1.583,60	1.059,44	2.643,04
5	COBERTURA	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
5.1	Estrutura em madeira de pinheiro de 3ª								
5.1.1	Tabua de beiral com 20 cm	m	13	12	6	18	156,00	78	234
5.1.2	Viga de 2x4 c/ 2,50 m	pç	75	6,6	4,2	10,8	495	315	810
5.1.3	Ripa 1x2 c/ 2,5 m	pç	100	2,2	2	4,2	220	200	420
5.1.4	Ripa 1x3 c/ 2,5 m	pç	30	2,6	2	4,6	78	60	138
5.1.5	Telhas de concreto	pç	628	1,6	1	2,6	1004,8	628	1632,80
5.1.6	Cumieiras em telhas de concreto	pç	17	1,8	1,08	2,88	30,6	18,36	48,96
5.1.7	Rufo em chapa de ferro galvanizada nº 26, corte 120	ml	21,15	22	0	22	465,3	0	465,3
5.1.8	Calha metálica em chapa galvanizada nº24 corte 80	ml					0	0	0
	SUBTOTAL						2.449,7	1.299,36	3.749,06
6	ALVENARIAS, FECHAMENTOS E REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
6.1	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C20, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	13,9	220	307	527	3058	4.267,30	7.325,30
6.2	Armadura de tela de aço CA 60 malha 15 x 15	kg	189,69	4,52	1,8	6,32	857,39	341,40	1.198,80
6.3	Locação das formas metálicas	m²	260	13,95	0	13,95	3627	0	3627
6.6	Reboco de gesso liso	m²	172,61	4,2	15	19,2	724,96	2589,15	3.314,11



6.7	Azulejo branco 30x30 cm assentado em argamassa industrializada e rejuntamento(cozinha e banheiro)	m ²	29,76	16	14	30	476,16	416,64	892,80
6.8	SUBTOTAL						8.743,512	7.614,49	16.358,00
7	PISOS, CALÇADAS, PAVIMENTAÇÃO E PAISAGISMO	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
7.1	PISO CONCRETO – VARANDA								
7.1.1	Concreto 15 Mpa – esp. 5 cm	m ³	0	220	60	280	0	0	0
7.2	REVESTIMENTO PISO TÉRREO								
7.2.1	Regularização de piso para assentamento de cerâmica	m ²	66	4	7	11	264	462	726
7.2.2	Piso Cerâmico 30x30 cm	m ²	66	17	14	31	1.122	924	2.046
7.2.3	Rodapé Cerâmico	ml	57	1,15	1,5	2,65	65,55	85,5	151,05
7.3	CALÇADAS E JARDIM								
7.3.1	Placa de concreto - 50x50	pç	0	8	6	14	0	0	0
7.3.2	Plantio de grama	m ²	21	5	0	5	105	0	105
7.3.3	Terra preta com adubo orgânico	m ³	0,32	45	0	45	14,18	0	14,18
	SUBTOTAL						1.570,73	1.471,50	3.042,23
8	REVESTIMENTOS DE TETOS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
8.1	Forro em PVC beiral	m ²	7,80	27,50	12	39,50	214,50	93,60	308,10
8.2	Meia cana de PVC juntamento com canto meio esquadria	m ²	13	6	2,5	8,50	78	32,50	110,50
8.3	Pintura látex PVA 2 demãos	m ²	44,64	24	12	36	1.071,36	535,68	1.607,04
8.4	Massa corrida	m ²	44,64	4	3,50	7,50	178,56	156,24	334,80
8.5	Gesso	m ²	44,64	5,90	15	20,90	263,376	669,60	932,98
8.6	Calfino	m ²	0	1,1	2	3,10	0	0	0,00
	SUBTOTAL						1.805,80	1.487,62	3.293,42
9	ESQUADRIAS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
9.1	MADEIRA								
9.1.1	Porta de madeira tipo externa e caixilho de madeira 0,80X2,10 m	UN	2	467	85	552	934	170	1.104
9.1.2	Porta de madeira tipo interna e caixilho de madeira 0,80 X2,10 m	UN	2	160	75	235	320	150	470
9.1.3	Fechadura tipo externa e dobradiças	UN	2	42	25	67	84	50	134
9.1.4	Fechadura tipo interna e dobradiças	UN	2	36	25	61	72	50	122
9.1.5	Porta de madeira tipo interna 0,60 ou 0,70X2,10 m	UN	1	140	65	205	140	65	205
							1.550	485	2.035
9.2	METÁLICAS								
9.2.1	Esquad. em alum. J01 – 1,50X1,20 m duas folhas correr, vidro 3 mm	UN	3	210	40	250	630	120	750



9.2.2	Esquad. em alum. J02 - 0,60X0,80 m maxim-ar, vidro 3 mm liso.	UN	1	124	40	164	124	40	164
9.2.3	Esquad. em alum. J03 - 0,90x0,90 m maxim-ar, vidro 3 mm liso.	UN	1	190	40	230	190	40	230
9.2.4	Esquad. em alum. PJ01 - 1,20x2,10 m, 2 fls. correr com vidro 4 mm	UN	0	660	50	710	0	0	0
	SUBTOTAL ESQUADRIAS						944	200	1.144
10	PINTURAS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
10.1	Massa acrílica, 1 demão, p. interna e teto, lixamento e limpeza.	m²	262	5	3,5	8,5	1310	917	2.227
10.2	Pintura externa com textura acrílica	m²	24,72	6	7,5	13,5	148,32	185,40	333,72
10.3	Pintura interna sobre massa corrida	m²	112	5	8	13	560	896	1.456
10.4	Pintura acrílica teto	m²	48	5	8	13	240	384	624
	SUBTOTAL						2.258,32	3.168,4	5.025,90
11	IMPERMEABILIZAÇÕES	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
11.1	Impermeabilização de baldrame	m²	0	6	5	11	0	0	0
	SUBTOTAL						0	0	0
12	ELEMENTOS METÁLICOS	UN	QTD	UNIT MAT	UNIT	UNIT	TOT	TOT	TOTAL
				(R\$)	MO (R\$)	MAT+-MO	MAT (R\$)	MO(R\$)	
12.1	Portão garagem	ud	0	500	150	650	0	0	0
12.2	Gradil externo	m2	0	125	20	145	0	0	0
12.3	Alçapão 60X60 cm	ud	0	80	0	80	0	0	0
	SUBTOTAL						0	0	0
13	SERVIÇOS EXTERNOS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
13.1	ESGOTO E DRENAGEM								
13.1.1	Escavação de valas para esgoto	ml	8,29	0	10	10	0	82,9	82,9
13.1.2	Escavação de valas para drenagem	ml	8,29	0	10	10	0	82,9	82,9
13.1.3	Tubo em concreto 40 cm drenagem	ml	8,29	35	6	41	290,15	49,74	339,89
	SUBTOTAL						290,15	215,54	505,69
14	INSTALAÇÕES HIDRÁULICO-SANITÁRIAS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO(R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT(R\$)	TOT MO(R\$)	TOTAL
14.1	Tubos de PVC rígido, soldável, ponta e bolsa, para água fria, classe 15								
14.1.1	Tubo de PVC rígido, soldavel 25 mm para água fria	ml	30	2,50	0	2,50	75	0	75
14.1.2	Tubo de PVC rígido, soldavel 32 mm para água fria	ml	2	3,66	0	3,66	7,32	0	7,32
14.2	ÁGUA FRIA								



