UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS DO SERTÃO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO MANOEL DE OLIVEIRA ANDRADE

FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO UTILIZANDO RCC (RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL) DESTINADOS A VEDAÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES

Delmiro Gouveia – AL

2019

CAIO MANOEL DE OLIVEIRA ANDRADE

FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO UTILIZANDO RCC (RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL) DESTINADOS A VEDAÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus do Sertão.

Orientador: Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos

Delmiro Gouveia – AL
2019

Catalogação na fonte

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca do Campus Sertão

Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/*2209*

A553f Andrade, Caio Manoel de Oliveira

Fabricação de blocos de solo-cimento utilizando RCC (Resíduo de Construção Civil) destinados a vedação de habitações populares / Caio Manoel de Oliveira Andrade. – 2020.

63 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Rogério de Jesus Santos.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2020.

1. Construção civil. 2. Bloco de solo-cimento. 3. Resíduos. 4. Vedação 5. Habitações populares. I. Título.

CDU: 624.012.3

FOLHA DE APROVAÇÃO

CAIO MANOEL DE OLIVEIRA ANDRADE

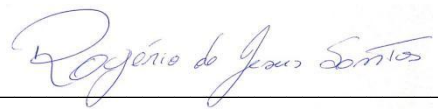
FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO UTILIZANDO RCC (RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL) DESTINADOS A VEDAÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus do Sertão.

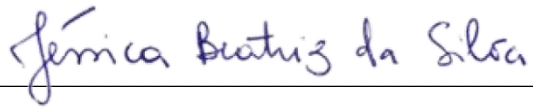
Orientador: Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos

Data de Aprovação: 14/11/2019.

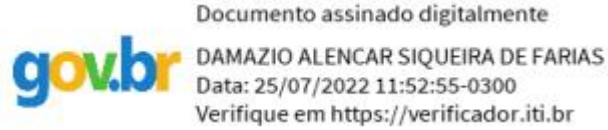
BANCA EXAMINADORA



Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus do Sertão
Orientador



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus do Sertão
Jéssica Beatriz da Silva



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus do Sertão
Damazio Alencar Siqueira de Farias

Delmiro Gouveia – AL
2019

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eloi e Floriva, por não medirem esforços em fornecer as condições necessárias para que eu pudesse conquistar meus objetivos.

À minha irmã Mariana, aos meus avós (Aurora, Flori e Zuza), pessoas fundamentais na minha vida, as quais eu louvo a Deus por tê-los ao meu lado.

Ao Professor Rogério, pela sagacidade em me colocar nessa empreitada, além de me prestar uma orientação admirável, sempre paciente e disposto a ajudar.

Aos amigos que a faculdade me deu, menção honrosa para: Hélio e Franklin, companhias que me seguirão para além da Universidade.

“Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes”.

Albert Einstein

RESUMO

Há famílias morando em residências não assistidas por saneamento básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário), mais de uma família em uma única habitação, em favelas, até embaixo de pontes. O solo-cimento é uma mistura composta por terra crua, cimento e água, utilizada na construção de casas populares. O agregado ideal para a mistura deve ser arenoso, contendo entre 70% a 80% de areia. A Construção Civil não é destaque somente como indústria de grande impacto na economia, também é a responsável por produzir 50% dos resíduos do país. Este trabalho visou a utilização de resíduo de construção civil na produção de blocos em solo-cimento para vedação de habitações de baixo custo, no intuito de substituir parcialmente o cimento Portland. Ensaios de absorção e resistência à compressão permitiram concluir que os traços com 20 e 35% de RCC garantem potencial aproveitamento para uso estrutural, com resistência média acima de 4 MPa.

Palavras-chave: solo-cimento, blocos de vedação, resíduo de construção civil, resistência à compressão.

ABSTRACT

There are families living in homes not assisted by basic sanitation (water supply and sewage),more than one family in a single dwelling, in favelas, even under bridges. The soil-cement is a mixture composed of raw soil, cement and water, used in the construction of popular houses. The ideal aggregate for the mixture should be sandy, containing between 70% and 80% sand. Civil Construction is not only highlighted as an industry with great impact on the economy, it is also responsible for producing 50% of the country's waste. This work aimed at the use of construction waste in the production of blocks in soil-cement for low-cost housing sealing, in order to partially replace Portland cement. Absorption and compressive strength tests allowed us to conclude that traces with 20 and 35% RCC guarantee potential use for structural use, with average resistance above 4 MPa.

Key-Words: soil-cement, sealing blocks, civil construction residue, compressive strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fortaleza de Bam - Irã.....	18
Figura 2: Composição do solo-cimento.....	18
Figura 3: Cidade de Chanchán - Peru.....	19
Figura 4: Habitação em tijolos de solo-cimento.....	22
Figura 5: Muro de arrimo em solo-cimento ensacado.....	23
Figura 6: Alvenaria de solo-cimento.....	24
Figura 7: Painel monolítico de solo-cimento.....	25
Figura 8: Compilado de artefatos de solo-cimento.....	26
Figura 9: Prensa ativa de tijolos em solo-cimento.....	27
Figura 10: Pavimentação em solo-cimento.....	28
Figura 11: Tipos de resíduos da construção civil.....	31
Figura 12: Resíduos de Construção Civil (RCC).....	32
Figura 13: Info-gráfico dos resíduos na construção civil.....	34
Figura 14: Déficit habitacional no Brasil.....	36
Figura 15: Complexidade do déficit habitacional.....	36
Figura 16: Aumento do déficit habitacional em decorrência do desemprego no Brasil....	38
Figura 17: Fôrma utilizada na produção dos blocos.....	40
Figura 18: Bloco após desfôrma.....	40
Figura 19: Blocos de solo-cimento após fase de pêga concluída.....	41
Figura 20: Blocos inseridos em estufa.....	42
Figura 21: Pesagem do bloco de solo-cimento.....	42
Figura 22: Bloco submetido ao ensaio de resistência à compressão.....	43
Figura 23: Rompimento do bloco de solo-cimento.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de unidades construídas com a tecnologia que utiliza o solo-cimento como material principal (tijolo prensado e painel monolítico).....	21
Tabela 2: Composição do RCC para alguns municípios brasileiros.....	30
Tabela 3: Famílias de blocos de solo-cimento.....	45
Tabela 4: Classe de blocos de solo-cimento	46
Tabela 5: Resistência característica segundo a classe dos blocos de solo-cimento.....	47
Tabela 6: Relação água/cimento dos traços produzidos.....	47
Tabela 7: Massa úmida, massa seca e índice de absorção dos blocos de solo-cimento....	48
Tabela 8: Índice de vazios dos blocos de solo-cimento.....	49
Tabela 9: Massa de agregado retida nas peneiras.....	51
Tabela 10: Classificação dos agregados quanto ao Módulo de Finura.....	51
Tabela 11: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	52
Tabela 12: Ensaios de caracterização do cimento utilizado.....	54
Tabela 13: Tensão de compressão dos blocos de solo-cimento.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	*American Associaton of State Highway Officials*
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCTerra	Associação Brasileira dos Construtores em Terra
ABMTENC	Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias não Convencionais
ASTM	*American Society for Testing and Materials*
BNH	Banco Nacional da Habitação
BTC	Bloco de Terra Comprimida
CEPED	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CEPLAC	Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira
CRATerre	*International Centre on Earthen Architecture*
DEPEA	Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas do Banco Nacional da Habitação
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCA	*Portland Cement Association*
RCC	Resíduo de Construção Civil
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Índice de absorção	(%)
A_B	Área Bruta	($m^{2)}$
a	Aceleração da gravidade	(m/s^2)
F	Força aplicada pela prensa	(N)
m	Massa aplicada pela prensa	(ton)
m_s	Massa seca dos blocos	(g)
m_u	Massa úmida dos blocos	(g)
m_v	Massa de vazios nos blocos	(g)
V_s	Volume de sólidos nos blocos	(cm^3)
V_v	Volume de vazios nos blocos	(cm^3)
ε	Índice de vazios	(%)
σ_{comp}	Tensão de ruptura à compressão	(MPa)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

2. OBJETIVOS 16

2.1. OBJETIVO GERAL 16

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

3.1. HISTÓRICO DO SOLO-CIMENTO 17

3.2. USO DO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 22

3.3. USO DE RESÍDUO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 299

3.4. DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL 35

4. METODOLOGIA 399

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS E PRODUÇÃO DOS BLOCOS 399

4.2. ANÁLISE DIMENSIONAL 41

4.3. ENSAIO DE ABSORÇÃO 41

4.4. ENSAIO GRANULOMÉTRICO 43

4.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO 43

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 444

5.1. ANÁLISE DIMENSIONAL 444

5.2. ENSAIO DE ABSORÇÃO 465

5.3. CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO 50

5.4. CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO 54

5.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO 55

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 59

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

1. INTRODUÇÃO

Solo-cimento se define como a mistura de solo pulverizado, cimento Portland e água que, sob compactação a um teor de umidade ótima, forma um material estruturalmente resistente, estável, durável e de baixo custo (Freire, 1976).

Recentemente, já existem diversos estudos relacionados à redução de custos, tanto do concreto quanto da consolidação do solo, por meio da substituição parcial do cimento Portland por inúmeras adições minerais, tais como: cinza de casca de arroz, sílica ativa, metacalinita e cinza volante, entre outros (Rolim & Freire, 1998; Akasaki & Silva, 2001 e Farias Filho et al., 2001).

A reciclagem na construção civil pode garantir diversos benefícios citados abaixo:

- Diminuição da demanda de recursos naturais não-renováveis, ao substituí-los por materiais reciclados (JOHN, 2000).
- Diminuição das áreas relativas a aterro, ao se minimizar o volume de resíduos de construção e demolição. A importância da reciclagem desses materiais é imprescindível, já que representam mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos gerados, em massa (PINTO, 1999).
- Diminuição da demanda energética durante o processo de produção. A exemplo, tem-se a indústria do cimento, que usa resíduos de bom poder calorífico para a formação de sua matéria-prima (co-incineração) ou utilizando a escória de alto forno, material com características semelhantes ao cimento (JOHN, 2000).
- Diminuição da poluição; destaca-se a indústria de cimento, que atenua a emissão de gás carbônico aproveitando escória de alto forno em substituição ao cimento Portland (JOHN, 1999).

A NBR 10833 (2013) traz considerações acerca da fabricação de blocos em solo-cimento, todavia, a NBR 12118 (2014) foi a referência utilizada nos ensaios, bem como a NBR 6136 (2006), mesmo se tratando de normas voltadas aos blocos de concreto. Os resultados encontrados foram enquadrados aos padrões citados nas mesmas.

