



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MOISÉS EDUARDO LINS MENDES PINTO

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE RESÍDUO DE GRANITO
INCORPORADO EM TIJOLO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS DE
BAIXO CUSTO: PERSPECTIVA TEÓRICA**

PAU DOS FERROS – RN
2016

MOISÉS EDUARDO LINS MENDES PINTO

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE RESÍDUO DE GRANITO
INCORPORADO EM TIJOLO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS DE
BAIXO CUSTO: PERSPECTIVA TEÓRICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Profº. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa– UFERSA.

Coorientador: Profº. Me. Rogério de Jesus Santos– UFERSA.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P659e Pinto, Moisés Eduardo Lins Mendes.
ESTUDO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE RESÍDUO DE
GRANITO INCORPORADO EM TIJOLO SOLO-CIMENTO NA
CONSTRUÇÃO DE CASAS DE BAIXO CUSTO: PERSPECTIVA
TEÓRICA / Moisés Eduardo Lins Mendes Pinto. - 2016.
38 f. : il.

Orientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.
Coorientador: Rogério de Jesus Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. Tijolo solo-cimento. 2. Granito. 3.
Propriedades térmicas. I. Sousa, Cláwsio Rogério
Cruz de, orient. II. Santos, Rogério de Jesus, co-
orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MOISÉS EDUARDO LINS MENDES PINTO

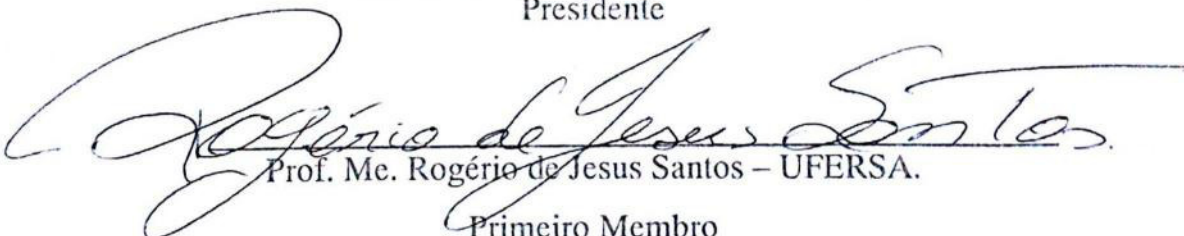
**ESTUDO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE RESÍDUO DE GRANITO
INCORPORADO EM TIJOLO SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO DE
CASAS DE BAIXO CUSTO: PERSPECTIVA TEÓRICA**

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar
Pau dos Ferros para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADA EM: 09 / 11 / 2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa – UFERSA.
Presidente


Prof. Me. Rogério de Jesus Santos – UFERSA.
Primeiro Membro


Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior – UFERSA.
Segundo Membro

Ao meu bisavô **Eliseu Pessoa de Queiroz**, que mesmo já tendo partido ainda permanece em meus pensamentos e coração. Homem guerreiro e de valor, que sempre acreditou em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, a Deus pelo dom da vida, por me dar forças nos momentos de dificuldades (que não foram poucos) e por me manter firme e forte durante todo o tempo do curso.

Aos meus pais, que tão arduamente me deram condições de ir atrás dos meus sonhos, sempre me dando apoio ao longo de toda a minha jornada.

Aos meus orientadores Cláwsio Rogério e Rogério de Jesus pela paciência, compreensão, aconselhamentos e colaboração ao longo de toda a construção desse trabalho, onde se mostraram presentes e de uma importância sem igual para que ele se realizasse. A vocês, meus amigos, meus sinceros agradecimentos, pois sem vocês eu não teria conseguido.

Ao professor Almir Mariano, pela oportunidade de participar do Programa Acesso à Terra Urbanizada, no qual suas instalações se fez meu refúgio para os vários e longos momentos de planejamento e construção desse trabalho.

A todos os amigos que me deram forças através de palavras de otimismo e de momentos de descontração que foram essenciais para me manter focado ao longo desse caminho. Sem esses pequenos gestos (mas de proporções gigantescas) minhas forças não seriam as mesmas. Muito obrigado a vocês: Rebeca, Renata, Sávio, Renato, Vidal, Domingos, Nildemarcio, Jefferson, Pedro, Heronildes Junior, Luiz Artur, Erickson, Alan, entre outros que se fizeram importantes nessa caminhada.

“Nem você, nem ninguém baterá tão forte quanto a vida. Não importa o quão forte você golpeia, mas sim, quantos golpes você aguenta levar e continuar em frente, o muito que você possa aceitar e seguir adiante. Assim é a vida!”

Rocky Balboa

RESUMO

Os processos construtivos ligados ao uso de recursos naturais, como o beneficiamento de rochas graníticas, exploração do calcário para fabricação do cimento e o processo de queima do tijolo convencional, atualmente são fontes geradoras de resíduos e que resultam em um custo alto às construções. Constantemente tem-se intensificado a busca de métodos construtivos que minimize os custos resultantes dos métodos construtivos tradicionais e que se mostre favorável ao meio ambiente. O tijolo solo-cimento aparece como uma alternativa mais barata quanto ambiental, uma vez que o investimento nesse material reduz os custos em relação a outros tijolos e tem seu método construtivo tido como limpo, pois a geração de resíduos é bastante reduzida. A utilização de rochas ornamentais, como o granito, se dá tanto pela estética como também na incorporação de materiais procurando conferir propriedades que se deseja alcançar. O Brasil possui um enorme potencial geológico para a produção de rochas ornamentais, sendo responsável por uma forte atividade industrial de extração e beneficiamento dessas rochas. Para tanto, o presente trabalho tem por finalidade estudar as propriedades térmicas conferidas ao tijolo solo-cimento, a partir da adição de resíduos de granito em sua estrutura na construção de casas de baixo custo, tendo em vista que se faz necessário uma solução de custo inferior comparado com os tradicionais, porém eficiente, para sanar os problemas de alto valor agregado das edificações, a falta de moradia e a agressão ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Tijolo solo-cimento, granito, propriedades térmicas.

ABSTRACT

The construction processes related to the use of natural resources, such as granite rocks processing, limestone exploitation for cement manufacture and the conventional brick burning process, are currently waste generators and result in a high construction cost. There has been a steady increase in the search for constructive methods that minimize costs resulting from traditional construction methods and that are favorable to the environment. Soil-cement brick appears as a cheaper alternative as environmental, since the investment in this material reduces the costs in relation to other bricks and has its constructive method considered as clean, since the generation of waste is very reduced. The use of ornamental rocks, such as granite, is due both to the aesthetics as well as to the incorporation of materials seeking to confer properties that one wishes to achieve. Brazil has an enormous geological potential for the production of ornamental rocks, being responsible for a strong industrial activity of extraction and processing of these rocks. The purpose of this study was to study the thermal properties of soil-cement brick from the addition of granite residues in its structure in the construction of low cost houses, considering that a cost solution is necessary inferior to traditional ones, but efficient, to solve the problems of high value added of the buildings, the lack of housing and the aggression to the environment.

