

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUDIMYLLA APARECIDA DE MENEZES

THAÍS SILVA GOMES

**ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO: DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO COM VARIAÇÃO DO TIPO DE ASSENTAMENTO**

Jaraguá - 2019

LUDIMYLLA APARECIDA DE MENEZES

THAÍS SILVA GOMES

**ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO: DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO COM VARIAÇÃO DO TIPO DE ASSENTAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a):

Prof.(a) M.(a) Jéssica Nayara Dias

LUDIMYLLA APARECIDA DE MENEZES

THAÍS SILVA GOMES

**ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO: DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO COM VARIAÇÃO DO TIPO DE ASSENTAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em ____ de _____ de
201__, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

Prof. Ma. Jéssica Nayara Dias

- Orientador -

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano

- Membro Interno -

Prof. Esp. Rafael Gonçalves Fagundes Pereira

- Membro Interno -

RESUMO

O solo-cimento é considerado um material ecológico e alternativo que vem se destacando no mercado da construção civil por ser um material sustentável. Essa classificação dos tijolos se deve ao fato de no processo de fabricação os mesmos dispensarem o processo de queima. De acordo com a NBR 10834 (ABNT 2012), os tijolos de solo-cimento são fabricados e testados como um material de vedação, podendo substituir aqueles comumente empregados com essa função. No entanto, no mercado é comum encontrar empresas que comercializam esses blocos como estruturais. Desse modo, um dos objetivos deste trabalho é a realização de ensaios de resistência à compressão e análise dos parâmetros pré-estabelecidos pela NBR 6136 (ABNT, 2014), norma para blocos com função estrutural, de modo a averiguar se os mesmos se encaixam dentro dessa classificação, atendendo aos pré-requisitos mínimos de resistência. De modo a contribuir com o ganho de resistência do material em uso, foi ainda analisada qual a melhor forma de assentamento desses tijolos, com assentamento longitudinal ou pleno, e para isso, são apresentados resultados da análise de resistência à compressão realizada. Em relação a questões ambientais, a pesquisa apresenta um enfoque na apresentação das vantagens desses tijolos em detrimento dos convencionais de vedação, de modo a contribuir na popularização deste material, enfatizando aspectos técnicos e econômicos. Os tijolos de solo-cimento, apesar de utilizados desde 1915, não apresentam uma padronização em seu processo de fabricação, o que não garante que os lotes fabricados saíam com a mesma resistência, dificultando assim que os mesmos sejam classificados com qualquer função estrutural. Em relação ao tipo de assentamento empregado, os melhores resultados foram para aqueles tijolos com argamassa em todas as faces dos tijolos, assentamento pleno.

Palavras-chave: Bloco. Solo-cimento. Assentamento. Alvenaria. Resistência à compressão

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICO

Figura 2.1. Oásis no Iran (Silk). (Jeef Hodgson, 2013).....	13
Figura 2.2. Construção em adobe (Oiro, 2009).....	14
Figura 2.3. Construção em taipa de pilão (SustentArqui, 2018).	15
Figura 2.4. Construção com tijolos prensados (Gisele Eberspacher, 2011).....	15
Figura 2.5. Solo adequado para utilização na mistura (Geoscan, 2017)	19
Figura 2.6. Cimento para a fabricação dos tijolos (InterCemnet, 2019)	20
Figura 2.7. Dimensões do bloco de solo-cimento (adaptado, blogspot, 2010)	21
Figura 2.8. Prensa manual (Vimaq prensas, 2019).....	22
Figura 2.9. Prensa hidráulica (Vimaq prensas, 2019)	22
Figura 3.1. Dimensões do bloco (Próprio Autor, 2019).....	23
Figura 3.2. Verificação do nível dos blocos (Próprio Autor, 2019).....	24
Figura 3.3. Preparação da pasta de cimento Portland (Próprio Autor, 2019).....	24
Figura 3.4. Blocos sobre a placa de vidro (Próprio Autor, 2019)	25
Figura 3.5. Blocos imersos em água (Próprio Autor, 2019).....	25
Figura 3.6. Lâmina de cortiça em ensaio de bloco (Próprio Autor, 2019).....	26
Figura 3.7. Pesagem dos materiais (Próprio Autor, 2019)	26
Figura 3.8. Processo de montagem dos corpos-de-prova (Próprio Autor, 2019).....	27
Figura 3.9. Preparação e montagem dos prismas com assentamento longitudinal (Próprio Autor, 2019)	27
Figura 3.10. Prismas montados com assentamento longitudinal (Próprio Autor, 2019).....	28
Figura 3.11. Montagem dos prismas com assentamento pleno (Próprio Autor, 2019).....	28
Figura 3.12. Prismas montados com assentamento pleno (Próprio Autor, 2019).....	29
Figura 3.13. Processo de realização do ensaio de absorção, secagem dos tijolos em estufa (a) e pesagem dos tijolos (b)	29
Figura 3.14. Processo de realização do ensaio de absorção, imersão dos tijolos em água (a) e pesagem de um tijolo saturado (b).....	30
Figura 4.1. Conferência exata das medidas com paquímetro (Próprio Autor, 2019).....	31
Figura 4.2. Tijolo rompido após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019).	33
Figura 4.3. Prisma longitudinal após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019).....	35
Figura 4.4. Prisma pleno após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019).....	36
Gráfico 4.1. Comparação das resistências obtidas para prismas com assentamento longitudinal e pleno	37
Figura 4.5. Corpo-de-prova após ensaio à compressão (Próprio autor).....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.3. Características do bloco (Adaptado de Weber; Campos e Borga, 2017).....	20
Tabela 4.1. Características dimensionais dos blocos.....	31
Tabela 4.2. Resistência à compressão das unidades	32
Tabela 4.3. Obtenção da resistência característica (f_{bk}) das unidades	32
Tabela 4.4. Requisito para resistência à compressão.....	32
Tabela 4.5. Características dimensionais dos prismas com junta de argamassa longitudinal .	34
Tabela 4.6. Resistência à compressão dos prismas com junta de argamassa longitudinal	34
Tabela 4.7. Resistência Característica (f_{bk}) dos prismas com junta de argamassa longitudinal	34
Tabela 4.8. Características dimensionais dos prismas com junta de argamassa plena.....	35
Tabela 4.9. Resistência à compressão dos prismas com junta de argamassa plena.....	36
Tabela 4.10. Resistência Característica (f_{bk}) dos prismas com junta de argamassa plena	36
Tabela 4.11 – Comparação da resistência característica dos tipos de assentamento.....	37
Tabela 4.12. Resultado do ensaio à compressão dos corpos-de-prova.....	38
Tabela 4.13. Resultado do ensaio de absorção de água	39

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BT	Boletim Técnico
BNH	Banco Nacional da Habitação
CP II-F-32	Cimento Portland Composto com Fíler
cm	Centímetro, unidade de medida linear
cm ²	Centímetro Quadrado, unidade de medida de área
EUA	Estados Unidos da América
<i>f_{bk}</i>	Resistência à compressão característica dos blocos
<i>f_{bm}</i>	Resistência média dos blocos
kg	Quilograma, unidade de medida de peso
kgf	Quilograma-força, unidade de medida de força
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
m	Metro, unidade de medida linear
mm	Milímetro, unidade de medida linear
m ²	Metro quadrado, unidade de medida de área
m ³	Metro cúbico, unidade de medida volume
mm ²	Milímetro quadrado, unidade de área
MPa	Megapascal, unidade de medida de tensão
N	Newton, unidade de medida de força
NBR	Norma Brasileira
Sd	Desvio Padrão
v	Coeficiente de Poisson

SUMÁRIO

Capítulo	Página
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 METODOLOGIA.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 USO DO SOLO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.1.1 Contexto histórico.....	13
2.1.2 Solo como material de construção.....	14
2.2 CONCEITOS IMPORTANTES	15
2.2.1 Referentes à Alvenaria	15
2.2.2 Referentes ao Assentamento	16
2.2.3 Referentes ao Ensaio	17
2.3 ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO.....	17
2.3.1 Breve Histórico	18
2.3.2 Materiais Constituintes	18
2.3.3 Processo de Fabricação	20
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	23
3.1 INTRODUÇÃO.....	23
3.2 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS	23
3.2.1 Blocos de Solo Cimento	23
3.2.2 Argamassa de Assentamento	26
3.3 MONTAGEM DOS PRISMAS PARA ENSAIO À COMPRESSÃO.....	27
3.3.1 Prismas com Junta de Argamassa com Assentamento Longitudinal	27
3.3.2 Prismas com Junta de Argamassa com Assentamento Pleno.....	28
3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS TIJOLOS	31
4.2 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS PRISMAS.....	33
4.2.1 Prismas com Assentamento Longitudinal	33
4.2.2 Prismas com Assentamento Pleno.....	35

4.2.3 Comparação dos Resultados obtidos na análise dos Prismas.....	37
4.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO ..	37
4.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXO A – ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS.....	45
ANEXO B – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA	46
ANEXO C – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS PRISMAS COM ASSENTAMENTO LONGITUDINAL	47
ANEXO D – ENSAIO DOS PRISMAS COM ASSENTAMENTO PLENO	48

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para a sociedade de um modo geral. Não se trata apenas de um grande gerador de empregos e responsável por uma parcela significativa do crescimento da economia, é ainda o responsável pelo provimento de abrigo, conforto e qualidade de vida às pessoas. No entanto, para que o setor se desenvolva, existe um considerável consumo de recursos naturais bem como uma significativa contribuição com a poluição e com a emissão de gases de efeito estufa (KEELER e BURKE, 2010).

Segundo Rios (2014), a construção civil impacta o meio ambiente principalmente no que concerne ao uso incontrolado de energia e a geração e disposição inadequada de entulhos. O autor afirma que a degradação ambiental nos últimos anos teve uma amplificação e modalização nas cidades, em decorrência a inúmeros fatores agregados a sociedade, desta forma, o progresso populacional e desenvolvimento das cidades ocasionam danos ambientais.

Apesar dos danos ocasionados pelo setor, conforme citado anteriormente, a construção civil contribui de forma significativa com o crescimento econômico do país, além de ser indispensável ao bem-estar do ser humano, assim, o desenvolvimento do setor é necessário.

De modo a reduzir os impactos causados pela construção civil, alguns pesquisadores têm se empenhado na missão de encontrar métodos e materiais alternativos que gerem menos impactos a natureza e permitam o desempenho satisfatório das estruturas nas quais serão empregados (SILVA, SANTOS e SAVARIS, 2018). Marjara e Chidiac (2016) destacam que uma forma de atingir esse objetivo, é a modulação de componentes e a reciclagem.

A utilização do solo como um material de construção é realizada desde a antiguidade. As técnicas que o fazem, são objetos de estudo de pesquisadores que buscam a sustentabilidade do setor, uma vez que o solo é um material encontrado em abundância no planeta, de fácil manuseio e que permite um ganho de resistência considerável se utilizado de forma correta.

Santiago (2001) afirma que o solo pode ser considerado o material de construção do futuro, o que se deve à sua fácil obtenção, manuseio e o baixo custo no transporte do material, se comparado a outros comumente utilizados. O autor afirma ainda que a utilização do solo como um material de construção demanda menos energia e menores custos com mão-de-obra.