Quanto ao uso, os blocos de concreto podem ser classificados, segundo a NBR 6136 (2006):

- classe A: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;
- classe B: com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;
- classe C: com função estrutural para uso em elemento de alvenaria acima do nível do solo;
- classe D: sem função estrutural para uso de elemento acima do nível do solo.

Este trabalho visou a utilização de resíduos de construção civil (RCC), na composição de um traço referente a produção de blocos de solo-cimento, para aplicação em habitações populares. À partir dos blocos confeccionados, tornou-se possível fazer ensaios que determinaram a conformidade dos mesmos com as normas vigentes, como também gráficos que traziam modelos padrões para efeito de comparação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Produzir blocos de solo-cimento com adição de RCC (resíduo de construção civil), em substituição gradual ao cimento, para uso em vedação de habitações populares.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar e comparar através de ensaios de absorção e resistência à compressão, amostras de blocos utilizando RCC (adição de 20, 35 e 50%, em substituição ao cimento) com amostras padrão, à partir das referências existentes;
- Elaborar gráficos de acordo com os resultados obtidos, de modo a traçar comparações entre os traços produzidos;
- Atestar a aplicabilidade do resíduo utilizado no estudo em questão, bem como o seu grande potencial de reaproveitamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. HISTÓRICO DO SOLO-CIMENTO

O uso do solo como material construtivo remonta ao início da civilização humana, quando os caçadores e coletores começam a dominar a agricultura, afim de utilizar o material abundante para se abrigarem das intemperes e dos animais, abdicando da vida nômade. Sua aplicação também era vista em monumentos, desde as civilizações orientais até o norte africano, há alguns milhares de anos antes de Cristo.

Segundo Mazzeo Grande (2003), o domínio da técnica de construir com terra representou significativas transformações, já que a vida até então era restrita às regiões próximas de cavernas. Existem registros do uso de tijolos de terra secos ao sol antes do ano 4000 a.C. Em lugares como o Egito antigo, a Babilônia e a Assíria, tem-se o relato de uso da técnica de adobe, de forma a melhorar o uso do solo como técnica construtiva.

Com a descoberta do cimento Portland, em 1845, o solo deixou de ser amplamente utilizado no Brasil e no mundo, visto que os portugueses e africanos tinham costume de usar o solo nas construções do Brasil Colônia. Segundo Freire (1976), a adição de cimento ao solo permite ao material adquirir as seguintes características:

- Poucas variações volumétricas com a absorção e perda de umidade;
- Corrigir a granulometria do solo;
- Aglutinar as partículas entre si;
- Aumentar a resistência à deformação;
- Aumentar a resistência à compressão simples;
- Aumentar a capacidade de suporte do solo;
- Aumentar a permanência das propriedades (durabilidade);

A figura 1 evidencia uma das primeiras comprovações que se tem conhecimento do emprego de solo em edificações. A Fortaleza de Bam na antiga Pérsia, atual território do Irã.

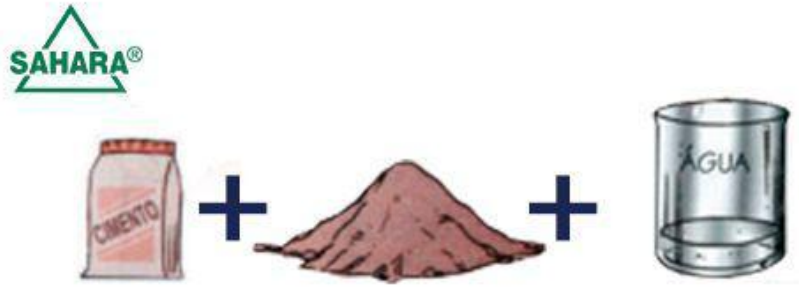
Figura 1 - Fortaleza de Bam - Irã

Fonte: Fórum da Construção

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (1986), o solo-cimento é o produto resultante da mistura de solo, cimento Portland e água que, compactados ao teor ótimo de umidade e sob a máxima densidade, em proporções previamente estabelecidas, adquirindo resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento.

Parâmetros como o tipo de solo, teor de cimento, teor de umidade, compactação e homogeneidade da mistura, devem ser devidamente analisados, pois são os principais responsáveis por alterar as propriedades do composto. A figura 2 representa o processo de composição do solo-cimento.

Figura 2- Composição do solo-cimento



Fonte: Sahara

O solo-cimento pode ser classificado em duas categorias: solo-cimento compactado e solo-cimento plástico, No caso do solo-cimento compactado, trabalha-se o solo na umidade ótima, de modo a buscar a densidade máxima no processo de compactação. Já para o solo-cimento plástico, a água deve ser adicionada até que se obtenha um produto de consistência plástica, similar a uma massa de emboço (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007).

A descrição conceitual do solo-cimento teve origem em Sazburg, na Áustria, em 1917. Até 1932, não se tinha muita informação da técnica, quando se teve notícia dos primeiros trabalhos cientificamente controlados, por meio da sua utilização na pavimentação de 17.000 m^2 em Johnsonville, Carolina do Sul, EUA (ANDRADE FILHO, 1989). A figura 3 retrata uma das construções da maior cidade edificada em solo do mundo, Chanchán, anterior ao império Inca.

Figura 3 - Cidade de Chanchán - Peru

Fonte: Fórum da Construção

Segundo Abiko (1988), o solo-cimento foi aplicado pela vez primeira em 1915, nos Estados Unidos da América pelo engenheiro Bert Reno. O mesmo pavimentou uma rua com mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland.

Heise (2004) descreve que se passaram vinte anos e a PCA (Portland Cement Association) começou a pesquisar o material de forma mais contundente, bem como a ASTM (American Society for Testing and Materials) e a AASHO (American Associaton of State Highway Officials). Essas contribuições tiveram impacto direto na Europa e América do Sul.

A busca no Brasil se deu em meados de 1936, através da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, que regulamentou e pesquisou sua aplicação, com a pavimentação do Aeroporto de Petrolina-PE, em 1941. Há registros de aplicação de solo-cimento em habitações a partir de 1948, em experiências desenvolvidas pela ABCP, com a construção de duas casas do Vale Florido, na Fazenda Inglesa, em Petrópolis-RJ. Mesmo após mais de setenta anos de construídas, as casas validam a eficiência do produto, mantendo até hoje um bom estado de conservação. (HEISE, 2004)

Segundo Segantini e Alcântara (2007), a partir de 1960 o solo-cimento teve grande aceitação, passando a ser utilizado na pavimentação de vias urbanas, rodovias e aeroportos; pavimentação de pátios industriais e de áreas destinadas ao estacionamento de veículos; revestimento de barragens de terra e revestimento de canais de irrigação; fabricação de blocos e tijolos para alvenaria de vedação, além de muitas outras aplicações.

Segundo Lima (2006), um fator determinante para a aceitação do solo-cimento como material de construtivo foi a construção do Hospital Adriano Jorge, do Serviço Nacional de Tuberculose, em Manaus, que conta com 10800 m² de área. Ainda está em operação e apresenta um ótimo estado de conservação.

Segundo Grande (2003), a partir da década de 70, quando começaram a ser discutidas as questões relativas ao impacto ambiental causado pela indústria da construção civil, diversos órgãos de pesquisa, arquitetos e engenheiros passaram a defender a causa do uso do solo-cimento como material de construção de habitações.

Dentre os órgãos internacionais de pesquisa, destaca-se o CRATerre, com sede em Genoble, na França. No Brasil, algumas entidades ligadas ao estudo dessa tecnologia são:

- Associação Brasileira dos Construtores em Terra (ABCTerra);
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia (CEPED);
- Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias não Convencionais (ABMTENC);
- Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

O extinto BNH (Banco Nacional de Habitação), munido de informações levantadas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e pelo CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia), aprovou o uso da técnica para uso em moradias populares, por volta de 1978, comprovando seu desempenho termoacústico e a possibilidade da redução de custos no intervalo entre 20% a 40%, se comparado com as alvenarias tradicionais de tijolos de barro ou cerâmicos. Além das vantagens técnicas e econômicas, o solo-cimento ganha em comodidade, pelo fato de se poder fazer o uso do solo do próprio local da obra (LIMA, 2006).

Desde então foram se ampliando os estudos e as práticas de construção com o solo-cimento, como indica o quadro publicado pelo DEPEA/BNH (Departamento de Estudos e Pesquisas Aplicadas do Banco Nacional da Habitação). Profissionais, empresas e instituições que atuam no setor da construção civil vêm se beneficiando das vantagens técnicas e econômicas que o solo-cimento oferece (ABCP, 1987).

Tabela 1: Número de unidades construídas com a tecnologia que utiliza o solo-cimento como material principal (tijolo prensado e painel monolítico).

REGIÃO DOS ESTADOS BRASILEIROS	Número de unidades registradas (até outubro de 1983)			
	Utilização			
	HABITACIONAL	COMUNITÁRIA	OUTRAS	TOTAL
NORTE	67	2	1	70
NORDESTE	527	144	21	692
SUDESTE	520	-	-	520
CENTRO-OESTE	1311	6	1	1317
SUL	128	-	-	129
TOTAL	2553	152	23	2728

Fonte: Caderno da ABCP (solo-cimento na habitação popular p. 2), 1987

O CEPED tem agido no sentido de produzir cartilhas e manuais de como trabalhar com o solo-cimento, observando aspectos de resistência à compressão e a choques mecânicos, o desempenho das pinturas e a influência da cura na resistência final do material, estabelecendo normas práticas de escolha do tipo de solo indicado para a prática deste sistema construtivo (CEPED, 1992).

Existiam cerca de 100.000 m^2 de área construída com solo-cimento no Brasil, no fim da década de 90. O CEPED criou um projeto para avaliação pós-ocupação das edificações, cujo resultado ratificou o uso apropriado do método construtivo, independente da região, do construtor e do regime de construção.

3.2. USO DO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A técnica construtiva em solo-cimento pode reduzir passivos ambientais, custos de fabricação, como também entregar mais agilidade às obras. O método é decorrente da mistura homogênea de solo, cimento e água em proporções estabelecidas preliminarmente. Por fim, o composto é compactado na aparência de tijolos, blocos ou paredes monolíticas. Se garantida a boa execução no processo, o material apresenta níveis satisfatórios de durabilidade e resistência à compressão (FIQUEROLA, 2004). Afigura 4 destaca uma habitação construída à partir do uso de blocos de terra comprimida (BTC).