14.2.1	Adaptador soldável curto bolsa e rosca p/ registro 25 mm x 3/4"	pç	5	0,45	0	0,45	2,25	0	2,25
14.2.2	Joelho 45° soldável 25 mm	pç	2	0,65	0	0,65	1,30	0	1,30
14.2.3	Joelho 90° soldável 25 mm	pç	15	0,45	0	0,45	6,75	0	6,75
14.2.4	Joelho 90° soldável 32 mm	pç	5	0,85	0	0,85	4,25	0	4,25
14.2.5	Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm x 1/2"	pç	6	2,07	0	2,07	12,42	0	12,42
14.2.6	Luva soldável 32 mm	pç	5	0,58	0	0,58	2,90	0	2,90
14.2.7	Luva soldável 32 mm	pç	1	0,58	0	0,58	0,58	0	0,58
14.2.8	Luva com rosca 3/4"	pç	1	0,60	0	0,60	0,60	0	0,60
14.2.9	Tê 90° soldável 25x25 mm	pç	4	0,48	0	0,48	1,92	0	1,92
14.2.10	Tê 90° soldável 32x32 mm	pç	1	1,13	0	1,13	1,13	0	1,13
14.2.11	Adaptador soldável flanges livres para caixa d'água 25 mm x 3/4"	pç	2	5,64	0	5,64	11,28	0	11,28
14.2.12	Adaptador soldável flanges livres para caixa d'água 32 mm x 1"	pç	2	6,78	0	6,78	13,56	0	13,56
14.2.13	Registro de gaveta 3/4" com canopla, rosca BSP classe 125 psi	pç	2	13,23	0	13,23	26,46	0	26,46
14.2.14	Registro esfera com borboleta 3/4", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	10,79	0	10,79	10,79	0	10,79
14.2.15	Registro esfera com borboleta 1", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	17,39	0	17,39	17,39	0	17,39
14.2.16	Registro de pressão com canopla 3/4", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	20,79	0	20,79	20,79	0	20,79
14.2.17	Torneira bóia 3/4"	pç	1	10,49	0	10,49	10,49	0	10,49
14.2.18	Caixa d'água PVC 500 L	un	1	174	0	174	174	0	174
	SUBTOTAL						401,18		401,18
15	ESCGOTO SANITÁRIO E ÁGUAS PLUVIAIS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO(R\$)	UNIT MAT+-MO	TOT MAT(R\$)	TOT MO(R\$)	TOTAL
15.1	Tubo de PVC rígido 40 mm	m	6	1,86	0	1,86	11,16	0	11,16
15.2	Tubo de PVC rígido 50 mm	m	5	3,33	0	3,33	16,65	0	16,65
15.3	Tubo de PVC rígido 75 mm	m	4	4,22	0	4,22	16,88	0	16,88
15.4	Tubo de PVC rígido 100 mm	m	30	5,54	0	5,54	166,2	0	166,20
15.5	Joelho 45° , 40 mm	pç	5	0,74	0	0,74	3,70	0	3,70
15.6	Joelho 45° , 100 mm	pç	1	2,93	0	2,93	2,93	0	2,93
15.7	Curva curta 90°, 40 mm	pç	6	1,30	0	1,3	7,80	0	7,80
15.8	Curva curta 90°, 50 mm	pç	3	3	0	3	9	0	9
15.9	Curva curta 90°, 100 mm	pç	1	6,99	0	6,99	6,99	0	6,99
15.10	Junção simples 100 x 100 mm	pç	1	7,31	0	7,31	7,31	0	7,31



15.11	Luva simples 40 mm	pç	2	0,45	0	0,45	0,9	0	0,9
15.12	Luva simples 50 mm	pç	2	1,04	0	1,04	2,08	0	2,08
15.13	Luva simples 75 mm	pç	1	1,85	0	1,85	1,85	0	1,85
15.14	Luva simples 100 mm	pç	6	2,22	0	2,22	13,32	0	13,32
15.15	Bucha de redução 50 x 40 mm	pç	1	0,77	0	0,77	0,77	0	0,77
15.16	Tê 75 mm x 50 mm	pç	1	4,10	0	4,10	4,10	0	4,10
15.17	Tê 100 mm x 50 mm	pç	1	4,72	0	4,72	4,72	0	4,72
15.18	Caixa sifonada PVC grelha redonda 230 mm x 250 mm x 75 mm	pç	1	23,74	0	23,74	23,74	0	23,74
15.19	Caixa sifonada PVC grelha redonda 100 mm x 100 mm x 50 mm	pç	1	4,78	0	4,78	4,78	0	4,78
15.20	Caixa Pluvial em concreto 40 x 40 cm grelha e fundo de concreto	un	1	60		60	60	0	60
15.21	Caixa de esgoto concreto 40 x 40 cm fundo e tampo de concreto	un	1	60		60	60	0	60
	SUBTOTAL						826,06	0	826,06
16	LOUÇAS E METAIS SANITÁRIOS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT-MO (R\$)	UNIT MAT+MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
16.1	Bacia sanitária auto-sifonada com caixa acoplada	un	1	115	0	115	115	0	115
16.2	engate flexível 1/2"	un	1	14	0	14	14	0	14
16.3	Assento plático	un	1	30	0	30	30	0	30
16.4	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
16.5	Chuveiro elétrico 220 V	un	1	19,8	0	19,8	19,8	0	19,8
16.6	Lavatório com tampo	un	1	100	0	100	100	0	100
16.7	Sifão flexível de PVC 1"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.8	Engate flexível 1/2" com niple duplo	un	1	14	0	14	14	0	14
16.9	Torneira de tampo 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45
16.10	Válvula de fundo 2"x2.3/8"	un	1	20	0	20	20	0	20
16.11	Acessórios para fixação da louça	cj	3	12	0	12	36	0	36
16.12	Tanque medio louça c/ coluna	un	1	120	0	120	120	0	120
16.13	Torneira de parede 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45
16.14	Válvula de fundo 1.1/4"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.15	Sifão flexível de PVC 1.1/4"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.16	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
16.17	Tampo p/ cozinha	un	1	120	0	120	120	0	120
16.18	Torneira de parede 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45