No contexto da utilização do solo na construção civil, os tijolos de solo-cimento têm ganhado visibilidade no mercado. Trata-se de uma alternativa de fácil fabricação e que, por dispensarem o processo de queima para sua obtenção, se encaixam como um material alternativo de baixo impacto ambiental, sendo, portanto, um elemento que atender à demanda pela construção sustentável.

Para sua obtenção desses tijolos, o solo, previamente selecionado e analisado, é misturado ao cimento e água, mistura essa que após prensagem dá a forma e a resistência ao material. Dentre as vantagens apresentadas pelos tijolos, quando comparados aos tijolos cerâmicos convencionais, destacam-se: baixo consumo de energia na extração da matéria prima, a não emissão de gases de efeito estufa, a facilidade de execução de paredes, uma vez que são blocos de encaixe, e a possibilidade de fabricação no próprio local da obra, reduzindo assim gastos com transporte (CORDEIRO E MACHADO, 2017).

Os tijolos de solo-cimento se apresentam como uma alternativa de substituição aos blocos cerâmicos convencionais e até mesmo ao de concreto, uma vez que considerando as elevadas resistências que apresentam, os fabricantes costumam comercializá-lo com finalidade estrutural, o que não é permitido por norma.

De acordo com o exposto acima, é possível inferir que além de reduzir os impactos ambientais, a utilização dos tijolos de solo-cimento promove a redução de custos de construção, o que se deve à abundância da principal matéria prima que o compõe e a não

necessidade de mão de obra especializada para sua utilização. Assim, esses tijolos se mostram como uma alternativa de material sustentável e que garante condições mínimas de desempenho, fator esse indispensável quando se fala em construção civil.

É importante ressaltar que o bloco tem sido empregado na construção de habitações populares, o que comprova os bons resultados que vem apresentando. No entanto, ainda há muito para estudar e aprimorar em relação ao assunto, se este é o mesmo um material que garante sustentabilidade, baixo custo e bom desempenho mecânico, o mesmo merece uma atenção especial por parte da construção civil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Efetuar ensaios de resistência à compressão da alvenaria de solo-cimento, tijolos e prismas, diversificando o modo de assentamento, com a finalidade de comparar os resultados obtidos com aqueles especificados por norma para alvenaria de vedação e alvenaria de concreto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar ensaio de compressão simples nos tijolos e prismas de solo-cimento, com o intuito de comparar sua resistência à compressão com a resistência dos blocos estruturais segundo a NBR 8492 (ABNT 2012);
- A partir das principais propriedades dos blocos ensaiados, determinar se a alvenaria pode ser utilizada como autoportante;
- Comparar a variabilidade da resistência à compressão dos blocos e prismas de solo-cimento quando assentados com argamassa plena e quando assentados com argamassa longitudinal, demonstrando a divergência da resistência à compressão desses elementos;
- Analisar a forma de ruptura por cisalhamento nos prismas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A engenharia civil é um dos setores que mais gera resíduos que causam um impacto negativo ao meio ambiente. Dessa forma, novas técnicas e tecnologias ganham espaço na construção civil de modo a permitir que o setor continue a se desenvolver, porém, utilizando materiais alternativos que atendam aos pré-requisitos de desempenho e sejam sustentáveis.

Por se tratar de um material ecológico, os tijolos de solo-cimento atendem a essas novas necessidades do homem e da construção civil, uma vez que não passam pelo processo de queima durante sua fabricação e são constituídos, em sua maior parte, por um material abundante no planeta: o solo.

Apesar das vantagens, existem ainda poucos estudos sobre os tijolos de solo-cimento. Neste sentido, este trabalho justifica-se pelo debate realizado em torno da aplicação e eficiência da alvenaria de solo-cimento e pela divulgação deste material na construção civil.

1.3 METODOLOGIA

Primordialmente, livros, guias técnicos e artigos publicados foram selecionados para o embasamento inicial da pesquisa. Os melhores, que mais contribuiriam para se atingir o objetivo proposto, foram utilizados como fonte para a construção da revisão bibliográfica. Os

tijolos ensaiados neste trabalho foram cedidos pela empresa Tijoleko, localizada em Anápolis – GO, que os fabricam e comercializam em todo estado de Goiás.

Conforme recomendações da norma NBR 8492 (ABNT 2012) com o título, Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio, foram realizados experimentos laboratoriais nos blocos individualmente. Foram ainda montados prismas com dois tipos de assentamento (longitudinal e pleno) que também foram submetidos a ensaios de resistência à compressão. O equipamento utilizado nos testes foi a máquina Contenco do fabricante dos produtos Pavitest com registrador gráfico e carga máxima de 100 toneladas.

Já em posse dos resultados dos testes, realizou-se uma análise dos mesmos de modo a verificar se esses tijolos atendem aos pré-requisitos mínimos de resistência estipulados por norma e para determinar qual a melhor forma de se assentar os blocos durante a execução de paredes, de forma longitudinal ou de forma plena.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 USO DO SOLO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Eires e Jalali (2008), um terço da humanidade vive em construções de terra, muitas destas têm milhares de anos e mostram a multifuncionalidade e qualidade que a utilização do solo pode ter na construção civil. Assim, este tipo de construção tem sido utilizado ainda hoje devido suas características relacionadas à sustentabilidade e salubridade e ainda devido ao aspecto estético que o material proporciona.

De fato, o solo como material de construção pode contribuir para a sustentabilidade do setor, isso se dá não só pela economia de energia, principalmente se o solo for do próprio local onde a construção está sendo executada, mas também pelo fato do material poder voltar para a fonte após o fim da vida útil da edificação, ou seja, o material não se torna entulho. Outra vantagem do uso do solo na construção civil está relacionada à salubridade, ao fato do material ser natural e não possuir substâncias tóxicas. O solo tem bom desempenho higrotérmico que possibilitam que a edificação respire, mantendo então um maior conforto térmico no interior (EIRES E JALALI, 2008).

2.1.1 Contexto histórico

O uso do solo como material de construção é muito antigo. Não existe um consenso exato entre pesquisadores em termos de datas, no entanto é fácil constatar essa afirmação através de obras remanescentes de eras passadas, que mostram a história e cultura dos povos.

A utilização da terra crua para construção de casas foi uma das primeiras soluções encontrada pelo homem para o provimento de proteção contra intempéries, a técnica mais conhecida é denominada adobe. O adobe, no formato de blocos secos ao sol, era muito famoso na antiguidade. No tempo de Moisés, os filhos de Israel faziam tijolos de barro, com isto pressupõe que as primeiras casas de Silk, um oásis no Iran (Figura 2.1), foram construídas de terra no formato de adobe monolítico cru, antes do ano 4.000 a.C (CUNHA, 1978).



Figura 2.1. Oásis no Iran (Silk). (Jeef Hodgson, 2013)

Pode-se encontrar registros antigos do uso do solo como material de construção em todas as civilizações que já existiram. No Extremo Oriente, por exemplo, existem registros da existência de cidades neolíticas (6000 a.C.) na Índia, assim como de cidades contemporâneas de Ur e Babilônia, edificadas em adobes (SANTIAGO, 2001).

Ainda segundo Santiago (2001), no Brasil, a terra teve seu emprego generalizado até o século XVIII, com maior ênfase em locais onde não havia muita pedra. Em Minas Gerais,

por exemplo, as capelas eram feitas com o material. Também em Cuiabá, São Paulo e Goiás existem vestígios de arquitetura de terra. A Taipa de Pilão foi bastante difundida nesses dois últimos locais.

Com o passar do tempo e aos poucos o homem foi aprendendo que alguns tipos de barro poderiam fazer construções melhores do que outros e que alguns duravam por toda a vida. Sendo assim, para melhorar a resistência do adobe, os Egípcios adicionavam palha e bambu, os Babilônicos e os Assírios acrescentavam o asfalto natural (CUNHA, 1978).

Consequentemente, estudos sobre a estabilização do solo adicionando o cimento mostraram resultados satisfatórios economicamente, pois reduz consideravelmente a quantidade de materiais e mão-de-obra empregada. Logo, a técnica utilizando blocos de solo-cimento é classificada como um método construtivo mais barato do que o convencional, uma vez que o solo é abundante e pode ser encontrado em todo lugar, fazendo com que as edificações possam ser erguidas com certa facilidade. Os blocos de solo-cimento é resultado da estabilização da mistura de solo, água e cimento, em proporções pré-estabelecidas e compactadas (LIMA, 2006).

2.1.2 Solo como material de construção

Há várias formas construtivas que utilizam o solo como matéria prima, entretanto, destacam-se o adobe, a taipa de pilão e o tijolo prensado que apresentam as seguintes características (CUNHA, 1978):

- Adobe: mistura de solo selecionado com fibras e água, moldado em fôrmas e secos ao sol, com alta plasticidade. Processo construtivo simples, que tem uma boa resistência quando executado de forma correta. A Figura 2.2 é um exemplo de edificação construída com adobe.
- Taipa de pilão: O solo deve ser preparado e compactado nas fôrmas móveis em camadas sucessivas, essa técnica consiste em, depois de solo preparado, acrescentar água até que se tenha a umidade ótima. O solo usado é arenoso na umidade excelente de compactação. Um exemplo de moradia construída com Taipa de Pilão pode ser observado na Figura 2.3.
- Tijolos Prensados: submete o material a pressões elevadas, utilizando um dispositivo mecânico. São empregados solos arenosos fortalecidos com cimento. Os blocos têm a mesma dimensão dos blocos de concreto. A Figura 2.4 apresenta uma residência construída com tijolos prensados.



Figura 2.2. Construção em adobe (Oiro, 2009)



Figura 2.3. Construção em taipa de pilão (SustentArqui, 2018).



Figura 2.4. Construção com tijolos prensados (Gisele Eberspacher, 2011).

2.2 CONCEITOS IMPORTANTES

2.2.1 Referentes à Alvenaria

De acordo com Taulil e Nese (2010), a alvenaria tem como definição o agrupamento de peças sobrepostas coladas em sua interface, por uma argamassa, estabelecendo um elemento vertical coeso. Este conjunto agrupado serve para promover segurança, resistir a impactos, resistir a cargas oriundas da gravidade, vedar espaços, à ação do fogo, isolamento térmico e acústico, também impedindo a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes. Contudo, a alvenaria pode ser subdividida em: alvenaria de vedação, alvenaria armada ou parcialmente armada, alvenaria protendida e alvenaria não armada. Suas especificações estão abaixo descritas:

- **Alvenaria de vedação:** os blocos de vedação não possuem função estrutural com isto, não resistem a cargas verticais a não ser seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação. Por outro lado, os blocos cerâmicos estruturais são projetados para resistir a cargas verticais além do seu peso próprio (ABNT NBR 15270-1, 2005).
- **Alvenaria armada ou parcialmente armada:** alvenaria que contém reforços na estrutura onde é solicitada, com a finalidade de restringir as forças aplicadas na horizontal e vertical. Tal método é efetuado com a instalação de telas de metálicas ou barras de aço, sobre os blocos, no interior dos blocos, e são preenchidas com uma pasta de cimento e agregados, nomeada graute (TAUIL E NESE 2010).
- **Alvenaria protendida:** alvenaria que utiliza uma armadura ativa (pré-tensionada), que sujeita a alvenaria a esforços de compressão. Este método construtivo é pouco

empregado, pois o custo é muito alto comparado a outros métodos (TAUIL E NESE 2010).