Figura 4 - Habitação em tijolos de solo-cimento

Fonte: Mach Blocos

Aplica-se a construção de solo-cimento em: construção de paredes monolíticas, tijolos, pavimento e o solo ensacado. De acordo com o Manual de Construção com Solo-Cimento, produzido pela CEPLAC:

- As paredes monolíticas são compactadas no próprio local, em camadas sucessivas, no sentido vertical, com auxílio de formas e guias. O processo de produção assemelha-se ao sistema antigo de taipa, formando painéis inteiriços, sem juntas horizontais;

- Os tijolos de solo-cimento são produzidos em prensas, dispensando a queima em fornos. Eles só precisam ser umedecidos, para que se tornem resistentes. Além de grande resistência, outra vantagem desse tijolo é o seu excelente aspecto;

- Os pavimentos também são compactados no local, com auxílio de fôrmas, mas em uma única camada. Eles constituem placas maciças, totalmente apoiadas no chão;

- O solo-cimento ensacado resulta da "farofa" úmida, colocada em sacos, que funciona com fôrma. Depois de ter a sua boca costurada, esses sacos são colocados na posição de uso, onde são imediatamente compactados individualmente.

A figura 5 demonstra o uso de solo-cimento ensacado em geotecnia, estruturas de contenção de taludes, afim de melhorar a estabilidade do terreno, como o muro de arrimo a ver abaixo.

Figura 5 - Muro de arrimo em solo-cimento ensacado.

Fonte: Cimento Montes Claros

Na busca da diminuição do custo da habitação popular, tornando-a mais acessível à população de baixa renda, visando a diminuição da agressão ao meio ambiente, são estudadas novas alternativas de métodos e materiais, as quais buscam a redução de custo, menor impacto ambiental, desenvolvimento sustentável, reaproveitamento de material, canteiros de obra mais limpos e eficientes (LIMA,2006).

A título de comparação, os elementos construtivos cerâmica, concreto e solo-cimento, constata-se que as construções feitas à partir dos dois citados primeiro geralmente são mais onerosas, por necessitar de combustíveis fósseis e utilizar materiais nobres, mais minguados a cada dia, por empregarem argamassa de assentamento e de revestimento, além de se fazer necessário cortes nas paredes a fim de colocar as instalações elétrica e hidráulica (CASANOVA, 2004). A figura 6 exemplifica a aplicação de solo-cimento em alvenaria estrutural.

Figura 6 - Alvenaria de solo-cimento.

Fonte: Recriar com Você

Desde a sua fabricação, como também na sua utilização no canteiro de obras, evidenciam as vantagens da aplicação dos tijolos de solo-cimento. As ferramentas utilizadas são rústicas e baratas, permitindo atividade no próprio canteiro. Isso reduz os custos com transporte, energia, mão-de-obra e impostos (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007).

Segantini e Alcântara (2007) mostram que o tijolo de solo-cimento agrada também do ponto de vista ecológico, pois não passa pelo processo de queima, no qual se consomem grandes quantidades de madeira ou de óleo combustível, como é o caso dos tijolos produzidos em cerâmicas e olarias.

O processo construtivo do solo-cimento é muito simples, podendo ser assimilado por mão de obra não qualificada. Apresenta boas condições de conforto, comparáveis às construções de alvenaria de tijolos e/ou blocos cerâmicos, não oferecendo condições para instalações e proliferações de insetos nocivos à saúde pública, atendendo às condições mínimas de habitabilidade (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007).

O aprimoramento dos equipamentos para a fabricação dos tijolos tem contribuído para a racionalização das técnicas de construção, possibilitando a elaboração de projetos com maior qualidade, permitindo o uso dos tijolos inclusive em obras de padrão mais sofisticado. Podem ser produzidos tijolos maciços, tijolos modulares com encaixe, canaletas, placas de revestimento e até elementos decorativos (SILVA; CASTRO, 2009). A figura 7 traz um modelo de painel monolítico em solo-cimento, fundamentada na técnica de taipa de pilão.

Figura 7 - Painel monolítico de solo-cimento.

Fonte: Recriar com Você

O solo-cimento é um material de boa resistência e perfeita impermeabilidade, resistindo ao desgaste do tempo e à umidade, facilitando a sua conservação. A aplicação do chapisco, emboço e reboco são dispensáveis, devido ao acabamento liso das paredes monolíticas, em virtude da perfeição das faces (paredes) prensadas e a impermeabilidade do material, necessitando aplicar uma simples pintura com tinta à base de cimento, aumentando mais a sua impermeabilidade, assim como o aspecto visual, conforto e higiene (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007). A figura 8 traz um apanhado dos diversos artefatos produzidos através do solo-cimento.

Figura 8 - Compilado de artefatos de solo-cimento.

Fonte: Sahara

O tijolo de solo-cimento não precisa de grandes períodos de cura, o que assegura resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade e durabilidade sensivelmente superior aos outros tijolos cerâmicos (CARNEIRO *et al*., 2001).

Myrrha (2003), defende que o solo-cimento é posto como um avanço dos materiais de construção, em comparação com a taipa de pilão, o pau-a-pique e o adobe. Estas estruturas são à base do aglomerante natural (argila), podendo ter alguma adição, como fibras e óleos. Substituiu-se a argila por um aglomerante artificial de qualidades uniformes e conhecidas que é o cimento.

No aproveitamento de solo-cimento, sua aplicação se dispõe dessa maneira: BTC 44%; fundações 21%; obras de terra 17%; pavimento 12%; e, paredes monolíticas (como a taipa) 6%. Sabe-se que os solos arenosos são os mais indicados para a confecção do solo-cimento, proporcionando valores de resistência adequados com baixo consumo de cimento (SOUZA, 2006). A figura 9 exibe um meio de beneficiamento do solo-cimento, para a fabricação de tijolos.

Figura 9 - Prensa ativa de tijolos em solo-cimento.

Fonte: Sahara

As tecnologias alternativas, na área da construção civil, podem ser amplamente utilizadas em programas habitacionais, sobretudo os reservados à produção de unidades para a população de menor renda, que convertem em ganhos, tanto no que se refere à habitação, quanto ao espaço urbano, e numa melhor relação custo/ benefício, comparados às práticas usuais (CORDEIRO, 2004).

O solo-cimento é uma alternativa muito viável na construção civil, tanto em sua forma mais simples (solo, cimento e água) quanto nas mais variadas criações estudadas, a fim de se obter uma disposição correta para diferentes tipos de resíduos, até mesmo da própria construção civil. A situação corrobora a necessidade de se estudar minuciosamente esse material, propagando-o ainda mais, e assim, reduzindo os índices de problemas ao meio ambiente ocasionados pela atividade da construção civil tradicional. (PINTO, 2015).

Figura 10 - Pavimentação em solo-cimento.

Fonte: Cimento Montes Claros

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com o intuito de estabelecer uma padronização na produção de blocos e tijolos de solo-cimento publicou as seguintes normas técnicas:

- NBR 8491 (1984) — Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação.
- NBR 8492 (1984) — Tijolo maciço de solo-cimento — Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.
- NBR 10832 (1989) — Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento.
- NBR 10833 (1989) — Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solocimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento.
- NBR 10834 (1994) — Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação.

O interesse pelo solo-cimento na construção civil no Brasil, como componente de alvenaria, foi desaparecendo à partir da chegada dos materiais industrializados que surgiam no mercado, mesmo destacados vários pontos positivos ao seu uso. Desse modo, sua aplicação é mais vista em obras de pavimentação (cerca de 90% das bases das rodovias brasileiras são de solo-cimento), barragens e contenções (SILVA; CASTRO, 2009).

3.3. USO DE RESÍDUO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

À partir da revolução industrial e tecnológica frenética dos últimos anos, é imposto um aumento descomunal da produção de bens industrializados e do volume de recursos minerais explorados. Concatenado a esse fenômeno produtivo houve um grande acréscimo no volume de resíduos produzidos, permitindo com que milhões de toneladas de resíduos inorgânicos sejam criadas a cada dia em todo mundo (CAMPOS *et al.*, 2007).

Esses resíduos são dispostos inadvertidamente no meio ambiente ou depositados em aterros. Para combater tais ações, meios de reciclagem e reutilização precisam ser colocados como as primeiras alternativas para o seu controle, com a finalidade de reintroduzi-los no ciclo produtivo (MENEZES *et al.*, 2007).

Não há objeção no que tange ao manejo dos resíduos, já que é uma das questões mais importantes tanto para a saúde pública como para o desenvolvimento industrial no século vigente. Desenvolver novas tecnologias de reciclagem de resíduos sólidos se tornou algo imprescindível, adquirindo importância ambiental e econômica, atualmente (MENEZES *et al.*, 2007).

A construção civil, hoje em dia, coloca-se como um dos principais pilares da economia brasileira. Existem indícios do aumento da parcela referente à construção civil no produto interno bruto (PIB) nacional desde 1995 (FEDERAÇÃO..., 2010). Em 2011, no Brasil, o segmento foi responsável pelo crescimento de 3,6% do PIB na atividade industrial (IBGE, 2011).

A construção civil se notabiliza por ser um dos maiores consumidores de recursos naturais, provocando grandes impactos ao meio ambiente, mesmo promovendo desenvolvimento, sem distinção de nação (JOHN, 2000), o que pode ser um dos motivos de uma problemática já presente na engrenagem, a escassez de matéria-prima (FEDERAÇÃO...,2010).

Os sinais dos impactos ao meio ambiente causados pelo homem já são nítidos, principalmente nos centros urbanos, onde se aglutinam a maioria dos habitantes. O descontrole deliberado pelo crescimento econômico aos variados ramos da cadeia produtiva e o consumo, barato e intenso a cada dia, gera fartos montantes de resíduos sólidos urbanos (FEDERAÇÃO...,2010).

Tabela 2 - Composição do RCC para alguns municípios brasileiros.

Material	Localidade			
	São Paulo/SP	Ribeirão Preto/SP	Salvador/BA	Florianópolis/SC
Concreto e argamassa	33%	59%	53%	37%
Solo e areia	32%	—	22%	15%
Cerâmica	30%	23%	14%	12%
Rochas	—	18%	5%	—
Outros	5%	—	6%	36%

Fonte: Carneiro (2005)

Existem passivos advindo da alta geração de resíduo originados das atividades construtivas ambientais e econômicas, o que justifica a geração anual de 70 milhões de toneladas de RCC pelo setor, aproximadamente. (ANGULO, 2005). Estimativas indicam que metade desse material seja despejado na zona urbana de forma irregular, acarretando gastos na ordem de milhões para as prefeituras municipais manejarem adequadamente esses RCC (GUSMÃO, 2008).

A cadeia da construção civil, assim como as demais cadeias industriais, está estruturada em torno de uma cadeia de produção linear. O desafio do desenvolvimento sustentável é mudar o paradigma da produção industrial de um modelo linear para um modelo de produção de ciclo fechado, onde os resíduos retornam ao processo produtivo (JOHN, 2000).