16.19	Válvula de fundo tipo americana 1.1/2"x3.3/4"	un	1	20	0	20	20	0	20
16.20	Sifão flexível de PVC 1.1/2"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.21	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
	SUBTOTAL						827,80	0	827,80
17	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
17.1	Entrada de energia com poste	un	1	700	400	1100	700	400	1.100
17.2	Infraestrutura	un	1	450	400	850	450	400	850
17.3	Fiação e acabamentos	un	1	900	400	1300	900	400	1.300
	SUBTOTAL						2.050	1.200	3.250
18	DESPESAS MENSAIS	UN	QTD	UNIT MAT (R\$)	UNIT MO (R\$)	UNIT MAT+MO	TOT MAT (R\$)	TOT MO (R\$)	TOTAL
18.1.1	Engenheiro de obras - 1/2 período	Mê s	0	0	3.000	3.000	0	0	0
18.1.2	Mestre de Obras - Salário + Leis Sociais 126,8%	Mê s	0	0	3.164	3.164	0	0	0
18.1.3	Vigilância do canteiro	Mê s	0	0	500	500	0	0	0
18.1.4	Locação de equipamentos	Mê s	0	800	0	800	0	0	800
18.1.5	Equipamentos de proteção individual	Mê s	0	600	0	600	0	0	600
18.1.6	Andaimes	Mê s	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PARA UMA UNIDADE							R\$ 46.079,11		

A seguir segue o quadro de orçamento da unidade habitacional feita em alvenaria convencional e sem a adição de materiais reciclados:

QUADRO 11 - ORÇAMENTO DETALHADO DA EDIFICAÇÃO EXECUTADA EM ALVENARIA CONVENCIONAL.

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	UNIT MAT	UNIT MO	UNIT MAT+MO	TOT MAT	TOT MO	TOTAL
1	SERVIÇOS INICIAIS								
1.1	Limpeza do terreno - lote	vb	1	100	0	100	100	0	100
1.2	Topografia demarcação dos lotes	ud	1	120	0	120	120	0	120
1.3	Locação de Obra com gabarito em madeira	m2	50	3,2	3	6,2	160	150	310
	SUBTOTAL						380	150	530
2	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA								
2.1	Escavação mecânica com bota fora ou aterro - acerto do terreno	vb	1	150		150	150	0	150
	SUBTOTAL						150	0	150
3	FUNDAÇÃO								
3.1	RADIER								
3.1.1	Formas de tábua	m ²	8,25	7,5	12	19,5	61,875	99	160,875



3.1.2	Preparação e compactação do solo	m ²	50,2	0	3	3	0	150,6	150,6
3.1.3	Concreto estrutural usinado Fck= 20,0 MPA	m ³	4,63	230	45	275	1.064,90	208,35	1273,25
3.1.4	Aço CA 60 cortado, dobrado e armado	kg	195	3,5	3,5	7	682,50	682,5	1365
3.2	LAJE PISO TÉRREO								
3.2.1	Concreto estrutural Fck= 15,0 MPA	m ³	2,5	220	45	265	550	112,5	662,5
3.2.2	Lona plástica	m ²	44,64	0,57	0,9	1,47	25,4448	40,176	65,6208
3.2.3	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado - 8 mm	kg	198	3,5	3,5	7	693	693	1386
	SUBTOTAL						1538,8599	993,063	2.531,9229
4	LAJE COBERTURA								
4.1	Tabua de pinus de 30 cm c/ 2,50 m	pç	16	7	9,6	16,6	112	153,6	265,6
4.2	Tabua de pinus de 25 cm c/ 2,50 m	pç	26	5	8,9	13,9	130	231,4	361,4
4.3	Viga de pinus 3x3 c/ 2,50 m	pç	16	5	8	13	80	128	208
4.4	Concreto estrutural usinado Fck= 20 MPA	m ³	5,5	220	55	275	1210	302,5	1512,5
4.5	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado -8 mm	kg	121	4,8	4,5	9,3	580,8	544,5	1125,3
4.6	Aço CA50 e CA 60 cortado, dobrado e armado - cinta	kg	0	4,8	1,8	6,6	0	0	0
4.7	Tela de aço 3x2 m, # 20x20 cm, Ø 3,4 mm	pl	0	12	1	13	0	0	0
4.8	Escoramento metálico	pç	0	4	6	10	0	0	0
4.9	Laje pre-moldada	m ²	44,64	19,25	15	34,25	859,32	669,6	1528,92
4.10	Escoramento madeira	m ²	44,64	4,37	2	6,37	195,0768	89,28	284,3568
	SUBTOTAL						1583,5984	1.059,44	2.643,0384
5	COBERTURA								
5.1	Estrutura em madeira de pinheiro de 3ª								
5.1.1	Tabua de beiral com 20 cm	m	13	12	6	18	156	78	234
5.1.2	Viga de 2x4 c/ 2,50 m	pç	75	6,6	4,2	10,8	495	315	810
5.1.3	Ripa 1x2 c/ 2,5 m	pç	100	2,2	2	4,2	220	200	420
5.1.4	Ripa 1x3 c/ 2,5 m	pç	30	2,6	2	4,6	78	60	138
5.1.5	Telhas de concreto	pç	628	1,6	1	2,6	1004,8	628	1632,8
5.1.6	Cumieiras em telhas de concreto	pç	17	1,8	1,08	2,88	30,6	18,36	48,96
5.1.7	Rufo em chapa de ferro galvanizada nº 26, corte 120	ml	21,15	22	0	22	465,3	0	465,3
5.1.8	Calha metálica em chapa galvanizada nº24 corte 80	ml					0	0	0
	SUBTOTAL						2449,7	1299,36	3749,06