Keywords: soil-cement brick, granite, thermal properties.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre BTC de solo-cimento x tijolo convencional.....	20
Tabela 2 – Composição química do granito.	23
Tabela 3 - Classificação do solo quanto à plasticidade.	26
Tabela 4 – Características do solo.	26
Tabela 5– Tipos de Cimento Portland.	27
Tabela 6- Valores especificados de resistência à compressão e de absorção de água.....	29
Tabela 7- Condutibilidade e Condutividade Térmica do Tijolo Solo-cimento.	30
Tabela 8 - Condutividade, Condutibilidade, Calor Específico do granito.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de tijolos de solo-cimento.....	18
Figura 2– Granito.	21
Figura 3– Intrusão granítica.....	22
Figura 4– Gráfico da Curva de Saturação do Hidróxido de Cálcio- CaO (OH)_2	24
Figura 5– Estrutura do solo.	25
Figura 6– Fluxograma do processo de fabricação de tijolos do tipo solo-cimento.	28
Figura 7 - Satisfação com o conforto térmico proporcionado pelas residências construídas com tijolo solo-cimento no interior da Paraíba.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BTC – Bloco de terra compactado

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento

CP – Cimento Portland

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IP – Índice de plasticidade

LL – Limite de liquidez

LP – Limite de plasticidade

NBR – Norma Brasileira

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivos Específicos.....	15
2	METODOLOGIA.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	DÉFICIT HABITACIONAL	17
3.2	TIJOLO SOLO-CIMENTO	17
3.3	O GRANITO.....	21
3.4	MATERIAS PRIMAS DO TIJOLO SOLO-CIMENTO.....	24
3.4.1	Solo.....	24
3.4.2	Cimento	27
3.4.3	Água	28
3.5	FABRICAÇÃO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO	28
3.6	PROPRIEDADES TÉRMICAS	29
3.6.1	Condutibilidade e Condutividade Térmica.....	29
3.6.2	Tijolo Solo-Cimento.....	30
3.6.3	Granito.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para a indústria da construção civil no início deste século prende-se aos elevados custos derivados dos métodos construtivos tradicionais, assim a reciclagem ou reaproveitamento de materiais pode vir colaborar não só com a redução de tais gastos, mas também com o meio ambiente, pois evita acúmulo de novos resíduos, ganhando assim destaque principalmente no campo acadêmico. Logo, o reaproveitamento de um resíduo sólido industrial poluente, como o granito, que disposto no meio ambiente irá o prejudicar, é uma forma que se tem para amenizar os possíveis danos que possam ser causados.

Os impactos negativos gerados no meio ambiente pelos métodos construtivos tradicionais, a constante busca pela utilização dos recursos minerais e o avanço das tecnologias que a auxiliam em tal atividade é resultado de esforços em geração de conhecimento e de progresso técnico pela humanidade, estimulando assim o desenvolvimento de estudos voltados para melhores aproveitamentos de tais recursos.

Os processos com atividade econômica ligada ao uso de recursos naturais atualmente são fontes geradoras de resíduos, desde o seu beneficiamento até a sua destinação final, causando assim grande prejuízo ambiental, não contribuindo para um desenvolvimento sustentável, como é o caso do granito. Segundo Furtado (2013), entre o mineral, que nunca ocorre isolado, e seu uso pelas atividades humanas de produção industrial e de consumo, existe um longo percurso, que cria o recurso natural por intervenção humana. Logo, a construção do conhecimento técnico e científico se faz necessário para identificar as possíveis potencialidades existentes em uma área.

O Brasil possui um enorme potencial geológico para a produção de rochas ornamentais, sendo responsável por uma forte atividade industrial de extração e beneficiamento dessas rochas, tais como granito, mármore, entre outros. No entanto, foi somente a partir da década de 1980 que o Brasil se tornou um país exportador deste recurso mineral. Segundo dados publicados no sumário mineral de 2011 do Departamento Nacional de Produção Mineral, em 2010 os brasileiros ocuparam a posição de 4º maiores produtores e exportadores do mundo. (DNPM, 2011)

O beneficiamento dessas rochas ornamentais, como o granito, objeto de estudo do trabalho, geram uma quantidade enorme de resíduos proveniente das etapas de corte e polimento das rochas. O resíduo de corte de granito, conhecido como lama, é uma massa mineral composta, basicamente, por água, granalha, cal e rocha moída. Uma vez seca a lama

granítica forma um pó de granulometria extremamente fina, não biodegradável, não tóxico e inerte. (LIMA, 2010)

Silva (2009) explica que o interesse por sustentabilidade se originou a partir da conscientização dos países em descobrir formas de promover o crescimento sem destruir o meio ambiente, nem sacrificar o bem-estar das futuras gerações. Logo, o emprego de formas alternativas sustentáveis vem a corroborar para um eficaz aproveitamento do meio ambiente presente, gerando menos impacto ambiental durante a fase de projeto das construções, promovendo a criação de processos padronizados que visem à rapidez dos mesmos e à seleção de processos, tecnologias e insumos adequados ao conceito de sustentabilidade para as etapas seguintes (execução e utilização).

Um exemplo disso é o tijolo solo-cimento, que aparece como uma alternativa de materiais que venham a ser ecologicamente correto, uma vez que ele tem seu método de fabricação feito por processos tecnológicos simples. A técnica é o resultado da mistura homogênea de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas, depois compactadas na forma de tijolos. Desde que bem executado, o componente apresenta boa durabilidade e resistência à compressão. (FIQUEROLA, 2004)

De acordo com Penha (2007), o investimento em tijolos de solo-cimento reduz os custos em relação a outros tijolos, portanto a fabricação deste material surge como alternativa para construção, principalmente, no meio rural e em pequenas comunidades. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a redução dos custos varia entre 20 e 40%.

Tendo em vista a baixa quantidade de trabalhos existentes sobre as propriedades térmicas do tijolo solo-cimento e do granito e que o conhecimento dessas propriedades dos materiais voltados para a área da construção constitui o ponto de partida para abordagem do problema da transferência de calor e que escolher corretamente o tipo de material a ser utilizado nas construções pode-se chegar à concepção de sistemas alternativos capazes de reduzir a quantidade da carga térmica solar que é transmitida para o interior das habitações, o presente trabalho tem por finalidade estudar as propriedades térmicas conferidas ao tijolo solo-cimento pela adição de resíduos de granito em sua estrutura para aplicação na construção de casas de baixo custo, tendo em vista que se faz necessário uma solução de custo inferior comparado com os tradicionais, porém eficiente, para sanar os problemas de alto valor agregado das edificações, a falta de moradia e a agressão ao meio ambiente oriundas dos métodos construtivos tradicionais.

1.1. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar qualitativamente as propriedades térmicas conferidas ao tijolo solo-cimento quando se é incorporado o resíduo de granito em sua estrutura aplicado na construção de casas de baixo custo, a partir da revisão literária.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar o tijolo solo-cimento como alternativa ambientalmente correta aos métodos construtivos tradicionais;
- Estudar as propriedades térmica do granito;
- Analisar a utilização do tijolo solo-cimento com adição de granito na construção de casas de baixo custo;
- Analisar as propriedades térmicas conferidas pela adição do granito ao tijolo solo-cimento;
- Expor os resultados da adição do granito ao tijolo solo-cimento em relação ao conforto térmico.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho adota um enfoque qualitativo e busca fazer uma revisão literária em artigos, dissertações e teses, para melhor subsidiar a obtenção dos resultados desejados, buscando dados empíricos e atualizados sobre a temática abordada.

De acordo com Dalfovo (2008), a pesquisa qualitativa é aquela que trabalha predominantemente com dados qualitativos, isto é, a informação coletada pelo pesquisador não é expressa em números, ou então os números e as conclusões neles baseadas representam um papel menor na análise.

Para a concretização da pesquisa, se utilizou de fontes de pesquisas nacionais e internacionais que forneceram dados de coleta, consulta e identificação de fontes como referências bibliográficas, teses, publicações científicas e artigos que estivessem relacionados ao tema do trabalho, sendo essas as fontes primárias e secundárias. Posteriormente foi realizada a redação preliminar seguidas por revisões até a entrega do trabalho final.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DÉFICIT HABITACIONAL

Déficit habitacional é um número que leva em conta a quantidade de cidadãos sem moradia adequada numa determinada região. A moradia inadequada é classificada como a moradia que foi construída com materiais não duráveis (que exigem mais manutenção e não poupam recursos naturais), a coabitação ou quantidade de pessoas excessiva e pelo fato de uma moradia não ser construída para habitação.