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2012 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, comumente chamados de entulhos de obras ou caliça.

Gusmão (2008) descreve que aproximadamente 90% dos resíduos da construção civil (RCC) são classificados como inerte. Entretanto, por possuir composição bastante heterogênea, pode possuir também materiais que o caracterizem como resíduo perigoso, como tintas, impermeabilizantes e amianto. A figura 11 apresenta a tipologia dos RCC, quanto a natureza dos materiais.

Figura 11 - Tipos de resíduos da construção civil.

Fonte: Escola Engenharia

Por ainda registrar expansão pelo mundo, inclusive no Brasil, a construção civil causa impactos grandiosos, além de se alimentar de uma vasta quantidade de materiais, gerando em média 510 kg/hab/ano. Como o aumento populacional não permite que se pare de construir casas, hospitais, melhorar os transportes. Desse modo, uma das missões da construção civil moderna é reduzir a perda de materiais (GUSMÃO, 2008).

Um dos estudos de vanguarda busca dar melhor utilização aos resíduos da construção civil, como restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, etc. A adição dos resíduos de concreto promoveu condições favoráveis para a utilização do solo, reduzindo claramente a sua retração na secagem, tornando-o totalmente indicado para a confecção de tijolos e blocos (RODRIGUES, 2014). A figura 12 expõe os resíduos de construção civil no local da obra, justificando a necessidade de se dar um destino adequado aos mesmos.

Figura 12 - Resíduos de Construção Civil (RCC).

Fonte: Portal Metálica

Rodrigues (2014) relata que todas as propriedades estudadas do solo e do solo-cimento apresentaram melhorias sensíveis com a adição dos resíduos de concreto, constituindo-se, portanto, em excelente alternativa para melhorar as características dos solos, visando a sua aplicação na produção do solo-cimento.

Um fator importante na busca pelo desenvolvimento sustentável se dá em aproveitar os materiais de descarte, em especial. Existe a possibilidade de se adicionar esses compostos na mistura dos componentes dos tijolos de solo-cimento, uma grande vantagem a ser detectada. A exemplo dos blocos desenvolvidos por Santos (2009), que contam com o acréscimo de resíduos de madeira oriundos da construção civil em sua composição.

Souza (2006) relata que a ideia de aproveitar os resíduos de construção e demolição na incorporação ao solo-cimento surgiu em razão de se constatar que os solos arenosos são os mais indicados para a produção de blocos vazados. É exatamente isso o que se busca com a adição desses resíduos, pois são materiais cujas características granulométricas, após a britagem, assemelham-se às de uma areia grossa.

O aproveitamento dos resíduos de concreto na confecção dos tijolos, portanto, pode ter um papel importante na sociedade pois viabiliza uma opção técnica de baixo custo, plenamente inserida no contexto do desenvolvimento sustentável (SOUZA, 2006).

Gusmão (2008) defende que cabe ao Poder Público realizar ações a fim de disciplinar a gestão de resíduos de construção, responsabilizando e fiscalizando pequenos, médios e grandes geradores. Fazem-se necessárias ações afirmativas, na homologação de leis e resoluções, para assim contribuir com a criação de uma nova cadeia produtiva, agregando valor ao resíduo, transformando-o em matéria-prima e gerando emprego e renda.

A urgência de se reduzir o impacto do setor da construção civil é clara, tanto no meio ambiente natural, como urbano, diante dos altos volumes de resíduos de construção produzidos diariamente (GUSMÃO, 2008).

A figura 13 traz um informativo quanto aos problemas causados pelos impactos da construção civil e a geração de resíduos, bem como medidas a serem tomadas para que se tenha um ambiente de obra mais eficiente e alinhado a proteção do meio ambiente.

Figura 13 - Info-gráfico dos resíduos na construção civil.

Fonte: VG Resíduos

3.4. DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL

Ao se falar em habitação, deve-se levar em consideração não só o núcleo habitacional, como também os pontos de junção dessa unidade na rede urbana, além do grau de cobertura a serviços de infraestrutura e equipamento social. Assim, a definição de habitação apropriada alia esses dois níveis, pelo menos (PASTERNAK, 2016).

Relatório da WHO (2010) indica quatro peculiaridades na definição de habitação:

- casa (*house*) - a estrutura física;
- lar (*home*) - o suporte econômico, social e cultural determinado pela família residente;
- bairro (*neighbourhood*) - ruas, lojas, igrejas, escolas, área verde e de recreação, transporte etc., ao redor da casa;
- comunidade - os que moram, trabalham ou prestam serviços no bairro.

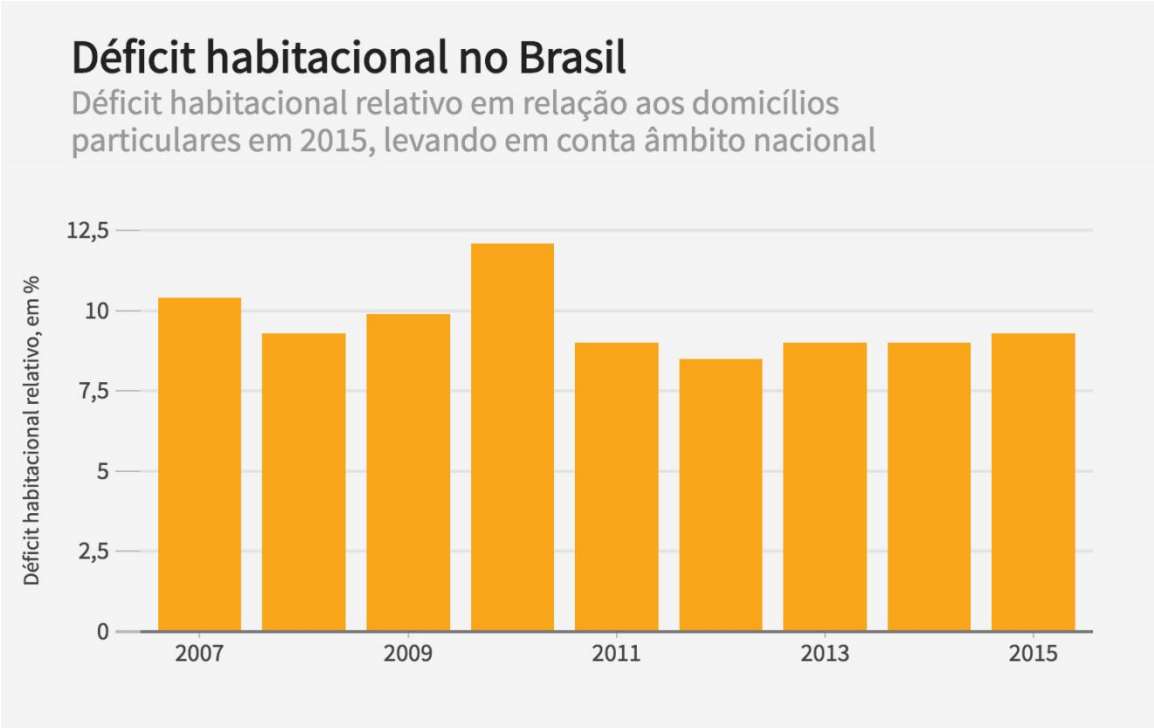
Gasta-se 80% a 90% do dia em meio ambiente construído, a maioria desse tempo em casa. Portanto, é de imensa importância estimar os riscos à saúde nesse ambiente, já que habitação e meio ambiente têm profundo impacto na saúde humana. A função da habitação para a saúde é ainda acentuada pelo fato de que justamente os mais vulneráveis (doentes, idosos, crianças, inválidos) passam a maior parte do seu tempo nela (PASTERNAK, 2016).

A Organização Mundial da Saúde (OMS), após publicado o Informe Lalonde no Canadá em 1974 (Hermeto, 2009, p.150), “deu início a uma série de conferências internacionais de forma a divulgar o novo conceito de promoção da saúde”.

As conferências resultaram na I Conferência Internacional sobre Saúde, em Ottawa, no Canadá, em 1986, enfatizando a intersetorialidade implicada: “O conceito saúde, como bem-estar, transcende o setor saúde”. E acrescenta: “as condições e requisitos para a saúde são: paz, educação, alimentação, ecossistema estável, recursos sustentáveis, justiça social e equidade” (Hermeto, 2009, p.150).

A figura 14 emite dados percentuais relativo ao déficit habitacional no Brasil, levando em conta os domicílios particulares, relacionados ao ano de 2015. A complexidade do déficit habitacional no Brasil é exemplificada na figura 15, consequência da especulação imobiliária e a falta de oferta habitacional nas áreas onde há um mínimo de serviços básicos essenciais disponíveis (saneamento básico, áreas de lazer, postos de saúde, escolas, creches).

Figura 14 - Déficit habitacional no Brasil.



Fonte - Fundação João Pinheiro

Figura 15 - Complexidade do déficit habitacional.

Fonte: Portal A Crítica

Santos (1999) e Bonduki (2008) pactuam que a política habitacional brasileira á capaz ser conceituada em três grandes períodos: até 1964 (fase pré-Banco Nacional de Habitação – BNH), entre 1964 e 1986 (abarcado entre os anos de fundação e término do BNH) e, finalmente, pós-1986 (após a extinção do BNH). Sem dúvida, particularidades quanto às metas de cobertura, amplitude e generalização de moradias segundo públicos característicos, são vistas entre eles.

Cunha & Silva (2018) afirmam que as políticas públicas na área habitacional não foram, de fato, universalizantes no caso brasileiro. Por cederem à capacidade de crédito, financiamento, endividamento e, logo, renda. Este parece ser um grande desafio do acesso à moradia e que se encontra no âmago das políticas habitacionais. Uma grande camada da população brasileira sempre conviveu à margem das leis de trabalho ou quando se encontravam efetuadas, era de modo insuficiente.

Os parâmetros que determinam moradia adequada no Brasil são limitados: no tocante a saúde e bem-estar, aplicam padrões mínimos – materiais de construção duráveis, presença de infraestrutura sanitária básica, ocupação máxima, sanitário especial, ajustamento fundiário, relação aluguel/renda mínima, convivência familiar indesejada (PASTERNAK, 2016).

Até na funcionalidade a visão brasileira é histórica e local. Orientações mínimas, as executáveis para o país no presente. Todavia, não as cobiçáveis com referência a um completo bem-estar domiciliar. Os desejáveis deveriam constar todas as associações habitação, saúde e bem-estar (PASTERNAK, 2016).