- **Alvenaria não armada:** alvenaria que não utiliza graute, armação para reforço estrutural. As armações presentes dão apenas suporte para reforços em aberturas, com isto evitando o surgimento de possíveis patologias na construção, que são causados pelo descarregamento de peso da estrutura sobre estas aberturas (TAUIL E NESE 2010).

Uma vez que durante a execução de uma edificação a alvenaria não é empregada de forma isolada, algumas outras definições, de componentes essenciais a serem utilizados em conjunto com a alvenaria, se fazem necessárias e são apresentadas a seguir:

- **Argamassa:** Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), argamassa é uma mistura homogênea de agregado (s) miúdo (s), aglomerante (s) inorgânico (s) e água, podendo conter ou não aditivos, juntamente com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em central (industrializada).
- **Armadura:** Parsekian e Soares (2010) definem as armaduras como peças utilizadas para amarrar paredes a outros elementos distintos e controlar possíveis fissuras que podem ser provocadas por deformações térmicas, de retração, cargas concentradas, entre outras.
- **Prisma:** de acordo com a NBR 15812-1 (ABNT, 2010), prismas são corpos de provas obtidos por blocos superpostos e unidos por junta de assentamento, podendo ser grauteados ou não. Ao se tratar de verificação das propriedades mecânicas de uma parede de alvenaria estrutural, os prismas são o modo mais simples e econômico.
- **Graute:** Segundo Mesquita Filho (2006), graute é constituído por agregados miúdos com o objetivo de preencher vazios dos blocos, nos locais em que o projetista da estrutura especifica. Contudo suas principais funções são, aumentar a resistência a compressão das paredes e ligar as armaduras às paredes.

2.2.2 Referentes ao Assentamento

Um dos parâmetros considerados para caracterizar a resistência dos blocos é a área efetiva (área de contato entre os blocos). Dessa forma, a determinação do tipo de ligante empregado, bem como da forma de emprego é um fator importante ao se analisar prismas e/ou paredes. Maas (2004) afirma que o tipo de assentamento irá influir de forma direta na resistência apresentada pela alvenaria em estudo, dessa forma, alguns conceitos referentes ao assentamento e suas possibilidades estão abaixo definidas:

- **Assentamento:** Segundo a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), assentamento é o processo de aplicação da argamassa, e deve ser feito em todas as paredes do bloco para compor a junta horizontal e em dois cordões verticais nas bordas de uma das margens do bloco para estruturação da junta vertical.

Ainda segundo a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), as definições de assentamento longitudinal e pleno seguem a seguir:

- **Assentamento Longitudinal:** argamassa longitudinal, onde sua aplicação nos blocos se dá pelo preenchimento apenas das paredes longitudinais dos blocos.
- **Assentamento Pleno:** argamassa plena, e sua aplicação é feita em todas as paredes do bloco, tanto longitudinais, quanto verticais. Contudo a norma especifica o uso da argamassa plena.

A realização de ensaios em alvenaria segue as diretrizes da NBR 15270-1 (ABNT, 2005), com título, Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Esta norma apresenta alguns conceitos importantes referentes aos procedimentos experimentais realizados neste trabalho, e os mesmos estão descritos abaixo:

- **Amostra:** Conjunto de blocos retirado aleatoriamente de um lote para determinação de suas propriedades geométricas, físicas ou mecânicas.
- **Área argamassada:** área da seção correspondente à área ocupada pela argamassa de assentamento.
- **Área bruta:** área da seção de assentamento delimitada pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos, quando houver.
- **Área líquida:** área da seção de assentamento, delimitada pelas arestas do bloco, com desconto das áreas dos furos, quando houver.
- **Contraprova:** corpos-de-prova da mesma amostra original, reservados para eventuais confirmações de resultados de ensaios.
- **Corpo-de-prova:** exemplar do bloco principal, integrante da amostra, para ensaio.

2.2.3 Referentes ao Ensaio

Alguns conceitos importantes devem ser previamente estabelecidos para a compreensão dos ensaios da realização dos ensaios de resistência à compressão e de seus resultados. Alguns principais, e importantes no contexto da pesquisa, são abaixo representados:

- ✓ **Módulo de elasticidade e Coeficiente de Poisson:** são propriedades de grande importância do bloco, pois, influenciam diretamente no modo de ruptura da alvenaria. Sendo assim, quanto menor o módulo de elasticidade maior será o coeficiente de Poisson. Deste modo adquire melhor resistência, uma vez que as tensões de tração ocasionadas pela interação com a argamassa serão menores (CALÇADA,1998). ,
- ✓ **Resistência Axial:** é a resistência referente à tensão máxima necessária para gerar a ruptura, mesmo que o corpo-de-prova não apresente sinais visíveis de fratura externa, ele é considerado rompido no momento em que não suportar cargas maiores, isso correspondente ao estado avançado de fissuração interna atingida (MEHTA; MONTEIRO, 2014).
- ✓ **Resistência a Compressão:** A resistência é expressa em MPa, encontrada pela relação entre força aplicada e a área da seção transversal do corpo-de-prova, é a carga de ruptura de cada corpo-de-prova e dado em newtons (N), a área de aplicação da carga e expressa em milímetros quadrados (mm²), como apresentado pela NBR 8492 (ABNT 2012).

2.3 ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO

Conforme Ferrari et al (2014), o solo cimento é estabelecido como um material derivado da compactação da mistura de solo com uma determinada quantidade de cimento Portland e água. Logo, um dos princípios que envolvem a obtenção desse material é o aperfeiçoamento das propriedades (permeabilidade e resistência) do solo mediante a estabilização química por meio do cimento Portland.

Sendo assim, segundo BT- 110 (ABCP, 1995), o tijolo de solo-cimento estabelece uma das opções para construção de alvenaria. Este componente após, um pequeno período de cura assegura resistência à compressão simples, semelhante à dos tijolos cerâmicos, sendo que

quanto maior a quantidade de cimento empregado, mais elevada será sua resistência, porém, deve ser limitada uma quantidade ideal, que verifique ao tijolo curado a necessária qualidade, sem que o custo da fabricação seja acrescido.

Por se tratar de um material de fácil fabricação e de baixo custo, de acordo com BT-110 (ABCP, 1995), as construções habitacionais são uma das possibilidades da utilização do solo-cimento compactado em paredes monolíticas. A parede de solo-cimento, construída em conformidade com as recomendações, certifica a resistência à compressão simples e choques mecânicos do mesmo critério de grandeza que as de alvenaria convencional.

2.3.1 Breve Histórico

Segundo Pinto (2015), a primeira tentativa utilizando o solo-cimento com material de construção civil se deu em 1915, na cidade de Sarasota, Flórida (EUA), com a pavimentação de uma rua. A mistura utilizada foi, areia de praia, conchas e cimento Portland, porém os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois mesmo estabilizando o solo com cimento Portland esta tentativa não alcançou sucesso, e um dos motivos para isto ter ocorrido, foi o uso de solos de baixa qualidade.

Ainda de acordo com Pinto (2015), é atribuído ao engenheiro norte-americano Proctor, o ensaio de compactação do solo, tendo sua primeira tentativa em 1933. Este ensaio tem como objetivo mostrar que há uma relação entre energia de compactação aplicada ao solo e a sua umidade, com a massa específica alcançada. Logo, a compactação melhora as propriedades do solo. Outros fatores também podem influenciar a qualidade do solo-cimento, como: a proporção de cimento, o tipo do solo, o teor de umidade, o tempo de cura e a idade da mistura, conformem afirmam Segantini e Alcântara (2010).

No Brasil o uso do solo-cimento foi regimentado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em 1936. Contudo a aplicação do solo-cimento foi intensificada em 1940 quando a ABCP já utilizava um método de dosagem para o emprego em construções de pavimentação e posteriormente em construções como: diques, reservatórios, estabilização de taludes, tijolos, blocos, painéis e paredes monolíticas (GRANDE, 2003).

Segundo Lima (2006), a maior aceitação do solo-cimento como material de construção civil se deu com a construção do Hospital Adriano Jorge, do Serviço Nacional de Tuberculose, em Manaus, que conta com 10800 m² de área. Posteriormente, o Banco Nacional de Habitação (BNH) aprovou o uso do solo-cimento para a utilização em residências populares, por volta de 1978, pelo material apresentar ótimo desempenho, acústico e térmico, além de vantagens técnicas e econômicas.

2.3.2 Materiais Constituintes

2.3.2.1 Solo

Segundo BT-111(ABCP, 2000), o componente que possui maior proporção na mistura é solo, e deve ser escolhido de modo que proporcione a utilização da menor quantidade possível de cimento. Sendo assim, os solos mais favoráveis para a produção de tijolos de solo-cimento são os que apresentam as características apresentadas na Tabela 2.1, segundo a NBR 10833 (ABNT, 2012).

Tabela 2.1. Requisitos gerais para o solo usado no tijolo de solo-cimento (Adaptado de NBR 10833:2012)

Material	Características	Normas
Solo	Passando na peneira ABNT 4,75 mm (Nº4): 100%;	ABNT NBR NM ISO3310-1
	Passando na peneira ABNT 0,075 mm (Nº200): 10 a 50%;	ABNT NBR NM ISO3310-1
	Limite de Liquidez $\leq 45\%$;	--
	Índice de Plasticidade $\leq 18\%$.	--

O mesmo boletim técnico, BT- 111 (ABCP, 2000), afirma que os solos arenosos demandam uma quantidade menor de cimento em relação aos solos argilosos e siltosos. Porém, é necessária a presença de argila na composição do solo, para que no processo de fabricação, a mistura apresente coesão suficiente que permita manuseio após prensagem e fácil desmoldagem.

A Figura 2.5 apresenta o solo adequado para ser utilizado na fabricação dos tijolos de solo-cimento

**Figura 2.5.** Solo adequado para utilização na mistura (Geoscan, 2017)

2.3.2.2 Cimento

Por definição, o cimento Portland é um pó fino, um ligante hidráulico que endurece sob a ação da água, tendo como principais propriedades, aglutinantes e aglomerantes (ABCP, 2018), como mostra a Figura 2.6. Assim, após seu endurecimento, mesmo que seja mais uma vez submetido à ação da água, o cimento Portland não irá se desagregar.

Lopes (2002) afirma que o cimento Portland é um elemento alcalino, em sua maior parte composto de silicatos e aluminatos de cálcio que, por hidrólise, dão origem a composição de cristalinos hidratados e gel.