Dentre as regiões com o maior déficit habitacional absoluto destacam-se o Sudeste e o Nordeste com, respectivamente, 2,246 e 1,844 milhão de moradias em 2013. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2015)

Com o crescimento de uma cidade e o consequente crescimento da população, não é difícil de encontrar um quadro de moradias insuficientes e, na maioria das vezes, precárias, o que faz com que a questão habitacional seja uma das questões mais sérias enfrentadas nas cidades.

De acordo com o Ipea (2013 apud GIBSON, 2013), o quadro da moradia está ligado a uma vida digna, e se torna uma questão complexa e crítica da habitação no país e no Rio Grande do Norte, e a população mais carente, cuja renda é abaixo dos três salários mínimos, são as que sofrem mais as pressões durante o mês, pois tem que possuir a capacidade do pagamento de aluguéis, não podendo arcar com empréstimos e financiamentos habitacionais.

Santos (2014) ressalta que é:

Importante destacar que o foco atualmente das políticas vem sendo a população de baixa renda, que minimizam taxas de juros para a obtenção de financiamento de imóveis. A solução para o quadro de necessidades habitacionais do Brasil requer bastante estudo do problema e implementação de políticas públicas capazes de efetivamente buscar soluções para esse grave problema da população mais pobre do Brasil.

3.2 TIJOLO SOLO-CIMENTO

No Brasil as pesquisas com solo-cimento se destacaram após a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) regulamentar a sua aplicação a partir de 1930. Em 1948, a

ABCP recomendou o uso do solo-cimento em paredes monolíticas quando publicou o boletim N° 54 – Casa de Paredes de solo-cimento – e por isso no Brasil, o primeiro registro oficial do emprego do solo-cimento em construções foi em 1948 na construção da sede da “Fazenda Inglesa” na cidade de Petrópolis-RJ. (CABALA, 2007)

A ABNT define solo-cimento como o produto endurecido resultante do processo de cura da união de solo, água e cimento compactados em proporções preestabelecidas conforme a NBR 12253 (1992) e executados de acordo com os procedimentos enunciados na NBR 12254 (1990). É um produto conhecido por apresentar boas características como: resistência à compressão, durabilidade e impermeabilidade (PINHEIRO, 2010), bem como baixa retração volumétrica, depois de curado.

Diversas variedades de tijolos solo-cimento são fabricadas no Brasil para atender às necessidades de cada obra como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Tipos de tijolos de solo-cimento.

<i>Tipo</i>	<i>Dimensões</i>	<i>Uso</i>	<i>Exemplo</i>
Tijolo maciço comum	(5 x 10 x 20) cm	Assentamento de alvenaria semelhante ao tijolo convencional	
Tijolo maciço com encaixe	(5 x 10 x 21) cm	Assentamento com baixo consumo de argamassa	
½ tijolo com encaixe	(5 x 10 x 10,5) cm	Elemento para conectar as juntas e amarrações sem necessidade de quebras.	
Tijolo com dois furos e encaixe	(5 x 10 x 20) cm (7 x 12,5 x 25) cm (7,5 x 15 x 30) cm	Assentamento a seco, com cola rança ou argamassa plástica. As tubulações das instalações hidrosanitárias, elétricas e outras, passam pelos furos.	
½ tijolo com furo e encaixe	(5 x 10 x 10) cm (7 x 12,5 x 12,5) cm (7,5 x 15 x 15) cm	Elemento para conectar as juntas e amarrações sem necessidade de quebras.	
Caneletas	(5 x 10 x 20) cm (7 x 12,5 x 25) cm (7,5 x 15 x 30) cm	Empregado em execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagem de tubulações horizontais.	

Fonte: Lima, 2010.

Segundo o SEBRAE, as vantagens do tijolo de solo-cimento vão além das ambientais, servindo também para a economia no processo construtivo, conforto e estética. De acordo

com estudos realizados em todo o Brasil, (...) tijolos ecológicos trazem para a obra de 20 até 40% de economia com relação à construção convencional.

Conforme SEBRAE (apud OSCAR NETO, 2010), Silva (2005), Rodrigues (2008) e Silva (2011), essa técnica construtiva possui outras vantagens, dentre as quais pode-se citar:

- A retirada do solo para utilização se realiza em lugares próximos ou no próprio local da obra reduzindo os custos com extração e transporte do mesmo;
- A produção do tijolo não requer mão de obra especializada porque sua tecnologia de construção é simples. Grupos familiares e comunitários podem ser formados reduzindo gastos econômicos e energéticos;
- A alvenaria com tijolos solo-cimento quando comparada à alvenaria de tijolos cerâmicos apresenta bom isolamento térmico, pois a “terra crua” é má condutora de calor e acústico por causa dos seus furos que formam regiões de ar que dificultam a passagem de ondas sonoras;
- As construções com solo-cimento são resistentes ao fogo e mais higiênicas por não proporcionar condições para acomodação e propagação de insetos nocivos à saúde;
- Muito resistentes ao desgaste e à umidade reduzindo os gastos com manutenção visto que sua resistência é alta e apresenta boa impenetrabilidade;
- As peças prensadas apresentam faces lisas que requerem apenas uma pintura simples para aumentar a impermeabilidade da parede e, por conseguinte não precisa de nenhum revestimento como emboço, por exemplo;
- O gasto com energia é bastante reduzido por não ser necessário queimar as peças produzidas, principalmente quando comparadas ao processo de produção por prensagem manual;
- Redução em 30% do tempo de construção em relação à alvenaria convencional;
- Estrutura – os encaixes e colunas embutidas nos furos distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes;
- Redução do uso de madeira para forma de vigas e pilares quase a zero;
- Economia de concreto e argamassa em cerca de 70%;
- Economia de 50% de ferro.

Lima (2013), com a finalidade de fazer uma análise quanto à viabilidade dos blocos de terra compactado (BTC) de solo-cimento fez um levantamento quanto aos preços e custos para comparação com os tijolos convencionais (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparativo entre BTC de solo-cimento x tijolo convencional.