A garantia da diminuição da desigualdade social se dá em estimular o setor imobiliário, aquecendo a economia. Sua maquinaria emprega, basicamente, mão de obra de baixa qualificação, impulsionando um seguimento de campos e atividades associadas. Trata-se de uma “alavanca” de transformações econômicas, mais ou menos intensas, a partir da compra de moradia/bem/ativo, ou por meio da geração de emprego e renda ao construí-la. Essa é a lógica que narrou e permanece conduzindo a política habitacional nacional (CUNHA & SILVA, 2018).

Em contrapartida, aparece o primeiro paradoxo que confirma o ciclo vicioso, incapaz de garantir moradia a todos e, por consequência, reduzir desigualdades sócio-espaciais, hoje, praticamente continuado. É preciso se valer de artifícios que proclamem, ainda que de modo inexato, especulação imobiliária e concentração/acumulação de riquezas e capital. Constitui-

se, assim, o evento que se planejava conter: legitima-se e reproduzem-se desigualdades sociais e territoriais ao estimular parcelas do capital, sobretudo o fundiário, o imobiliário, o da construção civil (CUNHA & SILVA, 2018).

Pasternak (2016) defende que os indicadores de moradia inadequada são dispostos em dois grupos: um, relaciona-se a unidades inteiramente inadequadas, com mudança compulsória; outro, onde as unidades seriam no momento inadequadas, com alguma possibilidade de reforma ou instalação de algum acessório para que se enquadrem na norma corrente.

As unidades habitacionais inteiramente inadequadas seriam os lares improvisados (por exemplo, grutas, carros, tocas, barracas) e rústicos (fabricados com materiais que não sejam alvenaria ou madeira apropriada) e com concentração excessiva em moradias alugadas (o critério adotado faz menção a unidades habitacionais de aluguel, em que nos aposentos destinados a dormir, existam mais de três pessoas) (PASTERNAK, 2016).

A esses dois fatores adicionam-se outros dois relacionados à maneira de posse: moradias com carga excessivo de aluguel (mais de 30% da renda familiar) e casas em que exista coabitação familiar involuntária). Sobre famílias conviventes, a definição foi alterada, colocando-se como insuficiente, e portanto moradia inadequada, toda a unidade com mais de uma família, reproduzindo o ditado popular “quem casa quer casa” (PASTERNAK, 2016).

A figura 16 confirma os problemas vistos na imagem anterior, agravados pelo aumento do desemprego no Brasil.

Figura 16 - Aumento do déficit habitacional em decorrência do desemprego no Brasil.

Fonte: Esquerda Diário

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS E PRODUÇÃO DOS BLOCOS

O referido trabalho se deu inicialmente em buscar uma fonte do resíduo de construção civil (RCC) com presença de cimento, segregado de outros materiais. A solução surgiu numa fábrica de elementos pré-moldados, situada no Bairro Campo Grande, empreendimento pertencente ao senhor José Carlos, que de prontidão mostrou-se solícito em ceder o resíduo em questão.

O material coletado foi separado na peneira 4,8", para que se assemelhasse ao cimento e ao agregado. Um traço padrão foi produzido, contendo solo, cimento e água, como também outros a serem analisados experimentalmente, numa proporção que variava de 20, 35 à 50% de RCC, respectivamente, em substituição ao cimento na mistura. A NBR 10833 serviu de parâmetro para a confecção dos blocos, trazendo considerações importantes para a execução adequada do processo fabril.

Para efetuar o traço padrão, definiu-se uma proporção 2:1 solo/cimento, em um balde de 5L. Após fazer a mistura dos compostos na betoneira, 3,5L de água foram adicionados lentamente, até que se uniformizasse a argamassa. O professor Rogério Santos disponibilizou a fôrma de blocos de dimensões 14 x 19 x 39 cm, produzida à partir de chapas de aço. Houve a necessidade do uso de óleo queimado, para untar a ferramenta, facilitando a desfôrma dos mesmos. Onze unidades foram fabricadas, justificando a falta de resultados mais conclusivos.

Os blocos foram imersos em recipientes com água por 28 dias, permitindo a completa hidratação do cimento, após concluída a fase de pega. Finalizada esta etapa, ensaios analíticos puderam ser executados, trazendo consigo índices viáveis para o uso dessa tecnologia construtiva, em vedação de habitações populares. A NBR 12118 foi a referência principal na condução dos experimentos, bem como a NBR 6136, na visualização de tabelas essenciais na caracterização dos blocos.

Figura 17 - Fôrma utilizada na produção dos blocos.

Fonte: O autor

Figura 18 - Bloco após desfôrma.

Fonte: O autor

4.2. ANÁLISE DIMENSIONAL

Mediram-se os blocos através de trenas e paquímetros, a fim de obter suas reais medidas, necessárias para cálculos a serem vistos a frente, bem como enquadrá-los em tabelas inseridas na NBR 6136, contendo informações padronizadas para cada classe e/ou família dos mesmos.

Figura 19 - Blocos de solo-cimento após fase de pega concluída.

Fonte: O autor

4.3. ENSAIO DE ABSORÇÃO

Segundo orientações da NBR 12118, pesaram-se os blocos de solo-cimento após a retirada dos recipientes com água, com posterior ida às estufas, totalizando 24h de exposição a temperaturas da ordem de 105ºC. A título de análise, pesou-se a massa seca, para cálculo do índice de absorção, bem como o índice de vazios. Dois blocos de cada traço foram usados nesse experimento, o qual contribuiu significativamente para determinação de alguns parâmetros.

Figura 20 - Blocos inseridos em estufa.

Fonte: O autor

Figura 21 - Pesagem do bloco de solo-cimento.

Fonte: O autor

4.4. ENSAIO GRANULOMÉTRICO

A natureza do agregado impossibilitou que determinássemos índices de liquidez e plasticidade, devido ao caráter não-plástico. Contudo, foi possível determinar sua curva granulométrica e a sua classificação, à partir da sua separação nas peneiras de diâmetros padronizados, desde a 4,8” até à 0,15”, segundo as diretrizes da NBR NM 248.

4.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Todos os blocos produzidos foram submetidos ao teste, com o auxílio da prensa à compressão, meio pelo qual foi possível encontrar valores referentes às tensões de ruptura individualmente. Gráficos puderam ser gerados por meio dos dados fornecidos, trazendo dados indispensáveis para o trabalho em questão.

Não foi possível realizar o capeamento (nivelamento) nos blocos, pela falta de material constituinte, o que muito provavelmente influenciou em alguns resultados, como também o baixo número de blocos confeccionados.

Figura 22 - Bloco submetido ao ensaio de resistência à compressão.

Fonte: O autor

Figura 23 - Rompimento do bloco de solo-cimento.

Fonte: O autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE DIMENSIONAL

Segundo a NBR 6136, foi possível determinar a classe do bloco fabricado, bem como a sua família, de acordo com as dimensões nominais. Posteriormente, através dos ensaios de resistência à compressão e absorção, alguns blocos puderam mudar de classe, por apresentar valores acima do minimamente desejável.

A fôrma utilizada produz blocos com 14 centímetros de largura, 19 centímetros de altura e 39 centímetros de comprimento, totalizando 10.374 centímetros cúbicos. A intenção era definir os blocos numa perspectiva de uso em vedação, inicialmente.

Sendo assim, a classe de bloco desejada foi a D, por não possuir função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do solo. A família associada aos blocos é a M-15, de acordo com a norma citada acima, bem como nas tabelas 3 e 4 extraídas da mesma.

Tabela 3 - Famílias de blocos de solo-cimento.

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10			M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	10x30	7,5x40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40
NOTA: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados na tabela 1 são de ± 2,0 mm para a largura e ± 3,0 mm para a altura e para o comprimento.											

Fonte: Adaptado da NBR 6136 (2006)

Tabela 4 - Classe de blocos de solo-cimento.

Classe	Designação	Paredes longitudinais[1] mm	Paredes transversais	
			Paredes[1] mm	Espessura equivalente[2] mm/m
A	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
B	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
C	M-10	18	18	135
	M-12,5	18	18	135
	M-15	18	18	135
	M-20	18	18	135
D	M-7,5	15	15	113
	M-10	15	15	113
	M-12,5	15	15	113
	M-15	15	15	113
	M-20	15	15	113

[1] Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

[2] Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: Adaptado da NBR 6136 (2006)

5.2. ENSAIO DE ABSORÇÃO

A utilização de blocos de solo-cimento nas edificações, tanto na alvenaria estrutural quanto para vedação, vem crescendo na construção civil. Para garantir as propriedades de cada classe, eles precisam se enquadrar nos requisitos normativos que servem de indicadores da qualidade do produto.

A absorção de água é a relação entre a massa total de água absorvida pelo bloco e sua massa seca. Em geral, quanto mais denso o bloco, menor será a absorção de água, mas isto não pode ser considerado como regra geral, pois nos blocos de baixa qualidade os poros podem ser tão grandes a ponto de não reter a água, desclassificando o teste realizado. Assim, é importante encontrar condições adequadas para cada tipo de equipamento e dos agregados disponíveis.

A NBR 6136 traz referências sobre índices de absorção relacionados às classes dos blocos, que serviram como parâmetro de análise nos valores obtidos neste trabalho. Os resultados foram exitosos, mas o traço 4 (50% RCC) mostrou índices acima do máximo permitido. Especialmente, o traço 3 (35% RCC) apresentou resultados surpreendentes, com umidade média apenas 0,6 % superior ao traço 1 (padrão).

Tabela 5 - Resistência característica segundo a classe dos blocos de solo-cimento.

Classe	Resistência característica f_{bk} MPa	Absorção média em %	
		Agregado normal	Agregado leve
A	≥ 6,0	≤ 10,0%	≤ 13,0% (média) ≤ 16,0% (individua)
B	≥ 4,0		
C	≥ 3,0		
D	≥ 2,0		
1) Facultativo.			