Os requisitos mínimos em relação ao cimento são também estabelecidos pela NBR 10833 (ABNT, 2012) e estão na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Requisitos gerais para o cimento usado no tijolo de solo-cimento (Adaptado de NBR 10833:2012)

Material	Características	Normas
Cimento	Conforme o tipo empregado, devendo atender a sua respectiva norma da ABNT.	NBR 5732, NBR 5733, NBR 5735, NBR 5736, NBR 11578

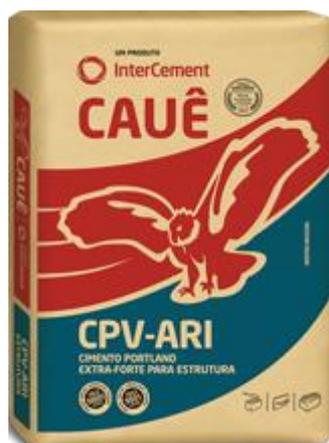


Figura 2.6. Cimento para a fabricação dos tijolos (InterCemnet, 2019)

2.3.2.3 Água

A NBR 10833 (ABNT, 2012) com o título, Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento, afirma que a água não deverá conter impurezas que sejam prejudiciais à hidratação do cimento, assim como matéria orgânica. De forma geral, para as águas potáveis são consideradas como adequadas.

2.3.2.4 Materiais adicionados na fabricação

A necessidade de utilizar recursos, que possam gerar menos impacto ao meio ambiente faz com que cada vez mais se adote políticas de reciclagem para atingir o desenvolvimento sustentável. Portanto, na fabricação dos tijolos de solo-cimento pode-se adicionar alguns materiais como: resíduos de construção civil, cinza de casca de arroz, cinza do bagaço de cana-de-açúcar, entre outros (WEBER; CAMPOS E BORGA, 2017).

2.3.3 Processo de Fabricação

Segundo a NBR 8491 (ABNT 2012) com o título, Tijolo de solo-cimento – Requisitos, o tijolo maciço de solo-cimento, é aquele que seu volume não pode ser inferior a 85% do seu volume total aparente, ele é constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida do solo, cimento Portland, água e, possivelmente aditivos em proporções que atendam as especificações da norma.

De acordo com NBR 8491 (ABNT 2012), as dimensões nominais dos blocos são as medidas externas dos tijolos, sendo elas indicadas pelo fabricante. As dimensões nominais que os tijolos devem atender estão dispostas na Tabela 2.3 e são mostradas na Figura 2.7.

Tabela 2.3. Características do bloco (Adaptado de Weber; Campos e Borga, 2017)

Dimensões do Bloco	cm
Diâmetro do Graute	6,5
Espessura	7,0
Comprimento	25
Largura	12,5

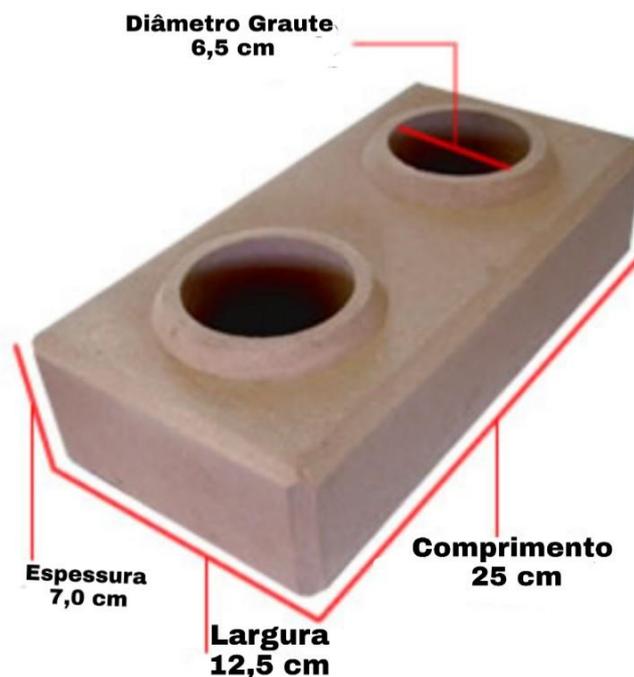


Figura 2.7. Dimensões do bloco de solo-cimento (adaptado, blogspot, 2010)

Uma das informações mais relevantes sobre o processo de fabricação de um material é o traço dos materiais que será empregado. Para esses tijolos, o BT- 111 (ABCP, 2000) sugere que seja utilizado um traço de 1:10 (cimento: solo) desde que o solo esteja dentro dos requisitos exigidos pelo boletim. Se porventura, a produção diária for superior a 10000 unidades, os ensaios devem ser realizados com os seguintes traços volumétricos 1:10, 1:12, 1:14 (cimento: solo) e o traço em que o bloco obter maior resistência, este será o traço utilizado.

A NBR 10833 (ABNT, 2012) define que no mínimo seis tijolos de cada traço sejam moldados, destes três serão usados para realizar ensaio à compressão simples e três para ensaio de absorção d'água, e utilizados no mínimo três traços.

Ainda segundo a norma referenciada acima, o solo utilizado da fabricação dos blocos, deve ser peneirado, para que se trabalhe com o material passante na peneira de malha 4,8 mm (nº4), e ter seus torrões eliminados. A norma ainda prevê que o processo de fabricação pode ser manual ou mecânico.

No método de fabricação dos blocos é necessário que o solo apresente baixa umidade e a quantidade de cimento e solo na mistura deve ter volume suficiente para que possa fabricar tijolos durante uma hora de funcionamento da prensa. Na mistura de solo e cimento é necessária a adição de água até que atinja a umidade ideal, e quando atingir a umidade esperada é recomendado um peneiramento para que haja uma melhor homogeneização da água no solo-cimento BT- 111 (ABCP, 2000).

No Brasil, na década de 70, depois de várias pesquisas do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), muitos fabricantes criaram prensas manuais e hidráulicas, próprias para a fabricação de blocos de solo-cimento. Assim, a qualidade do produto passou a depender primordialmente da escolha da matéria-prima, ou seja, o solo. (GRANDE, 2003).

Uchimura (2006) afirma que as prensas manuais (Figura 2.8), são utilizadas na produção de pequenas quantidades de tijolos, cerca de 1500 por dia. A vantagem das prensas manuais é o baixo custo, o transporte facilitado, o fato de não utilizarem energia elétrica, já

que dependem da força braçal. No entanto, o uso desta força gera uma baixa taxa de compactação, assim deve-se ter cuidado na escolha do tipo de solo.



Figura 2.8. Prensa manual (Vimaq prensas, 2019)

Em relação às prensas hidráulicas, a NBR 10833 (ABNT, 2012) afirma que a mistura deve ser transferida rapidamente para o molde para ser então prensada. A norma especifica que, após a prensagem os tijolos devem ser retirados da prensa e empilhados, à sombra, sobre uma superfície plana a uma altura de até 1,5 m e após seis horas da moldagem dos tijolos nos primeiros sete dias os mesmos precisam ser constantemente umedecidos, a fim de assegurar a cura necessária. A Figura 2.9 mostra um equipamento hidráulico que realiza a prensagem dos tijolos de solo-cimento.



Figura 2.9. Prensa hidráulica (Vimaq prensas, 2019)

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

O programa experimental foi desenvolvido no Laboratório de Mecânica dos Materiais no Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica- Anápolis, situada na avenida universitária, Km 3,5, cidade universitária, Anápolis- Goiás, sob a orientação do responsável técnico Mário de S. Mello e da professora Ma. Jéssica Nayara Dias. O objetivo foi contribuir com novas informações sobre a alvenaria de solo-cimento, classificando-a, através de ensaios de resistência à compressão, como uma alvenaria com ou sem função estrutural e apresentando qual a melhor forma de utilização em campo dessa alvenaria no que se refere ao tipo de assentamento empregado.

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados e suas respectivas caracterizações, o traço da argamassa utilizada, a preparação dos blocos e dos prismas, os procedimentos de montagem dos prismas, os métodos de ensaios empregados para blocos, argamassas e prismas e os equipamentos utilizados no ensaio de resistência à compressão.

3.2 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS

3.2.1 Blocos de Solo Cimento

Foram utilizados blocos do solo cimento com dimensões nominais (12,6 x 25 x 7 cm³), a Figura 3.1 mostra a aferição das medidas dos blocos que foi realizada com o auxílio de um paquímetro.



Figura 3.1. Dimensões do bloco (Próprio Autor, 2019)

Para a execução do ensaio de resistência à compressão como diz a NBR 8492 (ABNT, 2012), os blocos primeiramente devem ser cortados ao meio da direção da sua maior dimensão e então unidos por uma pasta de cimento Portland, e após esta união deve conferir o nível dos blocos assim como mostra a Figura 3.2 e em seguida capeá-los com a pasta de cimento Portland e em seguida deve conferir o nível dos blocos. No procedimento, 20 kg de cimento Portland foram utilizados para realizar o capeamento dos blocos, após a secagem, a outra face dos blocos que seriam ensaiados individualmente também recebeu capeamento. A Figura 3.3 mostra a preparação da pasta de cimento Portland utilizada no capeamento dos blocos.



Figura 3.2. Verificação do nível dos blocos (Próprio Autor, 2019)



Figura 3.3. Preparação da pasta de cimento Portland (Próprio Autor, 2019)

Conforme especificado pela NBR 8492 (ABNT, 2012), para realização do capeamento, os blocos foram primeiramente umedecidos, posteriormente, a pasta de cimento foi aplicada sobre os blocos e os mesmos foram prensados sobre uma placa de vidro de maneira que a face do bloco capeado fique lisa (Figura 3.4). Nesta etapa, faz-se necessário também a conferência do nivelamento do bloco novamente utilizando um aparelho de nível. O acabamento para retirada dos excessos de pasta de cimento foi realizado manualmente com o tijolo ainda na placa de vidro. Após o processo de capeamento dos blocos e endurecimento da pasta de cimento Portland, os blocos foram imersos em água como mostra a Figura 3.5, num período de 6 horas segundo a NBR 8492 (ABNT, 2012) recomenda, e em seguida realizado o ensaio de compressão.



Figura 3.4 Blocos sobre a placa de vidro (Próprio Autor, 2019)



Figura 3.5 Blocos imersos em água (Próprio Autor, 2019)

Para regularizar a área de contato do bloco capeado com prensa, utilizou-se uma lâmina de cortiça, com 25 mm de espessura, conforme mostra a Figura 3.6. Isso se faz necessário devido o material minimizar as tensões de tração no plano do topo e da base do bloco, isto se dá ao baixo coeficiente de Poisson (ν) da cortiça.



Figura 3.6. Lâmina de cortiça em ensaio de bloco (Próprio Autor, 2019)

3.2.2 Argamassa de Assentamento

A argamassa utilizada para montagem de 20 prismas foi dosada com traço 1:1:6 (cimento: cal: areia), o traço foi escolhido por ser um dos mais utilizados para assentamento de alvenaria estrutural.

O cimento utilizado para a fabricação da argamassa foi o CII-F- 32, da marca Tocantins e a cal utilizada foi a hidratada. A areia utilizada foi disponibilizada pelo laboratório de Materiais do Centro Universitário de Anápolis e já estava no local. Todo o material foi pesado com precisão, conforme mostra a Figura 3.7, antes da pesagem foi tirada a tara dos recipientes dos materiais.