6	ALVENARIAS, FECHAMENTOS E REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS								
6.1	Alvenaria em bloco de concreto 9x19x29 com argamassa	m ²	141	14,8	15	29,8	2086,8	2115	4201,8
6.2	Alvenaria de muro divisa 9x14x19	m ²	14,4	14,8	15	29,8	213,12	216	429,12
6.3	Alvenaria em bloco de concreto 17x19x29	m ²	11,56	14,8	15	29,8	171,088	173,4	344,488
6.4	Chapisco em paredes internas empregando argamassa de cimento e areia traço 1:3 espessura 5mm	m ²	0	1,6	1,5	3,1	0	0	0
6.5	Chapisco em paredes externas empregando argamassa de cimento e areia traço 1:3 espessura 5mm	m ²	0	1,2	1,5	2,7	0	0	0
6.6	Reboco de gesso liso	m ²	172,61	4,2	15	19,2	724,962	2589,15	3314,112
6.7	Emboço em paredes externas empregando argamassa mista traço 1:4 + 50kg cim/m ³ espessura de 20mm.	m ²	0	4,2	10	14,2	0	0	0
6.8	Reboco em paredes internas empregando argamassa de cal hidratada 1:1,5, espessura de 5mm	m ²	0	1,8	0	1,8	0	0	0
6.9	Emboço de teto empregando argamassa mista traço 1:4 + 50kg cim/m ³ espessura de 20mm.	m ²	0	4,2	10	14,2	0	0	0
6.10	Emboço empregando argamassa mista traço 1:4 + 50kg cim/m ³ espessura de 20mm - muro de divisa	m ²	0	4,2	10	14,2	0	0	0
6.11	Azulejo branco 30x30 cm assentado em argamassa industrializada e rejuntamento (cozinha e banheiro)	m ²	29,76	16	14	30	476,16	416,64	892,8
	SUBTOTAL						3672,13	5510,19	9182,32
7	PISOS, CALÇADAS, PAVIMENTAÇÃO E PAISAGISMO								
7.1	PISO CONCRETO - VARANDA								
7.1.1	Concreto 15 Mpa - esp. 5 cm	m ³	0	220	60	280	0	0	0
7.2	REVESTIMENTO PISO TÉRREO								
7.2.1	Regularização de piso para assentamento de cerâmica	m ²	66	4	7	11	264	462	726
7.2.2	Piso Cerâmico 30x30 cm	m ²	66	17	14	31	1122	924	2046
7.2.3	Rodapé Cerâmico	ml	57	1,15	1,5	2,65	65,55	85,5	151,05
7.3	CALÇADAS E JARDIM								
7.3.1	Placa de concreto - 50x50	pç	0	8	6	14	0	0	0
7.3.2	Plantio de grama	m ²	21	5	0	5	105	0	105
7.3.3	Terra preta com adubo orgânico	m ³	0,315	45	0	45	14,175	0	14,175
	SUBTOTAL						1570,725	1471,5	3042,225
8	REVESTIMENTOS DE TETOS								
8.1	Forro em PVC beiral	m ²	7,8	27,5	12	39,5	214,5	93,6	308,1
8.2	Meia cana de PVC juntamento com canto meio esquadria	m ²	13	6	2,5	8,5	78	32,5	110,5
8.3	Pintura látex PVA 2 demãos	m ²	44,64	24	12	36	1071,3	535,	1607,0



							6	68	4
8.4	Massa corrida	m ²	44,64	4	3,5	7,5	178,56	156,24	334,8
8.5	Gesso	m ²	44,64	5,9	15	20,9	263,376	669,6	932,976
8.6	Calfino	m ²	0	1,1	2	3,1	0	0	0
	SUBTOTAL						1805,796	1487,62	3293,416
9	ESQUADRIAS								
9.1	MADEIRA								
9.1.1	Porta de madeira tipo externa e caixilho de madeira 0,80X2,10 m	UN	2	467	85	552	934	170	1104
9.1.2	Porta de madeira tipo interna e caixilho de madeira 0,80 X2,10 m	UN	2	160	75	235	320	150	470
9.1.3	Fechadura tipo externa e dobradiças	UN	2	42	25	67	84	50	134
9.1.4	Fechadura tipo interna e dobradiças	UN	2	36	25	61	72	50	122
9.1.5	Porta de madeira tipo interna 0,60 ou 0,70X2,10 m	UN	1	140	65	205	140	65	205
							1550	485	2035
9.2	METÁLICAS								
9.2.1	Esquad. em alum J01 - 1,50X1,20 m duas folhas de correr, vidro 3 mm.	UN	3	210	40	250	630	120	750
9.2.2	Esquad em alum J02 - 0,60X0,80 m máximo, vidro 3 mm liso.	UN	1	124	40	164	124	40	164
9.2.3	Esquad em alum J03 - 0,90x0,90 m máximo, vidro 3 mm liso.	UN	1	190	40	230	190	40	230
9.2.4	Esquad em alum PJ01 - 1,20x2,10 m, 2 fls. correr com vidro 4 mm	UN	0	660	50	710	0	0	0
	SUBTOTAL ESQUADRIAS						944	200	1144
10	PINTURAS								
10.1	Massa acrílica, 02 demãos, parede interna e teto, lixamento e limpeza.	m ²	262	5	6,5	11,5	1310	1703	3013
10.2	Pintura externa com textura acrílica	m ²	24,72	6	7,5	13,5	148,32	185,4	333,72
10.3	Pintura interna sobre massa corrida	m ²	112	5	8	13	560	896	1456
10.4	Pintura acrílica teto	m ²	48	5	8	13	240	384	624
	SUBTOTAL						2258,32	3168,4	5426,72
11	IMPERMEABILIZAÇÕES								
11.1	Impermeabilização de baldrame	m ²	0	6	5	11	0	0	0
	SUBTOTAL						0	0	0
12	ELEMENTOS METÁLICOS								
12.1	Portão garagem	ud	0	500	150	650	0	0	0
12.2	Gradil externo	m ²	0	125	20	145	0	0	0
12.3	Alçapão 60X60 cm	ud	0	80	0	80	0	0	0
	SUBTOTAL						0	0	0
13	SERVIÇOS EXTERNOS								
13.1	ESGOTO E DRENAGEM								
13.1.1	Escavação de valas para esgoto	ml	8,29	0	10	10	0	82,9	82,9
13.1.2	Escavação de valas para drenagem	ml	8,29	0	10	10	0	82,9	82,9