Fonte: Adaptado da NBR 6136 (2006)

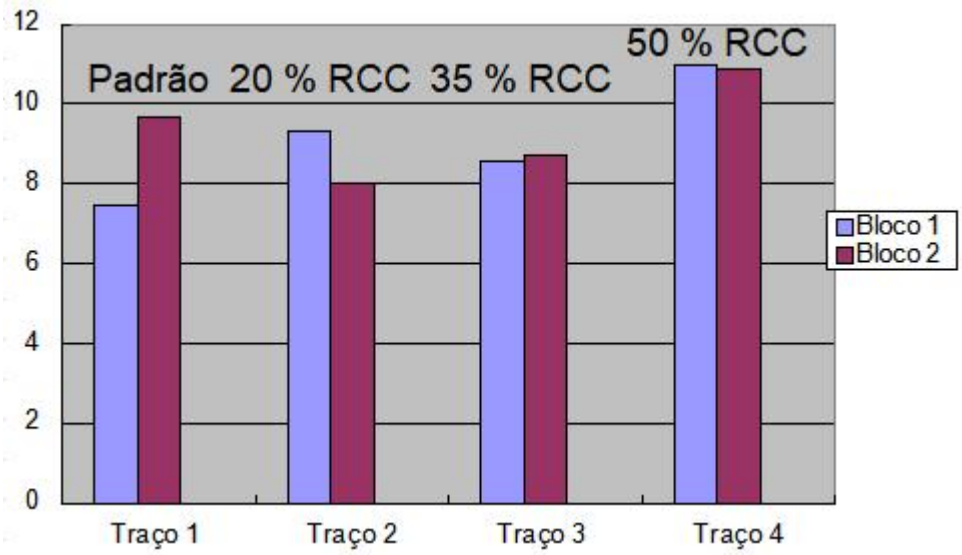
De acordo com o gráfico a seguir, oito blocos foram submetidos ao ensaio citado, totalizando quatro tipos diferentes de traço. Alterações bruscas na relação água-cimento ocorreram, no intuito de se manter a trabalhabilidade da argamassa ao substituir gradativamente o cimento pelo resíduo cimentado, traço a traço. A tabela 6 exprime os valores referentes às relações água-cimento, pertencente a cada traço.

Tabela 6 - Relação água/cimento dos traços produzidos.

Traço	**Relação a/c**
1 (Padrão)	**0,376**
2 (20% RCC)	**0,470**
3 (35% RCC)	**0,579**
4 (50% RCC)	**0,753**

Fonte: O autor

Índice de absorção (%):



A rigor, percebeu-se que o traço 4 (50% RCC) apresentou os maiores índices de absorção, justamente por possuir a maior relação água-cimento, como também as menores massas dentre os blocos fabricados e os maiores índices de vazios, como veremos adiante.

O traço 3 (35% RCC) assinalou a menor absorção média, aproximadamente 4,7% menor que o traço 1 (padrão). A tabela 7 destaca os valores das massas dos blocos, na ordem crescente dos traços produzidos.

Tabela 7 - Massa úmida, massa seca e índice de absorção dos blocos de solo-cimento.

Bloco	Massa Úmida(g)	Massa Seca(g)	Índice de absorção (%)
1	**11783**	**10962**	**7,49**
2	**11795**	**10207**	**9,68**
3	**11082**	**10135**	**9,34**
4	**11572**	**10715**	**8,00**
5	**11125**	**10249**	**8,55**
6	**11168**	**10274**	**8,70**
7	**10549**	**9505**	**10,98**
8	**10662**	**9618**	**10,85**

Fonte: O autor

Modelo de cálculo do índice de absorção A (para o Bloco 1):

$$A = [(m_U - m_S) / m_S] * 100 \quad (1)$$

$$A = [(11783 - 10962) / 10962] * 100$$

$$A = 7,49\ \%$$

A tabela 8 revela os valores dos índices de vazios em porcentagem, de acordo com os resultados do ensaio de absorção. O traço 3 (35% RCC) trouxe números significativos, registrando um índice médio 2,1% menor que o traço 1 (padrão).

Tabela 8 - Índice de vazios dos blocos de solo-cimento.

	Traço 1 (Padrão)	**Traço 2 (20% RCC)**	**Traço 3 (35% RCC)**	**Traço 4 (50% RCC)**
Bloco 1	**7,91**	**9,13**	**8,44**	**10,06**
Bloco 2	**9,52**	**8,26**	**8,62**	**10,06**
Média	**8,71**	**8,69**	**8,53**	**10,06**

Fonte: O autor

Modelo de cálculo do índice de vazios ε (para o Bloco 1):

$$m_U = 11783\ g \quad (2)$$

$$m_S = 10962\ g \quad (3)$$

$$m_V = V_V = V_U - Vs \quad (4)$$

$$V_v = 821\ cm^3$$

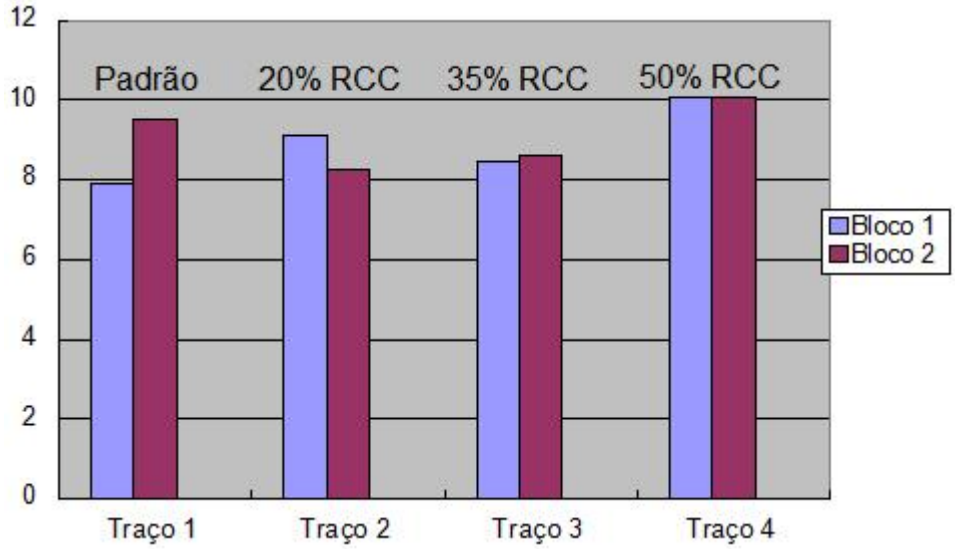
$$V_s = 10374\ cm^3 \quad (5)$$

$$\varepsilon = V_V / V_S \quad (6)$$

$$\varepsilon = 821 / 10374$$

$$\varepsilon = 0{,}0791 \ (7{,}91\%)$$

Índice de vazios ε (%):



5.3. CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

A NBR 7180 faz menção quanto aos ensaios de caracterização dos solos, de acordo com os dados encontrados em laboratório. Quando o solo for extremamente arenoso, o ensaio do Limite de Plasticidade (LP) deve ser feito antes do ensaio do Limite de Liquidez (LL). Se o Limite de Plasticidade (LP) não puder ser determinado, anotar ambos como NP (não plástico).

O agregado não apontou traços de argila, justificando a impossibilidade de se fazer os ensaios do limite de liquidez e plasticidade. Há um consenso de que solos arenosos são os mais indicados para a confecção dos blocos em solo-cimento, pelo fato da baixa plasticidade, diminuindo a necessidade de cimento. Quanto ao resíduo utilizado, dispensou-se a retratação por se tratar de cimento, essencialmente.

A tabela 9 divulga as massas retidas nas devidas peneiras, numa massa total de 1000g do agregado adotado nos traços utilizados. É importante destacar que aproximadamente 37% do agregado foi retido na peneira de 1,2 mm. Já que todo o material passou pela peneira de 4,8", o agregado foi classificado como miúdo. Quanto ao módulo de finura, os agregados miúdos podem ser definidos de acordo com a tabela 10.

Tabela 9 - Massa de agregado retida nas peneiras

Peneira	Massa retida (g)	Porcentagem acumulada (%)
4,8"	Não detectável	0
2,4"	117	11,7
1,2"	368	48,5
0,6"	177	66,2
0,3"	230	89,2
0,15"	78	97
Fundo	30	100
Módulo de Finura	3,13	
Diâmetro máximo	4,8 mm	
Σ Porcentagem acumulada	312,6	

Fonte: O autor

Tabela 10 - Classificação dos agregados quanto ao Módulo de Finura

Tipos	Módulo de Finura (MF)	Utilização
Areia Grossa	MF > 3,3	Concreto e chapisco
Areia Média	2,4 < MF < 3,3	Concreto e emboço
Areia Fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: O autor

De acordo com o módulo de finura obtido, o agregado miúdo se coloca na faixa da areia média, seguindo as orientações da NBR NM 248, utilizada para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos para concreto. O diâmetro máximo corresponde ao número da peneira na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo.

A tabela 11 expõe os limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo, desse modo pôde-se fazer relações com os dados obtidos anteriormente. A porcentagem acumulada em cada peneira ficou na faixa da zona utilizável superior, com módulo de finura variando entre 2,90 e 3,5 (3,13).

Tabela 11 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

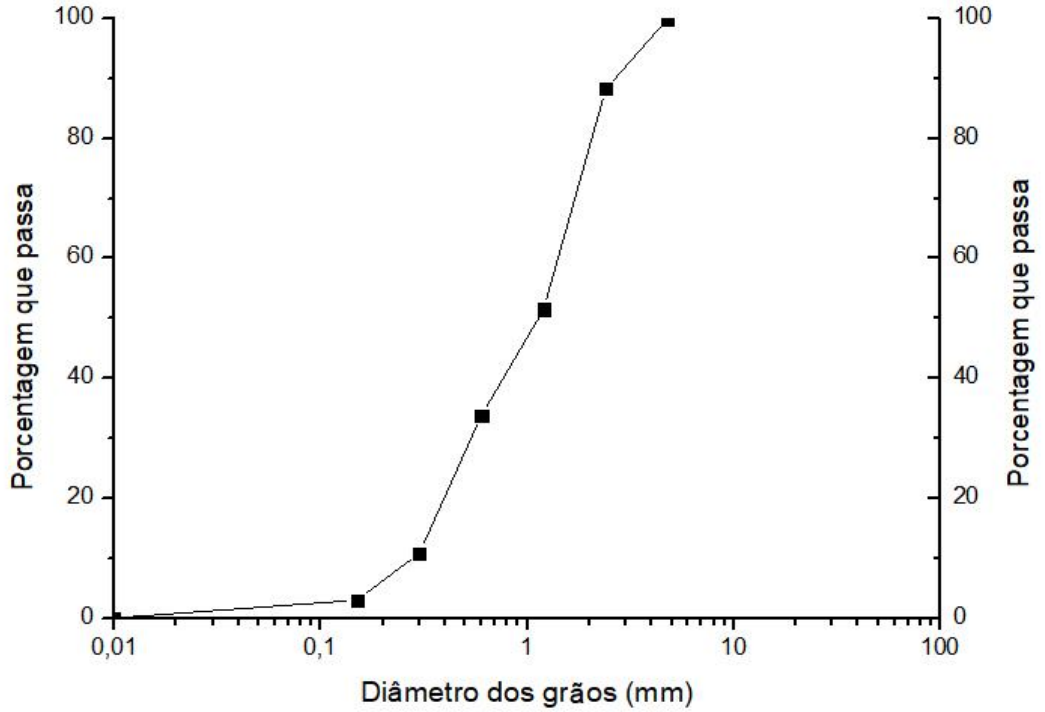
1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.