Figura 3.7. Pesagem dos materiais (Próprio Autor, 2019)

Para confecção da argamassa, inicialmente misturou-se em um recipiente o cimento com a cal, em seguida adicionou-se a areia. Quando a mistura estava homogênea, a água passou a ser adicionada da maneira a se obter uma massa trabalhável, de boa consistência. A argamassa foi misturada manualmente com uma colher de pedreiro, uma vez que a betoneira disponível no local era de 145 litros e a quantidade fabricada muito pequena para utilizá-la.

Para a montagem dos prismas, foram necessários dois traços de argamassa, os quais tiveram sua resistência averiguada posteriormente. Do primeiro traço confeccionado foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos de dimensões 5x10 cm², o mesmo processo foi realizado para o segundo traço.

A Figura 3.8 mostra as etapas do processo de montagem dos corpos-de-prova: Eles foram primeiramente limpos com papel toalha e posteriormente lubrificados, com o auxílio de um pincel, com óleo de motor a fim de facilitar o desmolde do corpo-de-prova. A argamassa foi posta no recipiente em duas camadas adensadas com doze golpes cada, conforme estabelecido pela NBR 5738 (ABNT, 2003). Uma régua foi utilizada para rasar o topo dos corpos de prova, e em seguida, eles foram identificados.



Figura 3.8. Processo de montagem dos corpos-de-prova (Próprio Autor, 2019)

3.3 MONTAGEM DOS PRISMAS PARA ENSAIO À COMPRESSÃO

Para a realização dos ensaios foram montados 20 prismas, sendo 10 com argamassa longitudinal (aplicada somente nas maiores faces do bloco) e 10 com argamassa plena (aplicada em todas as faces do bloco). Os prismas foram todos montados no mesmo dia e ensaiados dia 05/02/2019 com idade de vinte e oito dias. O capeamento das faces superior e inferior dos prismas já havia sido realizada um dia antes da sua montagem.

3.3.1 Prismas com Junta de Argamassa com Assentamento Longitudinal

Inicialmente, com o auxílio de um pincel, limpou-se os tijolos, em seguida, para assentamento dos prismas com argamassa, simulou-se as condições normais de uma obra, assim estes foram montados com o auxílio de uma espátula (Figura 3.9).

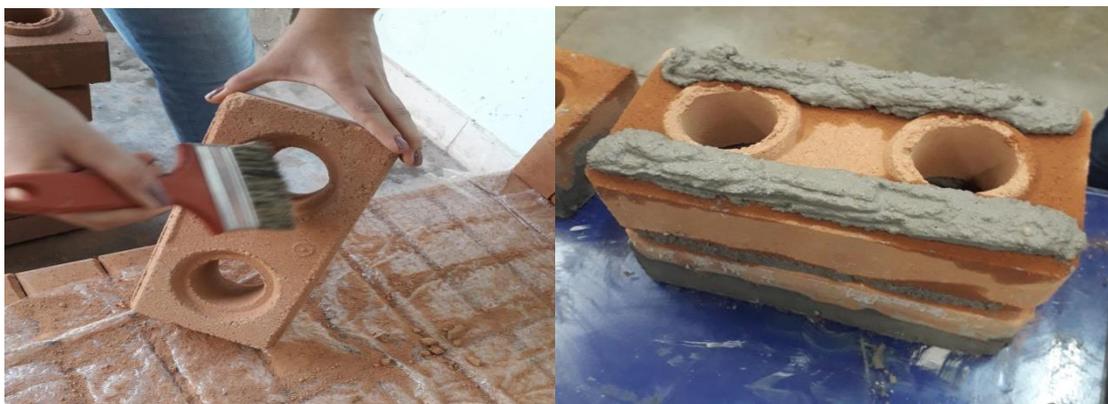


Figura 3.9. Preparação e montagem dos prismas com assentamento longitudinal (Próprio Autor, 2019)

O acabamento nos prismas assentados com argamassa longitudinal foi realizado com o auxílio de uma espátula, a Figura 3.10 mostra esses prismas montados. Os primeiros dez prismas foram montados com o primeiro traço de argamassa, de maneira que a argamassa remanescente foi utilizada para a moldagem de três corpos-de-prova, os prismas com assentamento pleno e demais corpos-de-prova foram montados com o segundo traço.



Figura 3.10. Prismas montados com assentamento longitudinal (Próprio Autor, 2019)

3.3.2 Prismas com Junta de Argamassa com Assentamento Pleno

Assim como foi feito nos prismas com assentamento longitudinal, os blocos foram primeiramente limpos com o auxílio de um pincel, em seguida, a fim de simular as condições reais de uma obra, a aplicação da argamassa foi realizada com o auxílio de uma espátula (Figura 3.11).



Figura 3.11. Montagem dos prismas com assentamento pleno (Próprio Autor, 2019)

O acabamento destes prismas também foi utilizado com o auxílio de uma espátula, a Figura 3.12 mostra esses prismas montados. O segundo traço de argamassa preparado foi utilizado para o assentamento destes prismas, bem como dos corpos de prova para ensaio de resistência à compressão.



Figura 3.12. Prismas montados com assentamento pleno (Próprio Autor, 2019)

3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a NBR 8492 (ABNT 2012). Primeiramente, os três corpos-de-prova foram secos em estufa até atingirem a constância de massa com a temperatura entre 105 °C e 110 °C (Figura 3.12 (a)). Ao serem retirados da estufa, os mesmos foram pesados, obtendo-se assim a massa M_1 do tijolo seco em gramas (Figura 3.13 (b)).

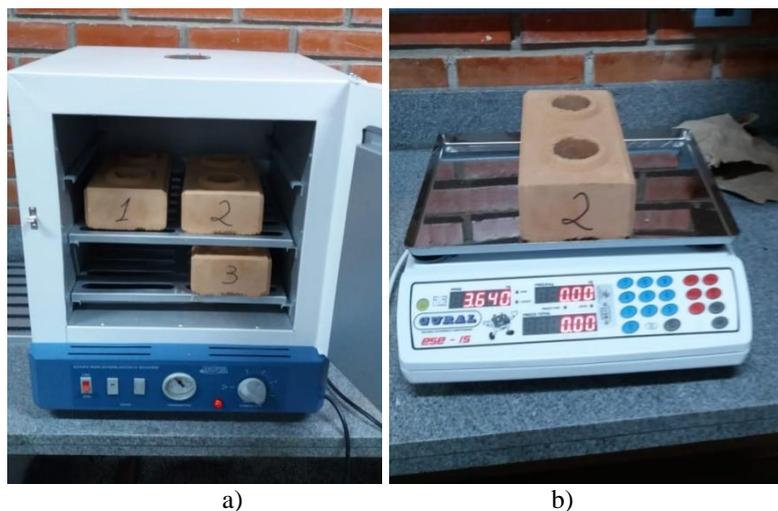


Figura 3.13. Processo de realização do ensaio de absorção, secagem dos tijolos em estufa (a) e pesagem dos tijolos (b)

Em seguida os corpos-de-prova foram imersos em um recipiente com água por 24 horas (Figura 3.13 (a)). Após esse período, foram retirados da água, enxugados

superficialmente com uma toalha umedecida e pesados, em um tempo inferior a 3 minutos da retirada dos mesmos no tanque, obtendo-se a massa do tijolo saturado M_2 em gramas (Figura 3.13 (b)).

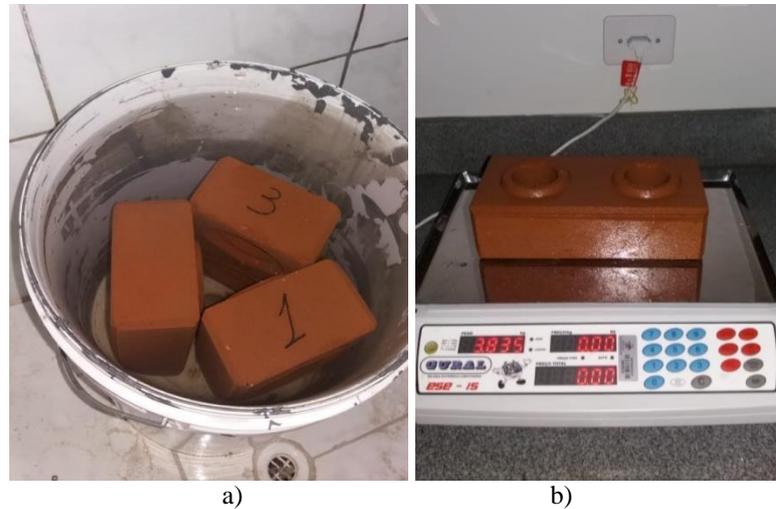


Figura 3.14. Processo de realização do ensaio de absorção, imersão dos tijolos em água (a) e pesagem de um tijolo saturado (b).

Os valores individuais de absorção de água, descritos em porcentagens, foram obtidos utilizando a Equação 4.1.

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad (4.1)$$

onde:

M_1 = Massa do corpo-de-prova seco em estufa (g);

M_2 = Massa do corpo-de-prova saturado (g);

A = Absorção de água (%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de analisar a resistência à compressão simples dos blocos de solo-cimento, foram seguidas as recomendações da **NBR 12118 (ABNT, 2013)**, norma referente a blocos de concreto, a fim de se determinar se esses blocos podem ser considerados estruturais, como informam a maioria dos fabricantes.

4.1 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS TIJOLOS

Realizou-se o ensaio de 8 blocos, porém para análise dos resultados utilizou-se os dados de 7 blocos assim como a NBR 8492 (ABNT 2012) exige. Então por precaução fez-se ensaio em 8 blocos, pois se houvesse um erro no teste de algum destes blocos não prejudicaria o andamento dos ensaios. Os blocos foram ensaiados individualmente, os quais, um a um tiveram suas dimensões da cada face de trabalho determinadas, com o auxílio de um paquímetro, pela média dos valores obtidos em três posições diferentes: um em cada extremidade e um no meio, conforme pode ser observado na Figura 4.1. Dentre as características dimensionais do bloco, os furos, contendo 9 cm de diâmetro cada, foram desconsiderados para o cálculo da área líquida.



Figura 4.1. Conferência exata das medidas com paquímetro (Próprio Autor, 2019).

A Tabela 4.1 apresenta as medidas encontradas para cada um dos 8 blocos, bem como o valor de área líquida calculado. Conforme pode-se observar, todos os blocos obtiveram os mesmos dados com a medição, o que se deve ao fato de serem blocos fabricados em fôrmas com medidas padronizadas.

Tabela 4.1. Características dimensionais dos blocos

Bloco (n°)	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Alt. (mm)	Área líquida média (mm ²)
01	126	250	70	31372,77
02	126	250	70	
03	126	250	70	
04	126	250	70	
05	126	250	70	
06	126	250	70	
07	126	250	70	
08	126	250	70	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Para a realização do ensaio, os blocos foram colocados sobre o prato inferior da máquina de ensaio à compressão, entre as chapas metálicas, de maneira a ficar centrado em relação a ele. Uma lâmina de cortiça foi utilizada para regularizar a área de contato do bloco capeado com prensa.