13.1.3	Tubo em concreto 40 cm drenagem	ml	8,29	35	6	41	290,15	49,74	339,89
	SUBTOTAL						290,15	215,54	505,69
14	INSTALAÇÕES HIDRÁULICO-SANITÁRIAS								
14.1	Tubos de PVC rígido, soldável, ponta e bolsa, para água fria, classe 15								
14.1.1	Tubo de PVC rígido, soldavel 25 mm para água fria	ml	30	2,5	0	2,5	75	0	75
14.1.2	Tubo de PVC rígido, soldavel 32 mm para água fria	ml	2	3,66	0	3,66	7,32	0	7,32
14.2	ÁGUA FRIA								
14.2.1	Adaptador soldável curto com bolsa e rosca para registro 25 mm x 3/4"	pç	5	0,45	0	0,45	2,25	0	2,25
14.2.2	Joelho 45° soldável 25 mm	pç	2	0,65	0	0,65	1,3	0	1,3
14.2.3	Joelho 90° soldável 25 mm	pç	15	0,45	0	0,45	6,75	0	6,75
14.2.4	Joelho 90° soldável 32 mm	pç	5	0,85	0	0,85	4,25	0	4,25
14.2.5	Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm x 1/2"	pç	6	2,07	0	2,07	12,42	0	12,42
14.2.6	Luva soldável 32 mm	pç	5	0,58	0	0,58	2,9	0	2,9
14.2.7	Luva soldável 32 mm	pç	1	0,58	0	0,58	0,58	0	0,58
14.2.8	Luva com rosca 3/4"	pç	1	0,6	0	0,6	0,6	0	0,6
14.2.9	Tê 90° soldável 25x25 mm	pç	4	0,48	0	0,48	1,92	0	1,92
14.2.10	Tê 90° soldável 32x32 mm	pç	1	1,13	0	1,13	1,13	0	1,13
14.2.11	Adaptador soldável com flanges livres para caixa d'água 25 mm x 3/4"	pç	2	5,64	0	5,64	11,28	0	11,28
14.2.12	Adaptador soldável com flanges livres para caixa d'água 32 mm x 1"	pç	2	6,78	0	6,78	13,56	0	13,56
14.2.13	Registro de gaveta 3/4" com canopla, rosca BSP classe 125 psi	pç	2	13,23	0	13,23	26,46	0	26,46
14.2.14	Registro esfera com borboleta 3/4", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	10,79	0	10,79	10,79	0	10,79
14.2.15	Registro esfera com borboleta 1", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	17,39	0	17,39	17,39	0	17,39
14.2.16	Registro de pressão com canopla 3/4", rosca BSP classe 125 psi	pç	1	20,79	0	20,79	20,79	0	20,79
14.2.17	Torneira bóia 3/4"	pç	1	10,49	0	10,49	10,49	0	10,49
14.2.18	Caixa d'água PVC 500 L	un	1	174	0	174	174	0	174
15	ESCGOTO SANITÁRIO E ÁGUAS PLUVIAIS								
15.1	Tubo de PVC rígido 40 mm	m	6	1,86	0	1,86	11,16	0	11,16
15.2	Tubo de PVC rígido 50 mm	m	5	3,33	0	3,33	16,65	0	16,65
15.3	Tubo de PVC rígido 75 mm	m	4	4,22	0	4,22	16,88	0	16,88
15.4	Tubo de PVC rígido 100 mm	m	30	5,54	0	5,54	166,2	0	166,2
15.5	Joelho 45° , 40 mm	pç	5	0,74	0	0,74	3,7	0	3,7
15.6	Joelho 45° , 100 mm	pç	1	2,93	0	2,93	2,93	0	2,93
15.7	Curva curta 90°, 40 mm	pç	6	1,3	0	1,3	7,8	0	7,8



15.8	Curva curta 90°, 50 mm	pç	3	3	0	3	9	0	9
15.9	Curva curta 90°, 100 mm	pç	1	6,99	0	6,99	6,99	0	6,99
15.10	Junção simples 100 x 100 mm	pç	1	7,31	0	7,31	7,31	0	7,31
15.11	Luva simples 40 mm	pç	2	0,45	0	0,45	0,9	0	0,9
15.12	Luva simples 50 mm	pç	2	1,04	0	1,04	2,08	0	2,08
15.13	Luva simples 75 mm	pç	1	1,85	0	1,85	1,85	0	1,85
15.14	Luva simples 100 mm	pç	6	2,22	0	2,22	13,32	0	13,32
15.15	Bucha de redução 50 x 40 mm	pç	1	0,77	0	0,77	0,77	0	0,77
15.16	Tê 75 mm x 50 mm	pç	1	4,1	0	4,1	4,1	0	4,1
15.17	Tê 100 mm x 50 mm	pç	1	4,72	0	4,72	4,72	0	4,72
15.18	Caixa sifonada de PVC grelha redonda 230 mm x 250 mm x 75 mm	pç	1	23,74	0	23,74	23,74	0	23,74
15.19	Caixa sifonada de PVC grelha redonda 100 mm x 100 mm x 50 mm	pç	1	4,78	0	4,78	4,78	0	4,78
15.20	Caixa Pluvial em concreto 40 x 40 cm grelha e fundo de concreto	un	1	60		60	60	0	60
15.21	Caixa de esgoto em concreto 40 x 40 cm fundo e tampo de concreto	un	1	60		60	60	0	60
	SUBTOTAL						826,06	0	826,06
16	LOUÇAS E METAIS SANITÁRIOS								
16.1	Bacia sanitária auto-sifonada com caixa acoplada	un	1	115	0	115	115	0	115
16.2	engate flexível 1/2"	un	1	14	0	14	14	0	14
16.3	Assento plático	un	1	30	0	30	30	0	30
16.4	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
16.5	Chuveiro elétrico 220 V	un	1	19,8	0	19,8	19,8	0	19,8
16.6	Lavatório com tampo	un	1	100	0	100	100	0	100
16.7	Sifão flexível de PVC 1"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.8	Engate flexível 1/2" com niple duplo	un	1	14	0	14	14	0	14
16.9	Torneira de tampo 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45
16.10	Válvula de fundo 2"x2.3/8"	un	1	20	0	20	20	0	20
16.11	Acessórios para fixação da louça	cj	3	12	0	12	36	0	36
16.12	Tanque medio louça c/ coluna	un	1	120	0	120	120	0	120
16.13	Torneira de parede 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45
16.14	Válvula de fundo 1.1/4"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.15	Sifão flexível de PVC 1.1/4"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.16	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
16.17	Tampo p/ cozinha	un	1	120	0	120	120	0	120
16.18	Torneira de parede 1/2"	un	1	45	0	45	45	0	45