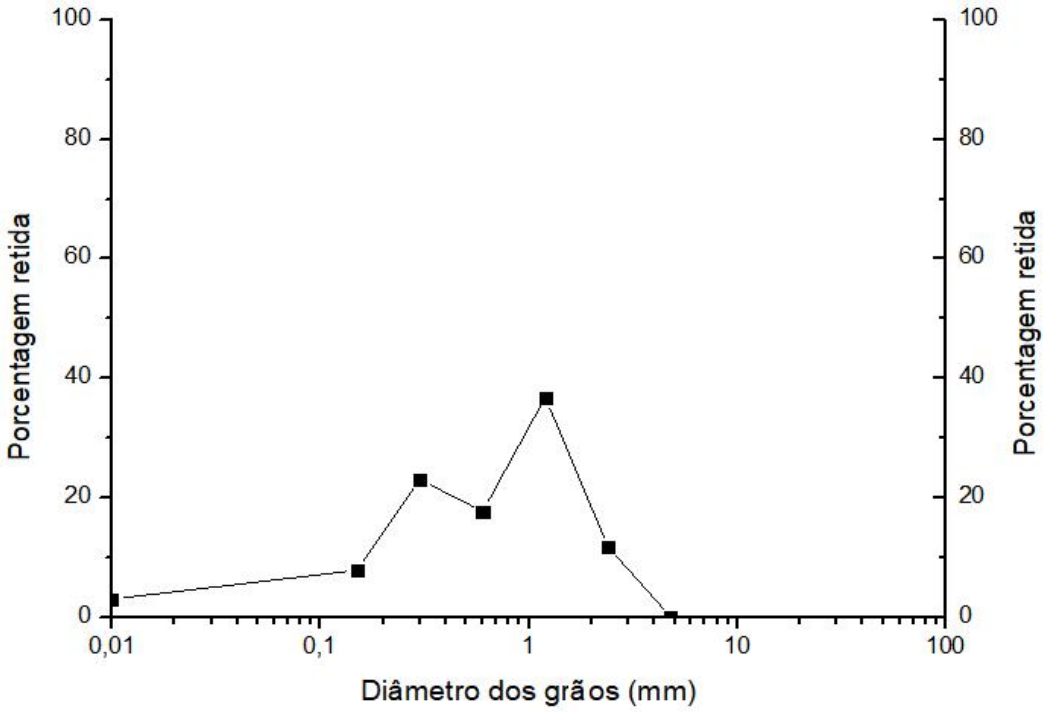
2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.

3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: Adaptado da NBR NM 248 (2003)

Curva granulométrica:





5.4. CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO

Assim como os demais cimentos Portland compostos, o CP II F é um tipo de cimento para uso e aplicação em geral . Ideal para utilização em estruturas de concreto armado, pavimentos de concreto, argamassa de chapisco, assentamento de blocos, revestimento, pisos e contra-pisos, grautes, concreto protendido, pré-moldados e artefatos de concreto.

O cimento Portland composto tem diversas possibilidades de aplicação e por isso é um dos cimentos mais utilizados no Brasil. Suas propriedades atendem desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos.

O CP II F-32 tem adição de fíler calcário, em teor entre 6 e 10% e não é o mais indicado para aplicação em meios muito agressivos. A tabela 12 registra as especificações das normas, bem como os índices relativos a cada ensaio.

Tabela 12 - Ensaios para carcterização do cimento utilizado.

CP II-F-32	Especificações **ABNT**	
ENSAIOS FÍSICOS		
Blaine (cm²/g)	>2600	NBR NM 76
Tempo de início de pega (h:min)	>1	NBR NM 65
Tempo de fim de pega (h:min)	<10	NBR NM 65
Finura na peneira # 200 (%)	<12,0	NBR 11579
Finura na peneira # 325 (%)	–	NBR 9202
Expansibilidade a quente (mm)	<5,0	NBR 11582
Consistência normal (%)	–	NBR NM 43
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	–	NBR 7215
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	>10,0	NBR 7215
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	>20,0	NBR 7215
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	>32,0	NBR 7215

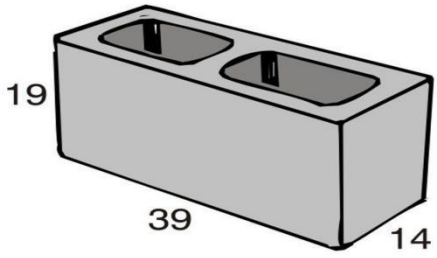
ENSAIOS QUÍMICOS		
Perda ao fogo (%)	<6,5	NBR 5743
Resíduo insolúvel (%)	<2,5	NBR 5744
Trióxido de enxofre – SO_3 (%)	<4,0	NBR 5745
Óxido de cálcio livre – CaO Livre (%)	–	NBR 7227
Óxido de magnésio – MgO (%)	<6,5	NBR 9203
Óxido de alumínio – Al_2O_3 (%)	–	NBR 9203
Óxido de silício – SiO_2 (%)	–	NBR 9203
Óxido de ferro – Fe_2O_3 (%)	–	NBR 9203
Óxido de cálcio – CaO (%)	–	NBR 9203
Equivalente alcalino (%)	–	–

Fonte: O autor

5.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

De acordo com a NBR 12118, que trata da produção dos blocos de concreto, consideramos o valor da área bruta (seção transversal), ou seja, a área vazada também é contabilizada. O equipamento utilizado para rompimento dos blocos mediu a massa aplicada em toneladas, portanto, foi preciso converter os valores para que pudéssemos determinar a tensão de ruptura em MPa.

Um bloco acabou sendo descartado dos testes, pelo fato de ter sido danificado no processo de desfôrma. Devido ao curto período disponível para elaboração deste trabalho, não foi possível fabricar mais blocos, a fim de se encontrar valores mais próximos do real.



Área Bruta (A_B) = comprimento * largura (7)

$$39* 14 = 546 \text{ cm}^2 (0{,}0546 \text{ m}^2)$$

Modelo de cálculo da Tensão de Compressão σ_{comp} (para o Bloco 1):

$$m = 38{,}17 \text{ ton } (38170 \text{ Kg}) \quad (8)$$

$$a = 9{,}81 \text{ m/s}^2 \quad (9)$$

$$F = m * a \quad (10)$$

$$F = 38170 * 9{,}81$$

$$F = 374.447{,}7 \text{ N } (0{,}374\text{MN})$$

$$\sigma_{comp} (f_{bk}) = F / A_B \quad (11)$$

$$\sigma_{comp} (f_{bk}) = 0{,}374 / 0{,}0546$$

$$\sigma_{comp} (f_{bk}) = 6{,}85 \text{ MPa}$$

A tabela 13 registra as tensões de ruptura dos blocos à compressão, na ordem crescente dos traços.

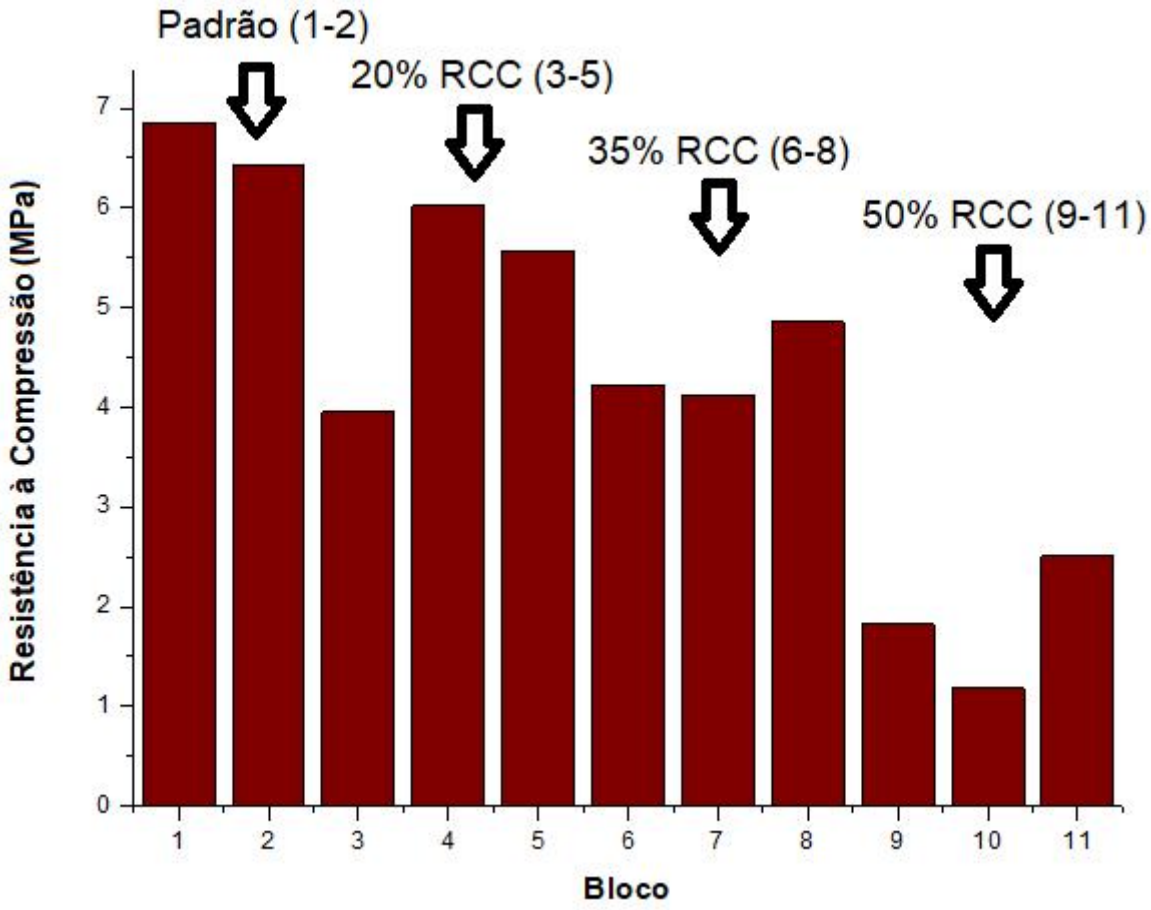
Tabela 13 - Tensão de compressão dos blocos de solo-cimento.