As cargas compressivas foram aplicadas por uma máquina de compressão com registrador gráfico da marca Contenco, fabricante dos produtos Pavitest, devidamente calibrada com uma carga máxima de 100 toneladas. Os resultados apresentados pelo equipamento para os blocos estão apresentados na Tabela 4.2, em MPa, medida comumente utilizada neste tipo de ensaio. Essa resistência é obtida dividindo-se a carga máxima, em Newton (N), pela área líquida, em mm². A carga foi dada pelo equipamento em quilograma-força (kgf), a transformação de kgf para N é obtida multiplicando o valor em obtido por 10.

Tabela 4.2. Resistência à compressão das unidades

Bloco (n°)	Área Líquida (mm ²)	Carga de Ruptura (Kgf)	Tensão de Ruptura (MPa)
01	15686,38	4.460	3,3
02	15686,38	3.220	1,9
03	15686,38	4.120	2,4
04	15686,38	3.330	1,9
05	15686,38	3.310	1,9
06	15686,38	3.340	1,9
07	15686,38	3.360	1,9
08	15686,38	3.960	2,3

Fonte: Próprio autor, 2019.

Uma vez que a NBR 8492 (ABNT 2012), que especifica a realização desse tipo de ensaio, pede que sejam ensaiados apenas 7 tijolos, um deles teve sua resistência desconsiderada: O bloco n° 02, devido ao fato de ter sido o bloco que apresentou a menor carga de ruptura. Já a área líquida dos blocos para o cálculo de tensão de ruptura foi utilizada metade do valor total, pois os blocos foram cortados ao meio.

A resistência média (f_{bm}) exigida por norma, que é dada pela média das tensões de ruptura, o desvio padrão (Sd), que mede a variabilidade dos valores à volta da média, e ainda a resistência característica (f_{bk}) que será considerado para classificar o bloco, que é dada pela diferença entre a resistência média e o desvio padrão, como mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Obtenção da resistência característica (f_{bk}) das unidades

Resistência Média (f_{bm})	Desvio Padrão (Sd) (MPa)	Resistência Característica (f_{bk}) (MPa)
2,24	0,23	2,01

Fonte: Próprio autor, 2019.

Considerando o f_{bk} encontrado e seguindo o critério da NBR 6136 (ABNT, 2014) para classificação, dentro de um sistema de blocos estruturais, apresentado pela Tabela 4.4, o bloco de solo-cimento estudado apresentou uma resistência inferior ao mínimo estabelecido pela norma, $f_{bk} = 3,0 \text{ MPa}$, de modo que não pode ser comercializado com função estrutural.

Tabela 4.4. Requisito para resistência à compressão

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial *MPa
Com função Estrutural	A	$f_{bk} \gg 8,0$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$
Com ou sem função Estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014)

O resultado obtido em termos da classificação dos tijolos de solo-cimento já era esperado, a própria norma que regulamente este tipo de material, a NBR 8492(ABNT, 2012), determina que o tijolo de solo-cimento não possui função estrutural. Levando em consideração ainda o fato dos tijolos serem fabricados sem uma relação água/cimento previamente estabelecida, ainda que a resistência característica obtida fosse satisfatória, seria um risco sua utilização com essa função.

De forma geral, observou-se durante o ensaio, que os blocos apresentaram um padrão de ruptura, onde as fissuras surgem verticalmente, nas regiões nas proximidades dos furos e se propagam até o rompimento. A Figura 4.2 mostra um tijolo após a realização do ensaio de compressão.



Figura 4.2. Tijolo rompido após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019).

4.2 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS PRISMAS

Assim como para os blocos, os prismas foram colocados sobre o prato inferior da máquina de ensaio à compressão, entre as chapas metálicas, de maneira a ficar centrado em relação a ele. Uma lâmina de cortiça foi utilizada para regularizar a área de contato do bloco capeado com prensa.

Os resultados abaixo apresentados estão divididos para cada tipo de prisma ensaiado: com assentamento longitudinal e com assentamento pleno. O intuito do experimento com ambos é comparar a resistência à compressão quando se varia o tipo de assentamento e afirmar qual é a melhor forma de se fazer na prática.

4.2.1 Prismas com Assentamento Longitudinal

As características dimensionais dos prismas, submetidos ao ensaio de compressão e montados com junta de argamassa longitudinal são mostrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Características dimensionais dos prismas com assentamento longitudinal

Prismas (n°)	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Alt. (mm)	Área líquida média (mm ²)
01	126	250	230	31372,77
02	126	250	232	
03	126	250	233	
04	126	250	235	
05	126	250	230	
06	126	250	232	
07	126	250	234	
08	126	250	233	
09	126	250	235	
10	126	250	232	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Para se encontrar as alturas foram somadas à altura dos três blocos que formam o prisma, juntamente com a espessura da junta de argamassa (de aproximadamente 10 mm) e a altura do capeamento superior e inferior dos prismas.

A Tabela 4.6 mostra a resistência à compressão encontrada no ensaio dos prismas montados com junta de argamassa longitudinal. Para encontrar a tensão de ruptura dos prismas foi utilizada a área líquida média do bloco. Os prismas foram submetidos ao ensaio de compressão simples.

Tabela 4.6. Resistência à compressão dos prismas com assentamento longitudinal

Prismas (n°)	Área Líquida (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Tensão de ruptura (MPa)
01	31372,77	7.650	2,5
02	31372,77	5.780	1,9
03	31372,77	5.250	1,7
04	31372,77	5.420	1,8
05	31372,77	4.360	1,4
06	31372,77	4.120	1,3
07	31372,77	4.130	1,3
08	31372,77	3.390	1,1
09	31372,77	3.970	1,3
10	31372,77	5.400	1,8

Fonte: Próprio autor, 2019.

A Tabela 4.7 mostra o resultado do cálculo da resistência característica dos prismas com argamassa longitudinal, para se chegar nesse resultado foram desprezados o maior e menor valor observado no ensaio.

Tabela 4.7. Resistência Característica (f_{bk}) dos prismas com assentamento longitudinal

Resistência Média (f_{bm})	Desvio Padrão (Sd) (MPa)	Resistência Característica (f_{bk}) (MPa)
1,48	0,26	1,22

Fonte: Próprio autor, 2019

Observando os prismas com junta de assentamento longitudinal durante o ensaio de resistência à compressão, foi possível observar quem, assim como nos blocos, houve um padrão de ruptura durante o ensaio, onde as fissuras surgiram verticalmente em regiões próximas aos furos e se propagaram nesse sentido, o que pode ser visto na Figura 4.3.



Figura 4.3. Prisma longitudinal após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019)

4.2.2 Prismas com Assentamento Pleno

As características dimensionais dos prismas, submetidos ao ensaio de compressão e montados com junta de argamassa plena são mostrados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Características dimensionais dos prismas com assentamento pleno

Prismas (n°)	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Alt. (mm)	Área Líquida (mm ²)
01	126	250	231	31372,77
02	126	250	233	
03	126	250	230	
04	126	250	232	
05	126	250	230	
06	126	250	231	
07	126	250	232	
08	126	250	235	
09	126	250	234	
10	126	250	230	

Fonte: Próprio autor, 2019

Repetindo o processo realizado para os prismas com assentamento longitudinal, as alturas foram encontradas com a soma das alturas dos três blocos que formam o prisma, somada com a altura do capeamento superior e inferior, e a espessura da argamassa.

A resistência à compressão dos prismas com assentamento pleno foi encontrada através do ensaio de compressão simples. Foi utilizada a área líquida média dos blocos (Tabela 4.8) para determinar a tensão de ruptura dos prismas montados com junta de argamassa plena. A Tabela 4.9 mostra a resistência à compressão encontrada no ensaio

Tabela 4.9. Resistência à compressão dos prismas com assentamento pleno

Prismas (n°)	Área Líquida (mm ²)	Carga de ruptura (Kgf)	Tensão de ruptura (MPa)
01	31372,77	7.570	2,5
02	31372,77	7.750	2,5
03	31372,77	6.720	2,2
04	31372,77	12.010	4,8
05	31372,77	6.520	2,1
06	31372,77	9.560	3,1
07	31372,77	8.730	2,8
08	31372,77	7.950	2,6
09	31372,77	7.000	2,3
10	31372,77	7.320	2,4

Fonte: Próprio autor, 2019

A Tabela 4.10 mostra o resultado do cálculo da resistência característica dos prismas com argamassa plena, para se chegar nesse resultado foram desprezados o maior e menor valor observado no ensaio.

Tabela 10. Resistência Característica (f_{bk}) dos prismas com assentamento pleno

Resistência Média (f_{bm})	Desvio Padrão (Sd) (MPa)	Resistência Característica (f_{bk}) (MPa)
2,60	0,55	2,05

Fonte: Próprio autor, 2019

Observando os prismas com junta de assentamento pleno durante o ensaio, foi possível observar que o comportamento da propagação da trinca que surgiu com o carregamento foi semelhante ao dos casos anteriores, onde as fissuras surgiram verticalmente em regiões próximas aos furos e se propagaram nesse sentido, o que pode ser visto na Figura 4.4. Isso demonstra que houve um padrão de ruptura entre tijolos e prismas.



Figura 4.4. Prisma pleno após ensaio à compressão (Próprio autor, 2019)

4.2.3 Comparação dos Resultados obtidos na análise dos Prismas

Com o intuito de apontar qual é o melhor tipo de assentamento a ser utilizado, de modo a melhorar a resposta dos tijolos de solo-cimento em uso, foram testados à compressão prismas com dois tipos: assentamento longitudinal e pleno. Após analisar os valores obtidos para cada um deles, apresentados nos itens 4.1.2 e 4.2.2, a Tabela 4.11 apresenta uma comparação percentual entre a média das resistências obtidas.

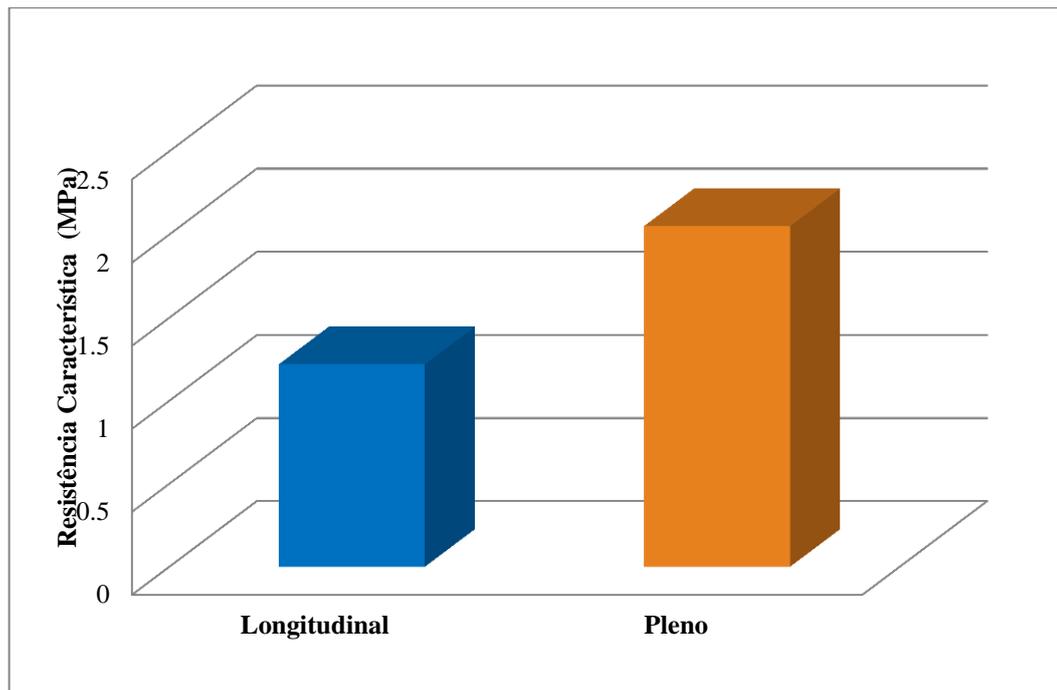
Tabela 4.11 – Comparação da resistência característica dos tipos de assentamento

Tipo de assentamento	Resistência Característica (f_{bk}) (MPa)	Comparação da eficiência
Longitudinal	1,22	Longitudinal < Pleno em 59,5%
Pleno	2,05	

Fonte: Próprio autor, 2019.