16.19	Válvula de fundo tipo americana 1.1/2"x3.3/4"	un	1	20	0	20	20	0	20
16.20	Sifão flexível de PVC 1.1/2"x1.1/2"	un	1	12	0	12	12	0	12
16.21	Acessórios para fixação da louça	cj	1	12	0	12	12	0	12
	SUBTOTAL						827,8	0	827,8
17	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS								
17.1	Entrada de energia com poste	un	1	700	400	1100	700	400	1100
17.2	Infraestrutura	un	1	450	400	850	450	400	850
17.3	Fiação e acabamentos	un	1	900	400	1300	900	400	1300
	SUBTOTAL						2050	1200	3250
18	DESPEAS MENSAIS								
18.1.1	Engenheiro de obras - 1/2 período	Mês	0	0	3000	3000	0	0	0
18.1.2	Mestre de Obras - Salário + Leis Sociais 126,8%	Mês	0	0	3164	3164	0	0	0
18.1.3	Vigilância do canteiro	Mês	0	0	500	500	0	0	0
18.1.4	Locação de equipamentos	Mês	0	800	0	800	0	0	0
18.1.5	Equipamentos de proteção individual	Mês	0	600	0	600	0	0	0
18.1.6	Andaimes	Mês	0	0	0	0	0	0	0

TOTAL PARA UMA UNIDADE	OBS: SEM CONSIDERAR CUSTOS INDIRETOS	R\$ 41.724,73
------------------------	--------------------------------------	----------------------

FONTE: Dados da pesquisa (2016)

Os custos para coleta e moagem dos materiais reciclados para a adição no concreto foram obtidos através de pesquisas de mercado e na internet, aonde se encontrou o valor de 1600 reais por tonelada de borracha de pneu triturada com até 5 mm de diâmetro na empresa LGF Recicla⁷ e 500 dólares por tonelada na empresa Feeling Rubber & Plastic Products Co., Ltd⁸ na China, e o valor da fibra de Pet triturada encontrado foi de R\$ 3,40 por quilo no Brasil, aonde poucas empresas atuam de forma a comercializar especificamente a fibra de pet, restringindo apenas à seu uso próprio⁹.

A composição utilizada de borracha de pneu triturada foi de 15,5 pneus por metro cúbico de concreto, levando em conta que um pneu pesa entre 5 e 7 kg e que cerca de 40% do material constituinte é de borracha (fonte site Pirelli¹⁰) resultou-se em 37,2 quilos de borracha por m³ de concreto. Para o concreto com fibra de Pet utiliza-se 4% de material como Rodolfo Augusto Cardoso Ribeiro (2010) apresenta em seu estudo, obtendo 13,36 quilos de fibra de pet por m³ de concreto.

7 <http://www.lgfreicla.com.br/empresa>

8 <http://www.njfeeling.en.alibaba.com>

9 <http://www.otempo.com.br/cidades/vers%C3%A1til-garrafa-pet-vale-ouro-1.923839>

10 <https://www.pirelli.com/tyres/pt-br/car/find-your-tyres/all-about-tyres/tyre-function>

Os materiais reciclados foram empregados nos itens 3.1,3.2,4.4 e 6.1 do quadro 11 referente à estrutura executada em concreto moldado in loco.

A seguir segue a tabela com os novos valores finais devido à adição dos materiais reciclados:

QUADRO 12 – VALORES DAS OBRAS COM ADIÇÃO DE MATERIAL RECICLADO

Tipo de obra	Custo
Paredes de concreto com adição de pneu triturado 15,5 pneus por m ³ (15% do agregado miúdo)	R\$ 47.737,12
Paredes de concreto com adição de 4% fibra de pet	R\$ 47.284,20
Estrutura em alvenaria convencional	R\$ 41.724,73

FONTE: Dados da pesquisa (2016)