BTC de Solo-cimento de 12,5 x 25 x 7,5cm					Alvenaria convencional 11,5 x 24 x 14 cm				
Material	Un.	Quantid.	Preço	Total	Material	Un.	Quantid.	Preço	Total
1. Parede									
Blocos	pç	360	0,70	252,00	Blocos	pç	235	0,55	129,25
Cimento	kg	12	-	-	Cimento	kg	12	0,30	3,6
Areia	m³	0,13	-	-	Areia	m³	0,13	69,90	9,1
Cal	kg	20	-	-	Cal	kg	20	0,20	4,0
2. Pilares dentro dos furos (3 grautes) de 2,90m									
Areia	m³	0,12	69,7		Areia	m³	0,12	69,7	8,36
Cimento	kg	8	0,3		Cimento	kg	8	0,3	2,4
Pedrisco	m³	0,1	55		Pedra	m³	0,1	59	5,9
Tábua caixaria 15cm	ml	18	-	-	Tábua caixaria 15cm	ml	18	1,99	35,82
Ripa travamento caixaria	ml	3	-	-	Ripa travamento caixaria	ml	3	1,1	3,3
Pregos	kg	0,5	-	-	Pregos	kg	0,5	4,1	2,05
Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8	Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8
Ferrote 4,2mm estribos	ml	6,5	-	-	Ferrote 4,2mm estribos	ml	6,5	0,6	3,9
Arame amarras	kg	0,25	5,9	1,48	Arame amarras	kg	0,25	5,9	1,48
3. Canaleta 0,10 x 0,10 x 3,0 (2 canaletas)									
Areia	m³	0,02	69,9	1,4	Areia	m³	0,02	69,9	1,4
Cimento	kg	10,5	0,3	3,15	Cimento	kg	10,5	0,3	3,15
Pedrisco	m³	0,02	59	1,18	Pedra	m³	0,02	59	1,18
Tábua caixaria 15cm	ml	24	-	-	Tábua caixaria 15cm	ml	24	1,99	47,76
Ripa travamento caixaria	ml	3	-	-	Ripa travamento caixaria	ml	3	0,6	1,8
Pregos	kg	0,5	-	-	Pregos	kg	0,5	4,1	2,05
Ferro 8mm armadura	ml	6	1,4	8,4	Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8
Ferrote 4,2mm estribos	ml	4,42	-	-	Ferrote 4,2mm estribos	ml	4,42	0,6	2,65
Arame amarras	kg	0,05	5,9	0,3	Arame amarras	kg	0,05	5,9	0,3
4. Reboco 16,20m²									
Areia	m³	0,58	-	-	Areia	m³	0,58	69,9	40,54
Cimento	kg	25	-	-	Cimento	kg	25	0,3	7,5
Cal	kg	80	-	-	Cal	kg	80	0,2	16
5. Pintura 16,20m²									
Massa corrida	gl	3	-	-	Massa corrida	gl	3	14,9	44,7
Selador alvenaria	gl	1	-	-	Selador alvenaria	gl	1	17,9	17,9
Tinta ou silicone impermeável	gl	1	40	40	Tinta ou silicone impermeável	gl	1	26,9	26,9
Custo total BTC de solo-cimento				R\$ 332,57	Custo total alvenaria convencional				R\$ 456,57

Fonte: Lima, 2015.

Nesse levantamento mostrou-se que apesar da quantidade de blocos utilizados e do custo do componente de construção, o BTC de solo-cimento, ser maior que o da alvenaria convencional, a construção de uma parede de 8,10m² em BTC de solo-cimento poderia ter o custo total reduzido em aproximadamente 27%.

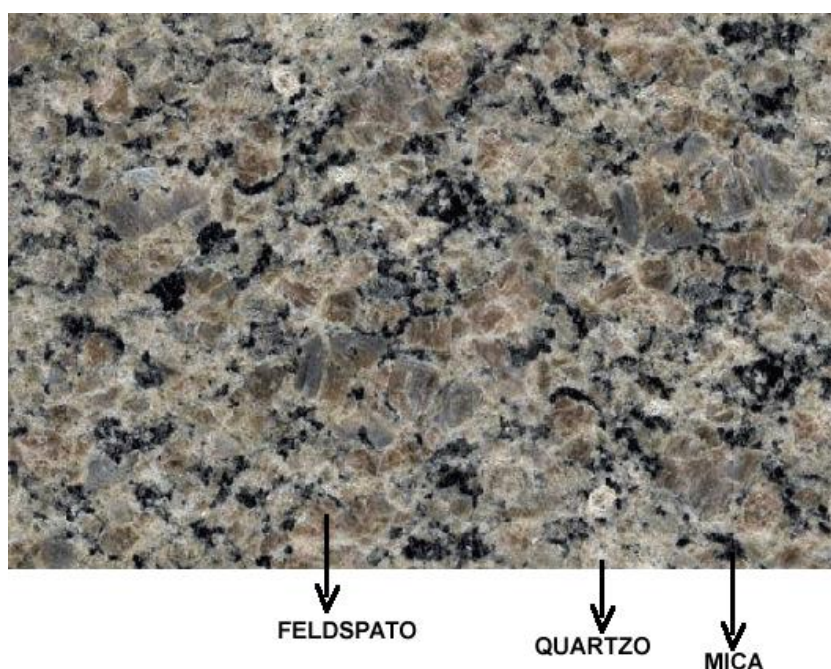
Ainda segundo Lima (2013), contribuem neste valor a produtividade do componente:

- A diminuição do desperdício quando no recorte das paredes para instalações;
- A economia com revestimento interno (chapisco, emboço e reboco);
- Economia na quantidade de argamassa para assentamento.

3.3 O GRANITO

O granito resulta da cristalização do magma ácido, formado pelos minerais de quartzo, feldspato, mica, em profundidade (Figura 2). Por isso é uma rocha ígnea ou magmática, que sendo menos densa que os materiais do interior da Terra, ascende até certo ponto, ainda no seu interior. Como vão se formando outros granitos por baixo, vão empurrando o granito, anteriormente formado, até à superfície da Terra, fazendo ceder o solo para poder passar.

Figura 2– Granito.



Fonte: Modificado pelo autor, (Casa e Construção, 2016).

Grotzinger (2013) relata em seu livro que James Hutton, um dos fundadores da geologia, observou que o granito cortava e rompia as camadas de rochas sedimentares, que ele de alguma forma havia fraturado e invadido as rochas, embora tenha entrado à força nas fraturas, como um líquido (Figura 3). Então ele começou a prestar atenção nas rochas sedimentares quando em contato com o granito e observou que essas eram diferentes de outras rochas sedimentares que não tiveram esse contato. Logo, chegou a conclusão que as mudanças nas rochas sedimentares teriam de ser resultantes de forte aquecimento e que o calor teria de ser proveniente do granito. Com isso, Hutton propôs que o granito deveria ter sido formado a partir de um material fundido quente, que se solidificava nas profundezas da terra.

Figura 3— Intrusão granítica.



Fonte: Grotzinger, 2013.

Ainda segundo Grotzinger (2013) outros geólogos ao verem as mesmas características dos granitos em outros vários locais do mundo muito distantes entre si, vieram a reconhecer que o granito e outras rochas cristalinas grossas eram produtos de magmas que se cristalizavam lentamente no interior da terra.

Lima et al (2010) caracterizaram fisicamente o resíduo de granito e obteve os seguintes resultados para a composição granulométrica: 16,93 % equivalente à fração argila ($< 2 \mu\text{m}$); 81,61 % equivalente a fração silte ($2 \mu\text{m} < X < 60 \mu\text{m}$) e 18,39 % equivalente a fração areia ($60 \mu\text{m} < X < 2000 \mu\text{m}$), e calcularam o diâmetro médio de suas partículas, encontrando o resultado de $13,87 \mu\text{m}$, comprovando a baixa granulometria do resíduo.

Silva et al. (2015) realizou uma análise química de resíduo de granito e verificou que ele é constituído basicamente por Dióxido de Silício (SiO_2), Óxido de Alumínio (Al_2O_3), Óxido de Ferro (Fe_2O_3) e Óxido de Cálcio (CaO) que corresponde a cerca de 87%. Os altos teores de SiO_2 e Al_2O_3 obtidos são típicos de rochas ígneas graníticas. As presenças de Fe_2O_3 e CaO estão provavelmente relacionadas aos constituintes do próprio resíduo, assim como a adição de granalha e óxido de cálcio como lubrificante e abrasivo no processo de corte/serragem do granito.

A sílica (SiO_2) é abundante na maioria das rochas ígneas e representa 40 a 70% do seu peso total (GROTZINGER, 2013). O que podemos ver que é verdade pela Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química do granito.