Bloco	**Tensão de compressão (MPa)**
1	**6,85**
2	**6,42**
3	**3,95**
4	**6,02**
5	**5,56**
6	**4,22**

7	**4,12**
8	**4,85**
9	**1,82**
10	**1,18**
11	**2,51**

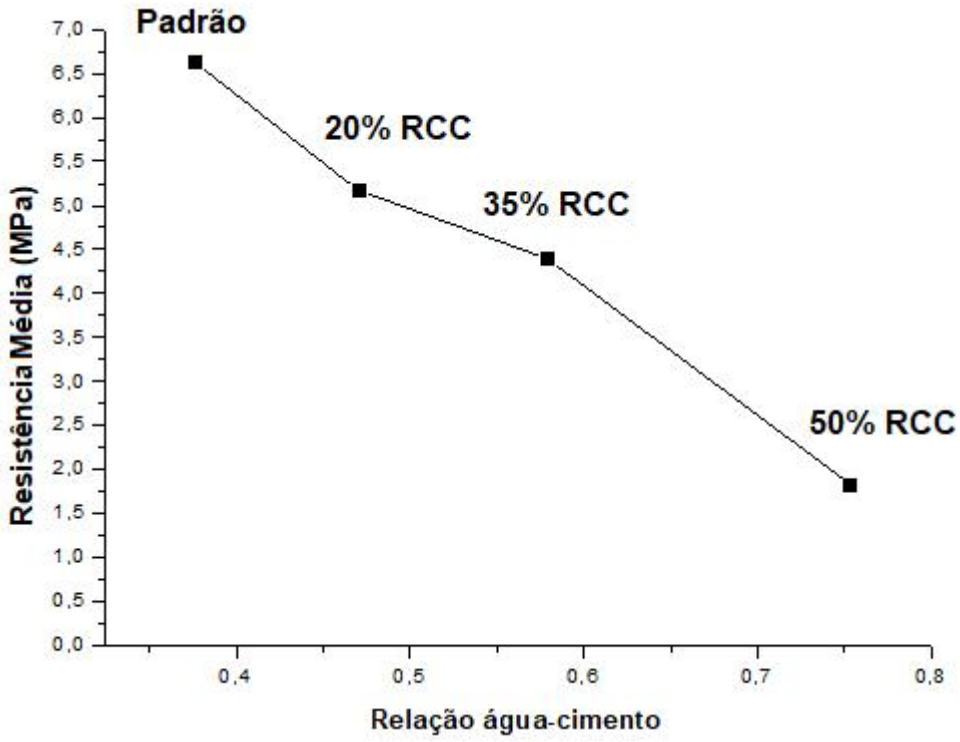
Fonte: O autor

Seguindo os valores apresentados no gráfico a seguir, apenas um bloco do traço 4 (50% RCC) atingiu o mínimo de 2 MPa para uso em vedação, mais precisamente o bloco 11. Ao alterarmos consideravelmente a relação água-cimento e não realizar o capeamento dos blocos, segundo a NBR 12118, os dados encontrados estão em conformidade com as expectativas.



Além das observações prévias, ainda deve-se frisar a perda acentuada de resistência devido a alteração brusca da relação água-cimento. O traço 4 (50% RCC) apresenta um índice 100,26% maior que o traço 1 (padrão). É importante salientar que os blocos com 20 e 35% de resíduo obtiveram valores dentro da faixa de uso em alvenaria estrutural, em média.

Com base nos dados dispostos, conseguiu-se gerar um gráfico comparativo entre a relação água-cimento de cada traço e a sua resistência média à compressão. É interessante destacar que o traço 2 (20% RCC) apresentou resultados significativos, 21,97% menor que o padrão, em média.



Os resultados condizem com a natureza do agregado utilizado, pois ao se empregar areias médias e finas no traço o consumo de água sobe muito, de modo que a qualidade da argamassa está diretamente relacionada com a relação água-cimento. Quanto menor for este índice, maior será a resistência da argamassa e menor permeabilidade, garantindo uma maior durabilidade.

O RCC utilizado também alterou esta razão, por empregarmos seu uso em substituição ao cimento virgem. Entretanto, sua aplicação se mostrou bastante viável economicamente e ambientalmente, o que valida a sua utilização no processo fabril dos blocos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos pormenores já citados, o referido trabalho trouxe constatações que servirão para estender à sociedade um modelo produtivo ecológico de blocos em solo-cimento. A Universidade proporcionando pesquisas que visem atenuar o problema habitacional no Brasil, uma clara demonstração da extensão acadêmica.

O resíduo estudado no trabalho apresentou uma alternativa viável para reuso, garantindo níveis satisfatórios em todos os ensaios realizados, quando utilizado em proporção ao cimento. Um precedente se abriu, na medida em que este material precisa ter uma atenção especial em trabalhos futuros, dados os excelentes resultados obtidos.

A proposta inicial se deu em fabricar os blocos visando sua utilização em alvenaria, contudo, os traços 2 e 3 apresentaram níveis acima do pretendido, possibilitando até sua aplicação estrutural. A metodologia fabril é relativamente simples e dispensa mão-de-obra especializada, o que só ratifica a eficiência do projeto.

Justifica-se a necessidade de tratar cuidadosamente a relação água-cimento em estudos futuros, já que o presente trabalho tem um viés sutentável, o que impossibilitou o uso de aditivos nos traços. A viabilidade da proposta coroa uma iniciativa poderosa de assistência social, a fim de retornar o conhecimento gerado na Universidade pública federal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, Alex Kenya. **Solo - cimento: tijolos , blocos e paredes monoliticas**. In: *Tecnologia de Edificações* [S.l: s.n.], 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP (1986) ET-35. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. São Paulo, SP., 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Solo-cimento na habitação popular.** 2. ed. São Paulo: ABCP 1987. 14 p. (EC-4)

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica - Procedimento**, 2003, 6p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6136 - **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos**, 2006, 10p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10833 - **Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento**, 2013, 3p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12118 - **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Métodos de ensaio**, 2016, 14p.

ANDRADE FILHO, Joaquim; ALBIERO, Jose Henrique. **Reforço de solos com utilização de tubulões em solo cimento**. 1989.Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a inflência de suas características no comportamento mecânico dos concretos.** 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

AKASAKI, J.L.; SILVA, A.P. **Estudo de composições do solo estabilizado com cal e resíduos agroindustriais**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30. 2001, Foz do Iguaçu. Anais… Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. CD-Rom

BARBOSA, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D.; GHAVAMI, K. **Construção com terra crua**. In: TOLEDO FILHO, R.D.; NASCIMENTO, J.W.B.; GHAVAMI, K. (eds.). **Materiais não convencionais para construções rurais**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.4, p.113-144

BONDUKI, Nabil Georges. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. **Arq.urb Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n. 1, p. 70-104, 2008. Disponível em: < http://www.usjt.br/arq.urb/numero_01.html >.

CARNEIRO, A.P.; CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Projeto entulho bom. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador. 312 p. 1ª edição. 2001.

CASANOVA, F. J. **O solo como Material de Construção**. 5° ENCONTRO DE ENGENHARIAS DA UENF, 22 a 25 nov. 2004. CD-ROM.

CEPED. **Manual de construção com solo-cimento**. Salvador, 1992.

CEPLAC. C**onstrução com solo-cimento**. Uruçuca.

CORDEIRO, M. E. V. M. **O sonho da casa própria na terra prometida:** políticas habitacionais em Campos dos Goytacazes (1989-2004). Tese de Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2004.

CUNHA, T. A.; & SILVA, M. S. **Evidências de imprecisão nas polítcas habitacionais brasileiras: o caso de São Paulo.** *urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana* [online]. 2018, vol.10, n.1, pp.52-71.

FARIAS FILHO, F.; TOLEDO FILHO, R.D.; RABELO, M.S. **Incremento da durabilidade de compósitos reforçados com fibras vegetais através da substituição parcial do cimento portland por metacaolinita**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30. 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. CD-Rom

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Brasil 2022: planejar, construir, crescer. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO: CONSTRUBUSINESS, 9., São Paulo, 2010. **Anais...** São Paulo: FIESP, 2010.

FIQUEROLA, V. Alvenaria solo-cimento, **Revista Téchne**, número 85, 2004.

FREIRE, W.J. **Tratamento prévio do solo com aditivos químicos e seu efeito sobre a qualidade do solo-cimento**. Piracicaba: Universidade de São Paulo - ESALQ, 1976, 142p. Tese Doutorado.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informação. **Déficit habitacional no Brasil**. Belo Horizonte, 2008.

GUSMÃO, A. D. **Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Recife: Gráfica Editora, 2008. 140 p.

JOHN, V.M.J. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo, IBRACON, 1999. p.44-55.

HERMETO, M. P. Habitação saudável: ampliando a atenção à saúde. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo***,* Belo Horizonte, v.16, n.8, p.47-158, 2009

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

HEISE, André Falleiros. **Desenho do processo e qualidade na construção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão /** Campinas, SP: [s.n.], 2004

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas Nacionais Trimestrais**: indicadores de volume e valores correntes. Out./dez. 2011. 42 p. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2011/pib-vol-val_201104caderno.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019.

LIMA, T. V. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com solo do núcleo urbano da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ.** Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

MAZZEO GRANDE, Fernando. **Fabricação de tijolos modulares de solocimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. EESC – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

MENEZES, R. R.; FARIAS FILHO, R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. **Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas**. Departamento de Engenharia de Materiais. UFCG, 2009.

MYRRHA, M. A. L. **Guia de Construções Rurais à base de cimento. Fascículo 2 : Como usar materiais.** São Paulo: ABCP, 2003

PASTERNAK, Suzana. **Habitação e saúde**. *Estud. av.*, Abr 2016, vol.30, no.86, p.51-66.

PINTO, Lucas Mazzoleni. **Moldagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduo de construção civil**. Santa Maria, 2015. UFSM.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, **Seção 1**, páginas 95-96

ROLIM, M.M.; FREIRE, W.J. **Resistência à compressão de tijolos fabricados com solo-vinhaça concentrada.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.17, n.3, p.1-8, 1998.

SANTOS, Maximiliano Perdigão dos. **Fabricação de Solo-Cimento com Adição de Resíduos de Madeira Provenientes da Construção Civil.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós Graduação em Construção Civil , Belo Horizonte, 2009.

SILVA, F. S.; CASTRO, A. P. A. S. **Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de Materiais de Construção Civil**. Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio. Salto, 2009.

SEGANTINI, A. A. S; ALCÂNTARA M. A. M. Solo-cimento e Solo – Cal. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007, 1ª. Ed. v.2. Cap.27.p.864 – 891.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento**. Ilha Solteira: UNESP, 2006. 121p. Dissertação Mestrado.

WESTPHAL, M. F. O movimento cidades/municípios saudáveis: um compromisso com a qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.39-51, jan.-mar. 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Housing-implications for health. **Report of WHO Consultation**. Genebra, 1987, 70p.