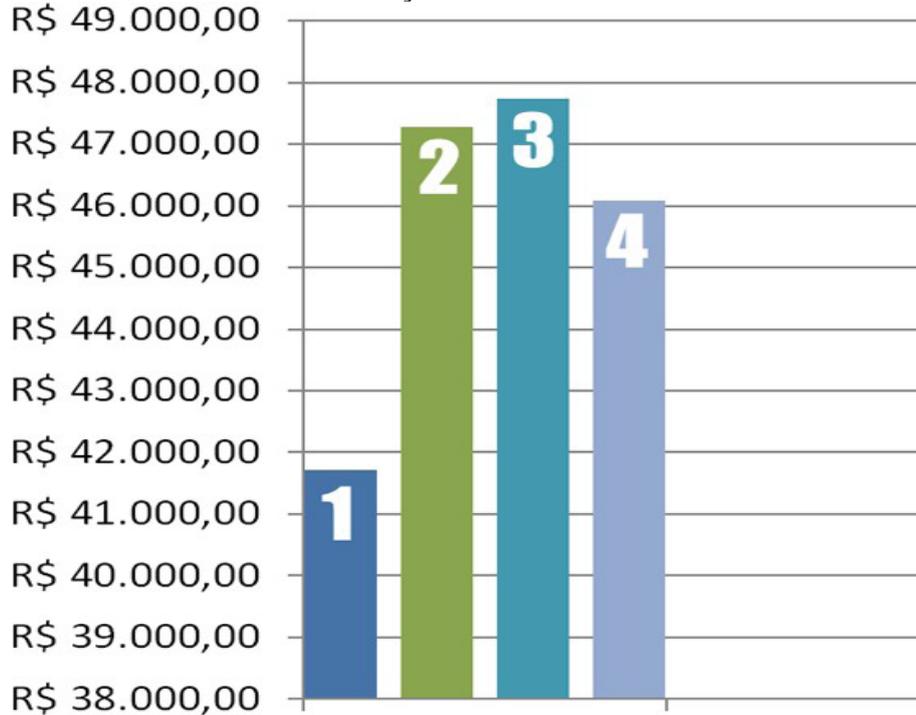
QUADRO 13 – RESUMO DOS CUSTOS

ITEM	ALVENARIA ESTRUTURAL	PAREDE DE CONCRETO
	Tempo de obra = 2,4 meses	Tempo de obra = 2,0 meses
	R\$	R\$
SERVIÇOS INICIAIS	R\$ 530,00	R\$ 530,00
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	R\$ 150,00	R\$ 150,00
FUNDAÇÃO	R\$ 2.531,92	R\$ 2.531,92
COBERTURA	R\$ 3.749,06	R\$ 3.749,06
PAREDES e REVESTIMENTOS	R\$ 9.182,32	R\$ 16.358,00
CONCRETO	R\$ 3.448,25	R\$ 10.773,55
REVESTIMENTO TETO	R\$ 3.293,42	R\$ 3.293,42
PINTURAS	R\$ 5.426,72	R\$ 5.025,90
SERVIÇOS EXTERNOS	R\$ 505,69	R\$ 505,69
INSTALAÇÕES	R\$ 1.528,00	R\$ 1.227,24

Os valores apresentados não consideram custos indiretos. Percebem-se as maiores diferenças entre valores nos itens PAREDES e REVESTIMENTOS; CONCRETO e INSTALAÇÕES ELÉTRICAS e HIRDAULICAS devido ao fato da diferença entre os métodos construtivos aonde na Parede de Concreto Moldada no Local pode-se excluir a aplicação do chapisco e o emboço tendo apenas efeito de regularização; o concreto utilizado na edificação em alvenaria é muito menor e as intalações elétricas e hidráulicas no método das Paredes de Concreto já são embutidas antes da concretagem, o que agiliza o processo e reduz o custos.



GRÁFICO 2 - DA COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DE CADA MÉTODO



1. Alvenaria convencional
2. Paredes de concreto com adição de 4% fibra de pet
3. Paredes de concreto com adição de pneu triturado
4. Parede de concreto convencional

7. CONCLUSÃO

Na engenharia civil existe a necessidade de um sistema construtivo que proporcione um diferencial competitivo e que melhore significativamente a questão de custos, transporte, circulação de material, gerenciamento de resíduos, que entre outros é um avanço. A partir deste estudo foi possível comprovar a possibilidade do uso de material reciclável na construção civil, com os estudos de Campos et al (2013), porém vemos que pela norma NBR 16.055:2012 (Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos) que normatiza o dimensionamento e a execução do sistema, o valor da resistência mínima do concreto seria de 20 MPa para a compressão, o que impossibilitaria o uso do concreto com adições de material reciclado, uma vez que estes valores não foram alcançados nos testes.

Conclui-se também com este estudo que o método de fabricação de concreto a partir do uso de resíduos de borracha de pneus e pet é relativamente mais custoso para a execução de obras de pequeno porte se comparado com o concreto convencional e com a estrutura em alvenaria, porém passaria a ser viável para a execução de várias unidades repetidas, tendo-se em vista um ganho ambiental e social, e citando também em termos de planejamento, controle e produtividade na utilização do método de paredes de concreto moldado no local não há a menor dúvida



sobre a melhor escolha, pois apresenta um resultado muito satisfatório, conforme corroborou Campos et al (2013).

Atualmente a questão do meio ambiente, como foi apontada por Simas e Santana (2013) é muito valorizada para a empresa que a considera. Quanto menos resíduos a empresa produz, mais ela está contribuindo para a sustentabilidade e para a preservação dos recursos naturais, entretanto, no que se refere ao uso de materiais reciclados para produção de concreto destinado ao preenchimento de paredes moldadas in-loc, tanto em termos financeiros quanto estruturais constata-se a inviabilidade da proposta, porém existe a possibilidade de possíveis subsídios fiscais que auxiliariam na viabilidade do método, além de inúmeras outras possibilidades de uso dos materiais reciclados em concretos sem função estrutural na construção civil.



REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET - ABIPET – <http://www.abipet.org.br> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10004:2004. **Resíduos Sólidos** - Classificação, ABNT, Brasil.
- ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>
- BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO - BNH. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento - CEPED. Utilização de Fibras Vegetais no Fibro-Cimento e no Concreto-Fibra. Rio de Janeiro, 1982.
- BASTOS, Paulo Sergio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Engenharia Civil. Unesp. Bauru, SP. 2011.
- BRUMATTI, D. O. **Uso de pré-moldados**: estudo e viabilidade. UFMG. 2008. 54 p.
- CARVALHO, W. C.; GOMES, A. M. P. A aplicação de fibras de garrafa pet como agregado estrutural do concreto. Uspdigital.usp.br/siicusp. 2011.
- CERÂMICA KASPARY. **Blocos cerâmicos de vedação certificados**. 2010. Disponível em: http://www.ceramicakaspary.com.br/portal/blocos_ceramicos.php
- CESAR, A. M. R. V. C. **Método do Estudo de Caso (Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração**. Makenzie. 2005.
- COBENGE 2010. **Comportamento do concreto reforçado com fibras plásticas produzidas com garrafas pet**. Rodolfo Augusto Cardoso Ribeiro. Disponível em: www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2010/artigos/437.doc
- CONAMA. **Resolução CONAMA. Nº 275/2001** - "Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva" - Data da legislação: 25/04/2001 - Publicação DOU nº 117, de 19/06/2001, pág. 080
- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
- COMUNIDADES DA CONSTRUÇÃO. Paredes de concreto. Fôrmas. Disponível em: <http://www.comunidade-daconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/formas/execucao/31/formas.html>
- DANTAS, F. A. S. **Concretos com Baixo Consumo de Cimento Reforçados com Fibras: Propriedades e análise da fissuração devida à retração**. São Paulo, 1987. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FELÍCIO, Eduardo Alves. **Estudo da Implementação de conceito de produção enxuta para a redução de resíduos em uma manufatura do ramo siderúrgico**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia da Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2012. 61 p. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_1_Eduardo.pdf
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIONGO, J. S. **Concreto armado**: projeto estrutural de edifícios. USP. São Carlos. 2007.
- GÓES, Bruno Pereira Góes. Paredes de concreto moldadas "in loco", estudo do sistema adotado em habitações populares/ Bruno Pereira Góes – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013. **GUIA DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO**. Minascon. Belo Horizonte, 2008.
- MAMEDE, F. C.; CORREA, M. R. S. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. UFSC. São Carlos, 2001. 206 p.
- MARIANO, Leila Seleme. **Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural**: estudo de caso de uma obra de 4.000 m². Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2008. 114 p. Disponível em: http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/147Leila_Se