Composto	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	MgO	Fe_2O_3	SO_3	CaO	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	Outros
Teor (%)	49.39	18.52	3.40	4.11	12.47	0.37	6.33	2.6	1.96	0.57	0.28

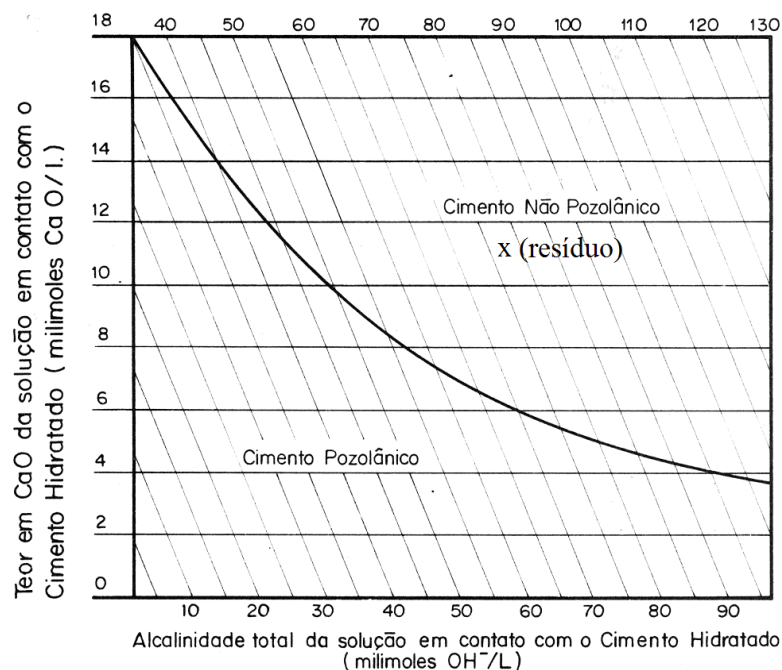
Fonte: Silva et al., 2015.

Lopes (2007) calculou o diâmetro das partículas do resíduo de beneficiamento de granitos e verificou que a faixa de variação do diâmetro foi de 7 a $19 \mu\text{m}$, concluindo que o resíduo pode ser considerado um fíler. Os fíleres que, apresentam diâmetro médio abaixo de $50 \mu\text{m}$, podem contribuir no preenchimento de vazios deixados pelos produtos de hidratação do cimento, afirma Gonçalves (2000).

Lopes (2007) utilizou também o método de Fratini para analisar a atividade pozolânica do resíduo. Os procedimentos feitos neste método são descritos pela norma NBR 5753 (ABNT, 1991). O resultado deste ensaio é uma curva de saturação do hidróxido mostrado na Figura 4, em função da alcalinidade, que avalia se os materiais estudados comportam-se como cimento pozolânico. Se o resultado apresentado estiver acima da curva, então o material em estudo é não pozolânico, se estiver abaixo ocorrerá o oposto. Percebe-se, pela Figura 4, que o

resíduo se encontra acima da curva, concluindo novamente que o resíduo não apresenta atividade pozolânica.

Figura 4– Gráfico da Curva de Saturação do Hidróxido de Cálcio- CaO (OH)₂.



Fonte: Lopes, 2007.

De acordo com a NBR 12653/1992, pozolana é um material natural ou artificial que contém sílica em forma reativa. A exemplo da definição dada pela American Society for Testing and Materials (ASTM), em sua norma C 125-03, pozolanas são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

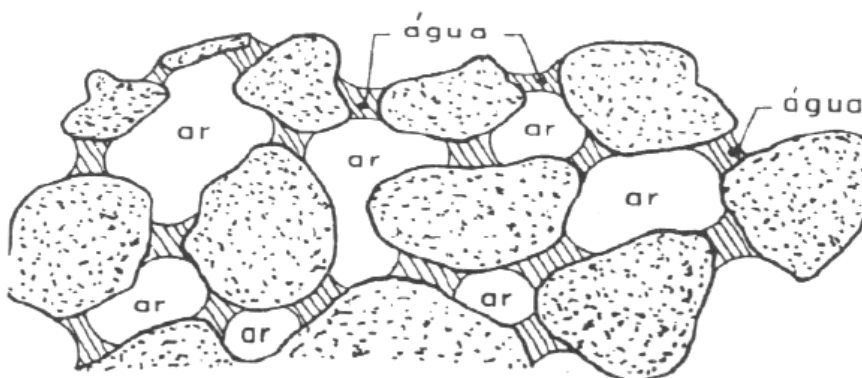
3.4 MATÉRIAS PRIMAS DO TIJOLO SOLO-CIMENTO

3.4.1 Solo

Segundo Castro (2008), o solo é um conjunto de minerais, orgânicos, água e ar, não consolidados, normalmente localizados à superfície da terra, com atividade biológica e capacidade para suportar a vida das plantas. Da decomposição de rochas que inicialmente constituíam a crosta terrestre, se originam os solos.

Grande (2003) já é mais específico quanto à composição do solo, afirmando que ele é um conjunto de partículas sólidas resultantes da desagregação de rochas por ações físicas ou químicas, com água (ou outro líquido) e ar em seus espaços intermediários, como mostra a Figura 5.

Figura 5— Estrutura do solo.



Fonte: Grande, 2003.

Na composição do solo-cimento, o solo é o material que entra em maior proporção, mas não pode ser qualquer solo. Para Silva et al. (2008), o solo ideal deve conter 15% de silte mais argila, 20% de areia fina, 30% de areia grossa e 35% de pedregulho, já que exigem baixo consumo de cimento. A Portland Cement Association (1969), afirma que os solos arenosos e pedregulhosos, contendo cerca de 65% de areia, e teor de silte mais argila variando de 10% a 35%, são excelentes materiais para a obtenção do solo-cimento com economia e qualidade.

A areia pura não contém argila, logo é inadequada para o solo-cimento, pois acabaria produzindo blocos de concreto ao invés de tijolos de solo-cimento. O solo argiloso, que contém mais argila do que areia, também é inadequado, já que requer uma quantidade maior de cimento, dificultando a misturar e compactação. Este tipo de solo pode ser corrigido com a adição de areia, as correções, porém devem respeitar os limites econômicos e técnicos. (GRANDE, 2003)

Souza et al (2013), argumentam que o solo ideal para fabricação do tijolo ecológico, deverá ter algumas características para que o bloco possa atender alguns requisitos, como ter uma boa Resistência mecânica, Impermeabilidade, durabilidade e exigências estéticas que deverão ser registradas e analisadas em laboratório.

Os limites de liquidez e de plasticidade (limites de Atterberg) são valores que representam a trabalhabilidade dos materiais cerâmicos, ou seja, representam a transição entre os estados líquido – plástico – semi-sólido – sólido. (CARVALHO, 2004)

Em função disso, Lima (2010) diz que:

O limite de liquidez (LL) caracteriza a quantidade de água que adicionada ao solo é capaz de causar perda de coesão de suas partículas; e o limite de plasticidade (LP) é caracterizado pelo momento em que, se retirado progressivamente a umidade do solo, este passa do estado plástico para o estado semi-sólido.

A diferença entre o LL e o LP denomina-se índice de plasticidade (IP), que tem sua classificação mostrada na Tabela 3. Os limites de Atterberg descrevem o estado físico do solo e estão diretamente ligados as variações de volume por absorção de água.

Tabela 3 - Classificação do solo quanto à plasticidade.

Classificação	IP
Não plástico	0
Pouco Plástico	1-7
Plasticidade média	7-15
Muito Plástico	>15

Fonte: Varela, 2016.

Conforme a norma NBR 10833 (2012), o solo deve atender às características apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características do solo.

Característica	Condições (%)
% do material que passa na peneira ABNT 4,8mm (n.º 4)	100
% do material que passa na peneira com abertura de malha 0,075mm (nº200)	10-50
Limite de liquidez	≤ 45
Índice de plasticidade	≤ 18

Fonte: NBR 10833, 2012.