Conforme pode ser observado, os prismas com assentamento pleno apresentaram uma resistência cerca de 43,5% maior que aqueles com assentamento longitudinal, o que o qualifica como uma melhor opção a ser utilizada em obra. O Gráfico 4.1 mostra a relação entre as resistências características dos tipos de assentamento, de modo a facilitar a visualização dos resultados obtidos.

Gráfico 4.1. Comparação das resistências obtidas para prismas com assentamento longitudinal e pleno



Fonte: Próprio autor, 2019

4.3 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Conforme especificado anteriormente, foram fabricados dois traços de argamassa, um para cada tipo de assentamento: prismas com assentamento longitudinal e prismas com assentamento pleno. O total dos corpos-de-prova ensaiados têm seus resultados apresentados na Tabela 4.12. Nesta tabela, os corpos de prova de 01 a 03, referem-se a argamassa utilizada nos prismas com assentamento longitudinal, já os corpos de prova de 04 a 06 são resultados

da argamassa utilizada nos prismas com assentamento pleno. Os ensaios foram realizados 28 dias após a moldagem dos corpos de prova.

Tabela 4.12. Resultado do ensaio à compressão dos corpos-de-prova

Corpo-de-prova	Idade	Carga de ruptura (Kgf)	Tensão de ruptura (MPa)
01	28	550	2,7
02	28	560	2,8
03	28	580	2,9
04	28	660	3,3
05	28	680	3,4
06	28	530	2,6

Fonte: Próprio autor, 2019.

Após os ensaios à compressão com os corpos-de-prova da argamassa, nota-se que houve uma linearidade nos resultados obtidos, assim a mistura dos materiais para a fabricação da argamassa e os 12 golpes sobre cada uma das duas camadas de argamassa em cada cilindro foi bem executada, considerando que a proporção dos materiais utilizados foi a mesma. A Figura 4.5 mostra o ensaio no corpo de prova, onde pode-se observar que o rompimento se deu pela diagonal.



Figura 4.5. Corpo-de-prova após ensaio à compressão (Próprio autor)

4.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Conforme descrito anteriormente, o ensaio de absorção foi realizado seguindo as etapas: secagem em estufa dos tijolos, pesagem dos mesmos secos, imersão em água por 24 horas e posterior pesagem dos tijolos saturados.

A Tabela 4.13 mostra o resultado do ensaio de absorção de água, que foi realizado de acordo com NBR 8492 (ABNT, 2012).

Tabela 4.13. Resultado do ensaio de absorção de água

Blocos	Massa após secagem na estufa (g)	Massa saturada (g)	Valor individual (%)	Valor médio (%)
01	3245,0	3815,0	17,5	
02	3256,0	3835,0	17,8	17,1
03	3135,0	3635,0	16,0	

Fonte: Próprio autor, 2019.

No ensaio foi possível observar que os valores encontrados se aproximam dos limites estabelecidos pela NBR 10834 (ABNT, 2012). A norma indica que o valor médio deve ser menor ou igual a 20% para valores individuais e para o ensaio de absorção com mais de um bloco a média do resultado destes deve ser menor ou igual a 22%, portanto pode se dizer que os resultados do ensaio são satisfatórios.

O índice de absorção do material é um fator que influencia diretamente o desempenho do elemento, simulando seu comportamento em possíveis situações de aplicação. A porosidade do material tem influência no índice de absorção que está ligado diretamente à vida útil desse elemento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos no ensaio à compressão dos tijolos, observa-se que os mesmos não podem ser considerados blocos estruturais, pois de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2014), para que o bloco tenha função estrutural sua resistência característica deve ser maior que 4,0 Mpa, como os tijolos ensaiados apresentaram resistência característica de 2,01 MPa, os mesmos não possuem características autoportantes e sua função é apenas de vedação.

Quanto ao ensaio de absorção nos tijolos de solo-cimento, nota-se que os resultados atingidos estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 10834 (ABNT, 2012), os tijolos apresentaram um índice de absorção de 17,1 % e o máximo estabelecido pela norma é de 22%. Portanto, este material terá um desempenho satisfatório em uso, uma vez que a absorção está ligada a porosidade, fazendo com que o bloco tenha uma vida útil dentro do esperado.

Analisando as características econômicas da utilização de tijolos de solo-cimento em comparação aos cerâmicos convencionais, sem função estrutural, pôde-se constatar que os tijolos cerâmicos são mais viáveis. Uma pesquisa de mercado mostrou que o custo dos tijolos cerâmicos comuns é de R\$ 420,00 o milheiro, enquanto o tijolo de solo-cimento custa, em média, R\$ 890,00 a mesma quantidade. Em relação à quantidade de tijolos a ser empregada por metro quadrado, o tijolo cerâmico de 6 furos também apresenta vantagem sobre o de solo-cimento, sendo necessário para 1 m², 39 tijolos cerâmicos e 64 de solo-cimento. Deste modo, conclui-se que economicamente é mais viável o uso do tijolo cerâmico convencional.

No entanto, o tijolo de solo-cimento é um material sustentável que gera poucos impactos ao meio ambiente e se houvesse mais estudos e padronização das suas características, como a relação água/cimento, o mesmo poderia alcançar uma resistência maior, podendo então atingir a resistência exigida pela norma para ser considerado um material estrutural.

A alvenaria de solo-cimento torna-se viável quando empregada em locais de difícil acesso, visto que a fabricação da alvenaria pode ser realizada no mesmo local onde será aplicada. Assim, somando a facilidade em conseguir os materiais constituintes dos tijolos com a não necessidade de gasto com transporte, devido à longa distância, o material seria mais viável economicamente.

No que diz respeito à viabilidade técnica, por apresentar blocos encaixáveis, a alvenaria de solo-cimento possibilita uma facilidade fazendo com que o processo construtivo seja veloz. O bloco ainda apresenta boa aparência e acabamento, sendo frequentemente utilizado como alvenaria aparente, sendo essa uma vantagem técnica e que auxilia com a redução de custos, por dispensar as fases de chapisco, emboço, reboco e outros acabamentos.

Em relação aos prismas ensaiados variando o tipo de assentamento, observa-se que está variação teve influência significativa na resistência destes prismas. Os resultados demonstraram que o assentamento pleno apresentou melhor resistência característica quando comparado ao assentamento longitudinal, isto se dá porque no assentamento pleno as cargas se distribuem melhor sobre a argamassa, fazendo com que os prismas resistam a tensões maiores.

Em relação à ruptura dos prismas, observou-se que as trincas que romperam os tijolos foram na vertical e na direção dos furos, resultado dentro do esperado, pois os materiais que possuem furos ou detalhes geométricos, conhecidos como entalhes, possuem uma concentração de tensões nessas regiões, o que faz com que trincas iniciem nesses pontos.

É considerável que a alvenaria de solo-cimento passe a ter mais visibilidade no mercado devido às características que apresenta e que a fazem ser conhecida como um material ecológico. Para isso, é essencial realizar mais estudos em relação ao material, de modo a compreender melhor seu comportamento em uso e conferir maior confiabilidade na sua utilização.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **BT-110**: Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado. 3 ed. São Paulo, 1998. 16 p.

_____. **BT-111**: Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. 3 ed. São Paulo, 2000. 19 p.

_____. **ET-34**: Solo-cimento para revestimento de barragens de terra, diques e reservatórios. 4 ed. São Paulo, 2000. 20 p.

_____. **Básico sobre cimento**. 2018. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.

_____. **NBR 6022**: Informação e documentação - Artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - Apresentação. Rio de Janeiro, 2018. 8 p.

_____. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2018. 68 p.

_____. **NBR 6028**: Informação e documentação - Resumo - Apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2007. 13 p.

_____. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

_____. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 4 p.

_____. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 3 p.

_____. **NBR 10834**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

_____. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005. 7 p.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes Cerâmicos. Parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - terminologia e requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 15 p.

_____. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural - blocos cerâmicos. Parte 1: projetos. Rio de Janeiro, 2010. 41 p.

_____. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto. Parte 1: Projeto.** Rio de Janeiro, 2011. 42 p.

BLOGSPOT. **Tijolo ecológico solo-cimento “autêntico”.** Disponível em: <<http://tijoloecologicoautentico.blogspot.com/2010/06/tolerancias-dimensionais.html>> Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

CALÇADA, L. M. L. **Avaliação do comportamento de prismas grauteados e não grauteados de blocos de concreto.** 1998. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

CORDEIRO, C. R; MACHADO, V. C. **Sustentabilidade na fabricação do tijolo solo-cimento: estudo comparativo com blocos convencionais.** 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2017.

CUNHA, U. V. L. **Terra-cimento: contribuição para o estudo da casa de baixo custo.** São Carlos. EESC-USP (Dissertação de Mestrado), São Carlos, 1978.

FERRARI, V. J.; SOUZA, Á. H. C. de; DOTTO, W e NETO, J. G. V. **Tijolos vazados de solo-cimento produzidos com solo da Região do Arenito Caiuá do Paraná.** 2014. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2014.

GEOSCAN. **Como identificar as características do solo?** 2017. Disponível em: <<https://www.geoscan.com.br/como-identificar-as-caracteristicas-do-solo/>>. Acesso em: 01 de janeiro de 2019.

GISELE EBERSPACHER. **Confira as vantagens do tijolo ecológico.** 2011. Disponível em: <<http://atitudesustentavel.com.br/blog/2011/09/06/confira-as-vantagens-do-tijolo-ecologico/>> Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa.** 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

INTERCEMENT. **Produtos.** Disponível em: <http://brasil.intercement.com/ProdutosServicos/detalhes_cimento/3> Acesso em: 05 de junho de 2019.

JALALI, S; EIRES, R. **Inovações científicas de construção em terra crua.** 2008. 7 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Azurém, Portugal, 2008.

JEEF HODGSON. 2013. Disponível em: <https://twitter.com/j_hodgo/status/375968415804317696/photo/1>. Acesso em: 05 de junho de 2019.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis Porto Alegre: Bookman, 2010

LIMA, T V. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com matérias-primas do núcleo urbano da cidade de Campo dos Goytacazes**. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Engenharia Civil , Univdersidade Estadual do Norte Fluminense. Campos Goytacazes, 2006.