leme_Mari ano.pdf

MARTINS, Dayane Faustino. **Sustentabilidade no Canteiro de Obras/** Dayane Faustino Martins. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2010.

MARTINS, R. M. **Alternativas tecnológicas em pré-moldados de concreto.** UDESC. 2010. 70 p.

MAY, V. C. **O uso do bim como tecnologia de processo de projetos integrados de arquitetura sustentável.** Universidade da cidade de São Paulo, 2014, 49 p.

MAYOR, Arcindo MAYOR Y. Paredes de Concreto Uma Alternativa Competitiva. In: **Seminário habitação: paredes de concreto, 1.**, 2008, São Paulo. Paredes de Concreto Uma Alternativa Competitiva. São Paulo: Abesc, 2008. p. 1 - 62.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Como construir Paredes de concreto. **Revista Técnica**, Edição 147, ano 17, mês junho/2009, páginas 74 a 80.

PIRELLI PNEUS. Material constituinte dos pneus de borracha. Disponível em: <https://www.pirelli.com/tyres/pt-br/car/find-your-tyres/all-about-tyres/tyre-function>

REZENDE, N. **Sistema Tilt-up.** Engenharia Civil. UFJF. 2012. Disponível em: <http://blogdopetcivil.com/2012/04/16/sistema-tilt-up/>

SANTOS, A. **Pneu inservível viabiliza concreto sustentável.** Massa cinzenta. 2013. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pneu-inservivel-viabiliza-concreto-sustentavel/>.

SANTOS, L. C. F. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012. 80 p.

SEBRAE/SENAI. **Gestão de resíduos na Construção Civil:** redução, reutilização e reciclagem. 2000.

SILVA, H. V.; SILVA, S. T. **Soluções alternativas para blocos de enchimento em lajes nervuradas.** Universidade da Amazônia, Belém, 2010. 92 p.

SIMAS, L. S. L.; SANTANA, L. C. **Construção sustentável – uma nova modalidade para administrar os recursos naturais para a construção de uma casa ecológica.** Fundação Visconde de Cairu. 2013.

TCPO. **Tabelas de composições de preços para orçamentos.** São Paulo: Pini, 2008.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

UNIVERSIDADE DE LISBOA. **Guia de Boas Práticas de Gestão dos Resíduos.** Área de Sustentabilidade. Centro de Recursos Comuns e Serviços Partilhados. 2006.

VENTURINI, Jamila. Casas com paredes de concreto. **Revista Equipe de Obra.** São Paulo, v. VII, n. 37, julho. 2011. Disponível em : < <http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/37/artigo220698-2.asp>.

VERAS, Dimas Brasileiro et al. **Construção sustentável:** educação socioambiental e cidadania. VII CONEPPI. 2012.

VIVA REAL. **Quais as diferenças entre os principais sistemas construtivos utilizados?** Viva Corretor. 2015. Disponível em: <http://www.vivareal.com.br/vivacorretor/qual-diferenca-entre-os-principais-sistemas-construtivos-utilizados/>

WAMBUCO. **Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios.** Volume I. Klaus Lipsmeier, Marko Günther, Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology. 2002.

AUTORES



VALDEMIR RODRIGUES DE OLIVEIRA JUNIOR

Engenheiro civil formado pela UFPR. CEO e engenheiro responsável pela construtora VROJ Engenharia Integrada.

MARCEL RICARDO NOGUEIRA DE OLIVEIRA

Possui Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Possui Graduação interrompida em Engenharia Civil pela Faculdade Campo-Real. Possui Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações pela Universidade Paranaense. Tem experiência no ramo de construção civil como proprietário de empresa e consultor. Atuou com elaboração e implantação de gestão ambiental, como PGRCC, técnicas e matéria prima sustentável. Ministrou palestras e cursos nas áreas de engenharia ambiental, civil, segurança, gestão empresarial e marketing. Pesquisador da engenharia e professor particular.





JULIANO PIZZANO AYOUB

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Engenheiro de Segurança do Trabalho. Especialista em Engenharia da Qualidade. Especialista em Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Especialista em Docência no Ensino Superior. Mestrado em andamento em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência

com gestão de pessoas, redução de custos, adequações às NRs, certificações, auditorias, perícias e treinamentos. Atualmente trabalha no setor de Qualidade e no Laboratório de uma indústria de Lã de Rocha.

EDSON JOSÉ FONSECA JUNIOR

Possui graduação em engenharia ambiental pela universidade Estadual do Centro-Oeste. possui especialização em georreferenciamento de imóveis urbanos e Rurais, credenciado pelo INCRA. Tem experiência no ramo de saneamento básico, levantamento planialtimétricos georreferenciados. Atuou em levantamentos altimétricos , projetos e instalações de redes de esgoto na área urbana e levantamentos georreferenciados, mapeamentos em áreas Rurais, possui experiência em processamento de imagens, em mapeamento com VANT`S.



A presente obra elucida os principais tópicos acerca dos métodos construtivos mais usuais, demonstra a elaboração de quantitativo de materiais e compara o uso de materiais reciclados com os não reciclados. São abordados temas como especificidade de formas e sistemas, fundação, armação, aplicação do concreto e outras bases da construção civil.

ISBN: 978-65-86707-25-0



Pascal
Editora