Valendo salientar que tais resultados são verificados em laboratório através dos ensaios de granulometria por peneiramento e sedimentação e dos limites de plasticidade e de liquidez.

Com isso podemos afirmar que, comparando com a NBR 10833:2012, o solo para o tijolo solo-cimento não deve ser, quanto à sua plasticidade, muito plástico.

3.4.2 Cimento

De acordo com Mieli (2009), o cimento também pode ser definido como um aglomerante hidráulico obtido pela trituração do clínker, com adição do gesso (que serve como regulador do tempo de início da hidratação ou tempo inicial de “pega”) e outras substâncias que determinam o tipo de cimento.

No Brasil existem diversos tipos de cimento classificados pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), como mostra a Tabela 5 a seguir.

Tabela 5– Tipos de Cimento Portland.

Sigla	Tipo	Norma ABNT
CP I	Cimento Portland Comum	5732
CP I-S	Cimento Portland Comum com Adição	5732
CP II-E	Cimento Portland Composto com Escória	11578
CP II-Z	Cimento Portland Composto com Pozolana	11578
CP II-F	Cimento Portland Composto com Fíler	11578
CP III	Cimento Portland de Alto-Forno	5735
CP IV	Cimento Portland Pozolânico	5736
CP V-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	5733
RS	Cimento Portland Resistente a Sulfatos	5737
BC	Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação	13116
CPB	Cimento Portland Branco	12898

Fonte: ABCP, 2016.

Mieli (2009) cita que a adição de cimento ao solo permite-se obter um material com as seguintes vantagens:

- Absorção e a perda de umidade do material não causam variações volumétricas consideráveis;
- O material não se deteriora quando submerso em água;
- Há aumento de resistência à compressão;
- É mais durável, pois possui uma menor permeabilidade.

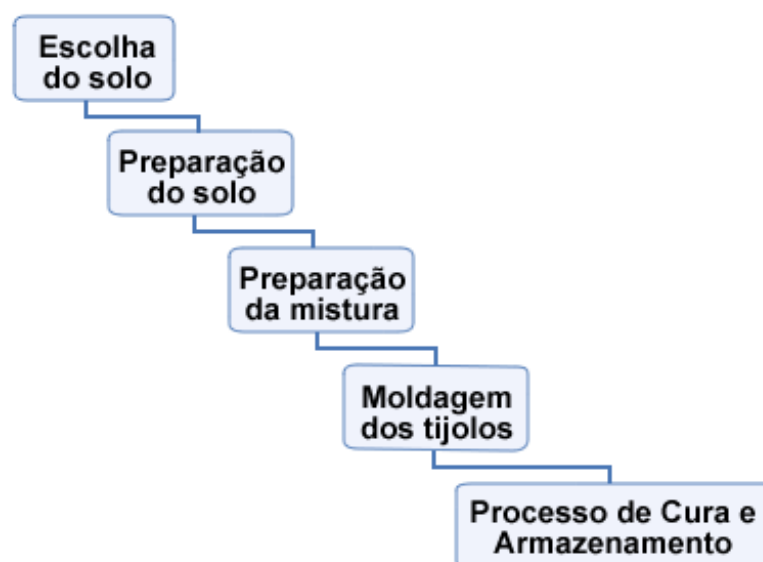
3.4.3 Água

Para a confecção de tijolos solo-cimento a ABNT em sua norma 10833:2012 diz que a água a ser utilizada deve ser isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento.

3.5 FABRICAÇÃO DO TIJOLO SOLO-CIMENTO

No processo de fabricação de tijolos de solo-cimento várias etapas são seguidas como mostra a Figura 6.

Figura 6– Fluxograma do processo de fabricação de tijolos do tipo solo-cimento.



Fonte: Modificado pelo Autor (Silva, 2013).

Lima (2010) diz que o primeiro passo antes da preparação do solo-cimento é a escolha do traço, ou seja, a dosagem dos componentes, a qual deve ser estudada com cuidado, tendo por base as propriedades necessárias para cada aplicação. Em geral, traços 1:9 e 1:10 são satisfatórios.

A escolha do traço apropriado, segundo Lima (2010), deve ser o que apresentar menor consumo de cimento e atender aos critérios de resistência à compressão e absorção de água apresentado na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6- Valores especificados de resistência à compressão e de absorção de água.

Característica (aos 28 dias)	Média	Individual
Resistência à compressão	$\geq 2,0 \text{ MPa}$	$\geq 1,7 \text{ MPa}$
Absorção de água	$\leq 20\%$	$\leq 22\%$

Fonte: Modificado pelo autor (NBR 10834, 1994).

Para a fabricação do tijolo solo-cimento, Grande (2003) descreve os procedimentos realizados nas seguintes etapas:

- Preparação do solo: corresponde em destorrar e peneirar o solo seco;
- Preparo da mistura: adiciona-se o cimento ao solo e realiza-se uma mistura dos materiais secos. Logo em seguida adiciona-se água e mistura até uniformizar a umidade no solo;
- Moldagem dos tijolos: A mistura é colocada no equipamento (prensa) e procede à prensagem e à extração do tijolo ou do bloco;
- Cura e armazenamento: durante os 7 primeiros dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos por imersão ou aspersão manual.

3.6 PROPRIEDADES TÉRMICAS

3.6.1 Condutibilidade e Condutividade Térmica

Pereira (2015), define condutibilidade térmica como a quantidade de calor que atravessa 1m^2 de um material com uma espessura de 1m , durante 1 hora, com uma diferença de 1°C entre as superfícies opostas, ou seja, a condutibilidade térmica permite conhecer o comportamento térmico do material no que diz respeito à transferência de calor.

A condutividade térmica expressa a habilidade de um material em conduzir calor, ou seja, materiais com condutividade térmica alta são bons condutores de calor e condutividade

baixa caracterizam os materiais designados como isolantes. Ela é definida pela Equação 1 a seguir.

$$K = \frac{q_k / A}{\left| \frac{dT}{dx} \right|} \quad (1)$$

Onde:

K: Condutividade térmica do material (W/(m.K))

q_k: Fluxo de calor (W)

A: Área perpendicular ao fluxo de calor (m²)

dT: Temperatura (°C ou K)

dx: Comprimento que atravessa o fluxo de calor (m)

3.6.2 Tijolo Solo-Cimento

Silva (2010), em um estudo chegou ao resultado ao que se refere à condutibilidade térmica do tijolo solo-cimento.

Meukan et al. (2004) realizaram um estudo experimental a fim de determinar as propriedades de diferentes tipos de solo, de determinada região, para ser utilizado na produção de tijolos prensados e estabilizados com cimento.

Ambos os resultados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7- Condutibilidade e Condutividade Térmica do Tijolo Solo-cimento.

Material	Condutibilidade Térmica (W/mK)	Condutividade Térmica (W/mK)
Tijolo Solo-Cimento	0,38	0,95

Fonte: Modificado pelo autor (SILVA, 2010 e MEUKAN, 2004).

Os principais critérios apontados pelo CEPED para uma parede de solo-cimento obter uma resistência térmica eficiente são:

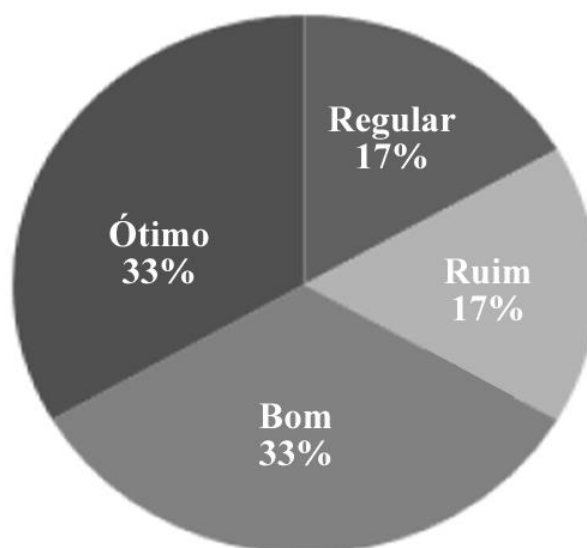
- Características da mistura de solo-cimento;
- Inércia térmica;

- Maior espessura;
- Pintura externa.