LOPES, W. G. R. **Solo-cimento reforçado com bambu características físico-mecânicas**. 2002. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MAAS, C. R. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural, com blocos assentados com argamassa plena e longitudinal**. 2004. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

MARJABA, G. E.; CHIDIAC, S. E. Sustainability and resiliency metrics for buildings - Critical review. **Building and Environment**, v. 101, p. 116–125, 2016.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MESQUITA FILHO, Júlio de. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 2006. 53 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira- SP, 2006.

OIROT. **Algumas Construções Naturais**. 2009. Disponível em: <<http://projetocoresdecarrancas.blogspot.com/2009/08/atualmente-atividades-concentradas-na.html>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

PARSEKIAN, G. A; SOARES, M. M. **Alvenaria Estrutural Em Blocos Cerâmicos – Projeto, Execução e Controle**. São Paulo: Nome da Rosa, 2010.

PINTO, L. M. **Estudo de tijolos de solo-cimento com adição de resíduo de construção civil**. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

RIOS, M. B. C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do bairro Ilha Pura- Vila dos Atletas 2016**. 2014. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SANTIAGO, C. C. **O solo como material de construção**. 2. ed. Salvador-Bahia: Editora da UFBA, 2001. 76 p.

SEGANTINI, A. A. S.; ALCANTARA, M. A. M. **Solo-cimento e solo-cal**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios da ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007. v. 2, p. 834-861.

SILVA, L. O; SANTOS, G. do N; SAVARIS, W. K. Tijolo solo-cimento: fabricação e utilização em construções que visam o equilíbrio ambiental. **Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, MS, p.446-455, 2018.

SUSTENTARQUI. **Sistema Construtivo de Taipa de Pilão**. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/materiais/sistema-construtivo-de-taipa-de-pilao/>>. Acesso em: 18 dezembro de 2018.

TAUIL, C. A; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010. 188 p.

UCHIMURA, M. S. **Dossiê Técnico: Solo-cimento**. Paraná: SBRT, 2006.

VIMAQ PRENSAS. **Prensas Manuais**. Disponível em: <<http://vimaqprensas.com.br/maquinas/prensas-manuais/>>. Acesso em: 05 de junho de 2019.

_____. **Prensas Hidráulicas**. Disponível em: <<http://vimaqprensas.com.br/maquinas/prensas-hidraulicas/>>. Acesso em: 05 de junho de 2019.

WEBER, E; CAMPOS, R. F. F. de; BORGA, T. **Análise da Eficiência do Tijolo Ecológico Solo-Cimento na Construção Civil**. 2017. 17 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Santa Catarina -, Alto Vale do Rio do Peixe, 2017.

ANEXO A – ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS



Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Blocos
Tipo de ensaio: Bloco Vazado para alvenaria
Cliente:
Responsável:
Data de Moldagem: 22/10/2018

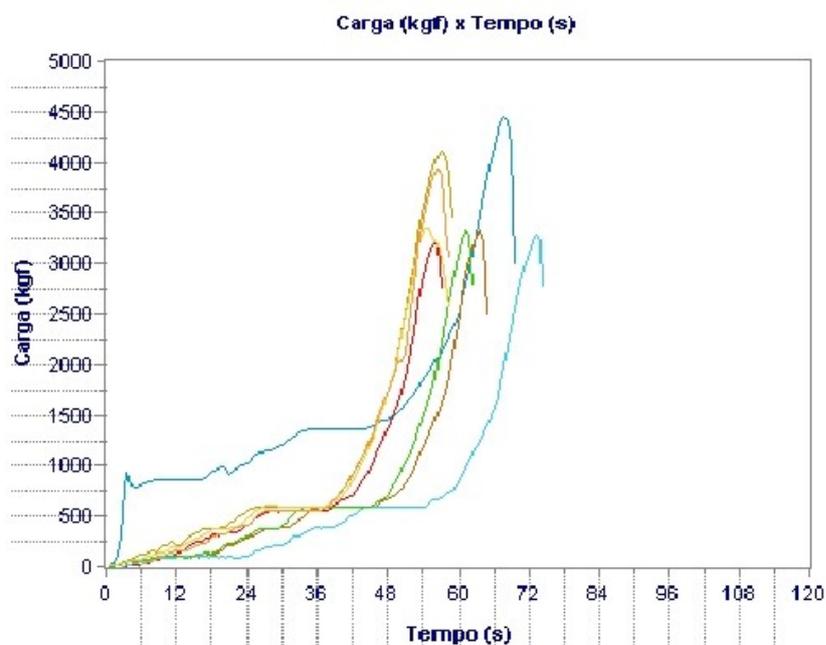
Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
01	109	3,3 (MPa)	4.460 (kgf)	
02	109	1,9 (MPa)	3.220 (kgf)	
03	109	2,4 (MPa)	4.120 (kgf)	
04	109	1,9 (MPa)	3.330 (kgf)	
05	109	1,9 (MPa)	3.310 (kgf)	
06	109	1,9 (MPa)	3.340 (kgf)	
07	109	1,9 (MPa)	3.360 (kgf)	
08	109	2,3 (MPa)	3.960 (kgf)	

Gráfico dos Ensaios



ANEXO B – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão

Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Argamassa
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente:
 Responsável:
 Data de Moldagem: 10/01/2019

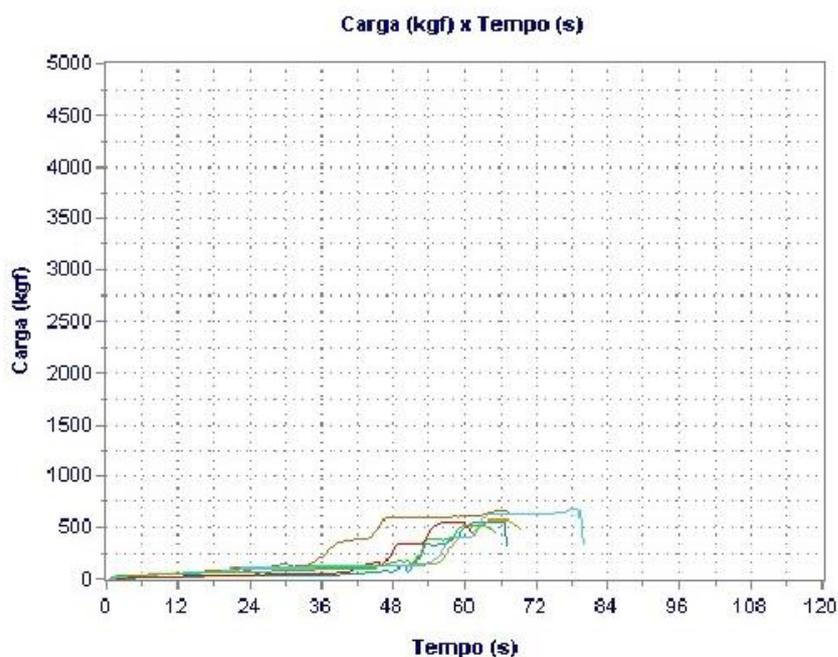
Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
 Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
01	28	2,7 (MPa)	550 (kgf)	
02	28	2,8 (MPa)	560 (kgf)	
03	28	2,9 (MPa)	580 (kgf)	
04	28	3,3 (MPa)	660 (kgf)	
05	28	3,4 (MPa)	680 (kgf)	
06	28	2,6 (MPa)	530 (kgf)	

Gráfico dos Ensaios



ANEXO C – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS PRISMAS COM ASSENTAMENTO LONGITUDINAL



Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Acentamento Longitudinal
Tipo de ensaio: Bloco Vazado para alvenaria
Cliente:
Responsável:
Data de Moldagem: 22/10/2018

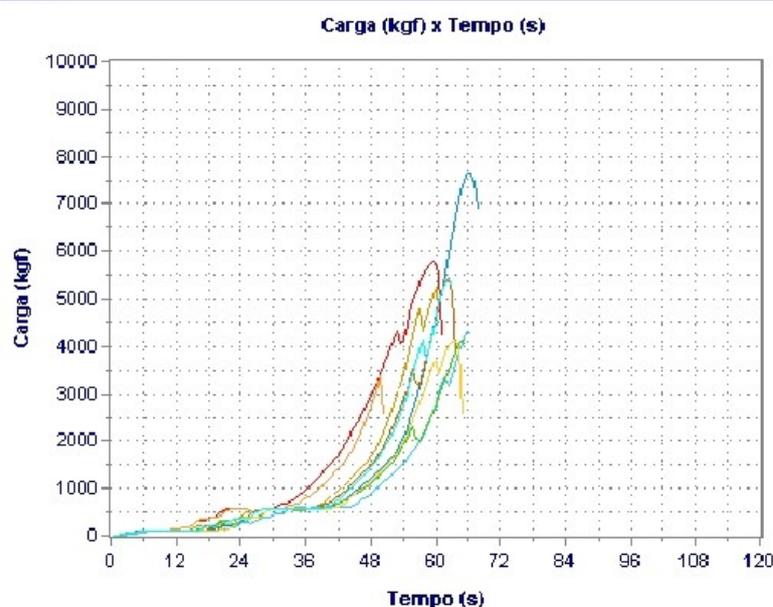
Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
L 01	108	2,5 (MPa)	7.650 (kgf)	
L 02	108	1,9 (MPa)	5.780 (kgf)	
L 03	108	1,7 (MPa)	5.250 (kgf)	
L 04	108	1,8 (MPa)	5.420 (kgf)	
L 00	108	1,4 (MPa)	4.360 (kgf)	
L 006	108	1,3 (MPa)	4.120 (kgf)	
L 07	108	1,3 (MPa)	4.130 (kgf)	
L 08	108	1,1 (MPa)	3.390 (kgf)	
L 09	108	1,3 (MPa)	3.970 (kgf)	
L 10	108	1,8 (MPa)	5.400 (kgf)	

Gráfico dos Ensaios



ANEXO D – ENSAIO DOS PRISMAS COM ASSENTAMENTO PLENO



Dados Cadastrais da Amostra

Amostra: Acentamento Pleno
 Tipo de ensaio: Bloco Vazado para alvenaria
 Cliente:
 Responsável:
 Data de Moldagem: 22/10/2018

Dados Complementares

Tensão ruptura prevista:
 Distância fixação extensômetros:

Dados dos Corpos de Prova

Id. CP	Idade	Tensão Ruptura	Carga Ruptura	Tipo
00	108	2,5 (MPa)	7.570 (kgf)	
Pleno 02	108	2,5 (MPa)	7.750 (kgf)	
Pleno 03	108	2,2 (MPa)	6.720 (kgf)	
Pleno 04	108	4,8 (MPa)	12.010 (kgf)	
Pleno 05	108	2,1 (MPa)	6.520 (kgf)	
Pleno 06	108	3,1 (MPa)	9.560 (kgf)	
Pleno 07	108	2,8 (MPa)	8.730 (kgf)	
Pleno 08	108	2,6 (MPa)	7.950 (kgf)	
Pleno 09	108	2,3 (MPa)	7.000 (kgf)	
Pleno 10	108	2,4 (MPa)	7.320 (kgf)	

Gráfico dos Ensaios