Para Didoné (2015) o material solo-cimento apresenta propriedades físico-térmicas favoráveis ao bom desempenho térmico no zoneamento bioclimático brasileiro.

Oliveira (2012), por meio de avaliação de satisfação pós-ocupação de casas construídas com tijolo solo-cimento no interior da Paraíba, constatou que 66% dos moradores consideram pelo menos bom o conforto térmico proporcionado (Figura 7).

Figura 7 - Satisfação com o conforto térmico proporcionado pelas residências construídas com tijolo solo-cimento no interior da Paraíba.



Fonte: Modificado pelo autor (Oliveira, 2012).

3.6.3 Granito

De acordo com Silva (2010), condutividade térmica de uma rocha é condicionada pela condutividade térmica dos minerais que a compõe. Essa propriedade regula a quantidade de calor possível de ser transmitida por unidade de tempo através de uma superfície sob determinado diferencial de temperatura.

O quartzo (SiO_2), componente do granito, é um bom condutor de calor de modo que as rochas mostram uma tendência crescente de condutividade térmica com a proporção de quartzo. Assim, quanto mais ácida for a rocha maior será sua condutividade térmica.

Conforme Pereira (2015), a condutibilidade térmica da pedra de granito revela-se elevada em comparação com outras rochas mais porosas, como o basalto, mas apresenta

valores inferiores quando comparado com o mármore. Logo, por possuir um maior valor de condutibilidade térmica, conduzem energia térmica com mais facilidade.

Na Tabela 8 são mostrados valores referentes à condutividade térmica e condutibilidade térmica do granito.

Tabela 8 - Condutividade, Condutibilidade, Calor Específico do granito.

Condutividade Térmica ($\text{Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$)	Condutibilidade Térmica ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)
2,6	2,8

Fonte: Silva (2010) e Pereira (2015).

Para os granitos, a condutividade térmica varia de 2,5 a 4 $\text{Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$ com a fração de quartzo variando de 20 a 35%. (Birch e Clark, 1940)

Nas rochas com porosidade abaixo de 1 %, como as ígneas e as metamórficas, a condutividade térmica é pouco influenciada pelos espaços dos poros. Contudo, o grau de saturação dos poros deve ser considerado já que os espaços secos aumentam a resistência ao transporte de calor entre os grãos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante a falta de estudos relacionados às propriedades térmicas do tijolo solo-cimento quando incorporado a ele resíduo de granito, o presente trabalho busca agora fazer uma estimativa de tal propriedade quando se há essa incorporação, voltando para a realidade climática ao qual estamos inseridos.

A cidade de Pau dos Ferros que está situada na Mesorregião Oeste, microrregião de Pau dos Ferros, distante 400 Km de Natal, capital do Estado, possui clima semiárido, cujas principais características são a baixa nebulosidade, a forte insolação e as elevadas temperaturas, o que ocasiona em elevados índice de evaporação e grande déficit hídrico. As chuvas se encontram em um curto período de tempo, entre fevereiro e maio, de maneira bastante irregular. A temperatura média anual é de 26,7 °C, sendo dezembro o mês mais quente (27,9 °C) e junho o mais frio (25,5 °C). A umidade relativa do ar média anual é de 66% e a insolação chega a 2.700 horas por ano. (FERNANDES, 2014)

Ao lado de Caicó e Mossoró, Pau dos Ferros está entre as cidades mais quentes do Rio Grande do Norte.

Mediante a região na qual a cidade de Pau dos Ferros está inserida, faz-se saber que a construção utilizando esse método construtivo tem um bom desempenho térmico, como comprovou Oliveira (2012) em seu trabalho de avaliação pós-ocupação de habitações construídas com solo-cimento no interior da Paraíba. Isso se deve pelo fato do tijolo solo-cimento por si só conferir à construção um bom isolamento térmico, ficando isso visível no item 3.6.2, por ter baixa condutividade térmica. Fato que se pode observar através das afirmativas de Torgal e Jalali (2011) que a condutibilidade térmica das paredes de terra crua corresponde à metade da condutibilidade das paredes em tijolos cerâmicos, isso porque as paredes de terra compõem um bom isolante térmico, que por sua vez aprisiona o ar nas pequenas cavidades do material sólido, consequentemente, dificulta a passagem de calor por condução e as grandes oscilações de temperatura no ambiente interno.

A partir disto, pode-se perceber a condição favorável ao uso do solo-cimento, em contrapartida, há poucos estudos científicos observando o comportamento térmico de edificações construídas com estes materiais gerando um empirismo, não bem esclarecido, no meio da construção civil, como diz Didoné (2015) em seu estudo sobre as propriedades do solo-cimento e seu desempenho térmico nas edificações na cidade de Campo Grande/RS, onde ele diz que o solo-cimento não apresenta satisfatório desempenho térmico para a região estudada e não demonstra comportamento superior ao material de cerâmica vermelha.

Porém, em contrapartida ao solo-cimento, tem-se o granito com a condutividade térmica consideravelmente elevada, como mostrado na Tabela 8, sendo assim caracterizado como um material não isolante, ou seja, condutor térmico, como um material dissipador de calor. Figueiredo (2006) explanou que para a aplicação de materiais rochosos nos mais variados ambientes deve-se levar em consideração que estes não são os melhores isolantes térmicos.

Logo, pode-se dizer que a incorporação de resíduo de granito no tijolo solo-cimento visando a construção de casas de baixo custo com um bom desempenho térmico não se faz muito viável para a região na qual estamos inseridos, pois para atingir um bom nível de isolamento térmico as paredes devem ser mais espessas, o que resultaria numa maior quantidade de material, resultando assim num maior custo para a construção. O que vai de contra ao conceito de construção de baixo custo advindo do tijolo solo-cimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostrados neste trabalho contribuem para o conhecimento das propriedades térmicas do tijolo solo-cimento e do granito de forma individual, utilizando teses, dissertações, livros e artigos que abordam a temática abordada, com a finalidade, pela falta de estudos, de fazer uma estimativa da propriedade térmica da incorporação solo-cimento-granito, tendo em vista que a região do semiárido nordestino, na qual estamos inseridos, apresentam altas temperaturas ao longo do ano. Podendo assim concluir que, de forma individual, o tijolo solo-cimento apresenta propriedades térmicas favoráveis ao isolamento térmico para a região, proporcionando um conforto térmico relativamente melhor quando comparado à construções com tijolo de cerâmica, porém, em contrapartida, a sua utilização em regiões com o clima mais ameno, mais frio como a região Centro-Oeste do país não se faz economicamente viável a sua utilização e seu desempenho térmico chega a ser do mesmo patamar que o tijolo de cerâmica. E quando se fala no granito podemos chegar a conclusão que ele por si só não tem propriedades isolantes, o que faz dele um condutor térmico, não conferindo ao ambiente uma boa propriedade térmica, porém em termos ambientais o seu reaproveitamento se faz eficiente, pois dá um destino ao resíduo que não seja a natureza, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável. Logo, a incorporação do resíduo de granito ao tijolo solo-cimento pode não proporcionar um bom conforto térmico na região do semiárido, porém esse reaproveitamento do resíduo se faz valer o conceito de sustentabilidade quando empregado à construção civil, buscando assim por métodos auxiliares aos tradicionais, como é o caso do tijolo solo-cimento.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Cimento Portland. A versatilidade do cimento brasileiro. 2016. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro/>>. Acesso em: 19 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5753: Cimento Portland pozolânico: determinação da pozolanicidade. Rio de Janeiro, 1991.

ASTM International Standards. C 125 – 03: Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. United States.

Casa e Construção. 2016. Disponível em: < <http://casaconstrucao.org/wp-content/uploads/2015/02/granito-ocre-cinza.jpg>>. Acesso em: 131 out. 2016.

CABALA, G. V. E. Estudo do comportamento mecânico de estruturas de solocimento reforçado com fibras de coco e hastes de bambu. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) –Natal – RN, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO - CEPED. PROGRAMA THABA – Camaçari / BA. Manual de Construção com Solo-Cimento. São Paulo, 1984.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.2, n.4, p.01-13, Sem II. 2008.

DIDONÉ, Katia Rosa. CONTRIBUIÇÃO NO ESTUDO DE PROPRIEDADES DO SOLO CIMENTO PARA O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES NA ZONA BIOCLIMÁTICA 6. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

FERNANDES, Israel Vianney. INFORMAÇÕES PARA VOCÊ QUE VEM A PAU DOS FERROS....SEJA BEM VINDO!! 2014. Disponível em: <<http://culturapauferrense.blogspot.com.br/2014/09/informacoes-para-voce-que-vem-pau-dos.html>>. Acesso em: 24 out. 2016.

FIGUEIREDO, Edgar Romeo Herrera de. Condutividade Térmica das Rochas: Uma aplicação para Granitos Ornamentais. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

Fundação João Pinheiro. DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL 2013: RESULTADOS PRELIMINARES. Belo Horizonte, 2015.

GIBSON, Felipe. RN é o segundo estado do Nordeste em aumento de déficit habitacional. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2013/11/rn-e-o-segundo-estado-do-nordeste-em-aumento-de-deficit-habitacional.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

GONÇALVES, J. P. (2000) Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Porto Alegre - RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 120 p.

GRANDE, F. M. (2003) Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – São Carlos - SP, Universidade de São Paulo, 165p.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. Para entender a terra. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 738 p.

LIMA, R. do Carmo de Oliveira. Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.

LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira. BLOCOS DE TERRA COMPACTADA DE SOLO-CIMENTO COM RESÍDUO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO:: CARACTERIZAÇÃO PARA USO EM EDIFICAÇÕES. 2013. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

LIMA, R. C. O.; NEVES, G. A.; CARVALHO, J. B. Q.; (2010) Durabilidade de tijolos de solo-cimento produzidos com resíduo de corte de granito. REMAP- Revista Eletrônica de Materiais e Processos. Campina Grande-PB. V. 5.5, 24-31p.

LOPES, J. L. M. P.; (2007) Influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, nas propriedades do concreto. Dissertação (Mestrado em engenharia do Meio Ambiente) – Goiânia – GO, Universidade Federal de Goiás.

MARTINEZ, Cláudia. HEIDER, Mathias. Rochas ornamentais e de revestimentos. DNPM: Sumário Mineral 2011.

MEUKAM et. al. Thermo physical characteristics of economical building materials. Construction and Building Materials, vol. 18, pag 437–443, Mar. 2004.

MIELI, P. H. Avaliação do Tijolo Modular de Solo-cimento como Material na Construção Civil. Monografia (Graduação em Engenharia dos Materiais). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MIRANDA, R. A. C. Viabilidade Técnica da Aplicação de Resíduo de Beneficiamento de Mármore e Granito em Tijolos de Solo-Cimento. Dissertação de mestrado. Goiânia - GO: Escola de Engenharia Civil - EEC, Universidade Federal de Goiás - UFG, 2007.

OLIVEIRA, Bárbara Marega da Silva; FERREIRA, Dartiane Nascimento. Avaliação Pós-Ocupação de habitações construídas com tijolo solo-cimento, no interior da Paraíba. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. Anais. Palmas2012.

O QUE É REVISÃO DA LITERATURA ? Elaborado pelo INSTITUTO DE PSICOLOGIA - USP BIBLIOTECA DANTE MOREIRA LEITE. Disponível em: <<http://www.ip.usp.br/portal/images/biblioteca/revisao.pdf>>. Acesso em: 13 setembro 2016.

PENHA, J. R. B.; MOREIRA, G. S. S.; BARATA, M. S. Fabricação de tijolo solo-cimento com substituição parcial do solo natural por resíduo da construção e demolição para construção de casas populares de baixo custo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 49, 2007, Bento Gonçalves. Anais... São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 16 p., 2007.

PEREIRA, Marta Liliana Faria. CARATERIZAÇÃO TÉRMICA DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM XISTO E EM GRANITO. 2015. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, Vila Real, 2015.

PINHEIRO, R. J. B.; SOARES, J. M.D. (2010) Utilização de solos arenosos para obtenção de tijolos de solo-cimento. Revista Cerâmica industrial, v. 15, n. 5-6. 30- 36p.

PCA - PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Soil-Cement Construction handbook. Illinois, 42p, 1969.

ROLIM, M. M.; FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos de prova, tijolos e painéis de solo-cimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 89-92, 1999.

RODRIGUES, M. L. A. (2008) Adição de resíduos de argamassas mistas na produção de tijolos modulares de solo-cimento. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Goiânia – GO, Universidade Federal de Goiás.

SANTOS, Natanaelyfle Randemberg Gomes dos. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA, TÉRMICA E ACÚSTICA DE UM COMPÓSITO QUE UTILIZA REJEITOS DE MÁRMORE, GRANITO E EPS PARA A FABRICAÇÃO DE BLOCOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. 2014. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SILVA, D. da, C. C., Sc: Sustentabilidade Corporativa. In: Anais VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT, Resende, RJ, 2009.

SEBRAE. Como montar uma fábrica de tijolos ecológicos. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-tijolos-ecologicos,ce387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 14 out. 2016

SILVA, Luisa Thaynara Muricy de Souza; SEVERO, Cibelle Guimarães Silva; BEZERRA, Ulisses Alencar. Utilização do resíduo de granito como substituição parcial do cimento na produção de concreto. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTEC, 72 SOEA, 2015, Fortaleza.

SILVA, A. P. M. (2013) O uso do Tijolo de solo-cimento na construção civil. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

SILVA, M. V. (2011) Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) – Materiais -São Paulo - SP. Universidade de São Paulo, USP.

SILVA, Cleriston Ferreira. CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO EM ROCHAS ÍGNEAS E METAMÓRFICAS: COMPORTAMENTO ISOTRÓPICO E ANISOTRÓPICO. 2010. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Geofísica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SILVA, Wilson M. et al. ANÁLISE TERMOFÍSICA E MECÂNICA DE TIJOLOS DE SOLO CIMENTO CONFECCIONADOS COM A ADIÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 2010, Canela. Artigo. 2010.

SILVA, S. R. (2005) Tijolos de solo - cimento reforçado com serragem de madeira. Dissertação (Mestrado em Engenharias de Estrutura) - Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

SILVA, E. P., J. NASCIMENTO, W. B.; BARBOSA, N. P.; LEAL A. F., Avaliação de painéis de tijolos prensados de solo-cimento incorporados com resíduos de calçados (EVA). In: Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.3.2 (2008) 44-49.

SOUZA et al. Alvenaria sustentável com utilização de tijolos ecológicos. In: 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. Inconfidentes/MG, 06 a 09 de novembro de 2013.

VARELA, Marcio. Limites de Consistência. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/mecanica-dos-solos/limites-de-atteberg/view>>. Acesso em: 18 out. 2016.