



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CAMPUS BALSAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CLARINA BRITO DEBUS MORAIS**

**TIJOLO ECOLÓGICO VERSUS TIJOLO CERÂMICO -  
COMPARATIVO DE CUSTOS: UM ESTUDO DE CASO EM  
BALSAS-MA**

**BALSAS-MA  
2019**

Clarina Brito Debus Morais

Tijolo ecológico versus tijolo cerâmico - comparativo de custos: um estudo de caso em Balsas-MA

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Vinicius Farias de Albuquerque

Balsas-MA  
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

BRITO DEBUS MORAIS, CLARINA.

TIJOLO ECOLÓGICO VERSUS TIJOLO CERÂMICO COMPARATIVO DE  
CUSTOS: UM ESTUDO DE CASO EM BALSAS-MA / CLARINA BRITO  
DEBUS MORAIS. - 2019.

47 f.

Orientador(a): VINICIUS FARIAS DE ALBUQUERQUE.  
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,  
Universidade Federal do Maranhão, BASAS, 2019.

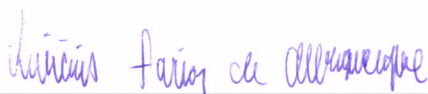
1. SUSTENTABILIDADE. 2. TIJOLO CERÂMICO. 3. TIJOLO  
ECOLÓGICO. I. FARIAS DE ALBUQUERQUE, VINICIUS. II.  
Título.

Clarina Brito Debus Morais

Tijolo ecológico versus tijolo cerâmico - comparativo de custos: um estudo de caso em Balsas - MA

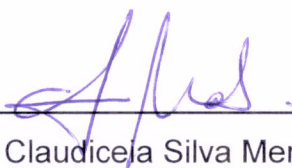
Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em: 12 de julho de 2019.**



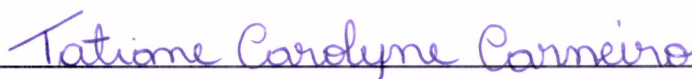
---

Prof. Me. Vinicius Farias de Albuquerque – Orientador



---

Profa. Ma. Claudiceia Silva Mendes – Examinador interno



---

Profa. Ma. Tatiane Carolyne Carneiro – Examinador interno

Balsas-MA

2019

*Dedico este trabalho a meus pais que são meu maior orgulho pelo exemplo recebido, pelos ensinamentos e pelo incentivo; A meus irmãos e sobrinhos; A Erik Fernando, meu esposo, fonte de muitas alegrias em minha vida; A minha amada filha Angelina, que em breve completará minha vida com sua chegada.*

*(Clarina Debus)*

## RESUMO

O tijolo ecológico também chamado de tijolo de solo-cimento é fabricado a partir de água, solo e cimento e é popularmente chamado assim por não ocorrer queima em sua fabricação, o que o torna um importante redutor dos impactos ambientais. Apesar de sua importância o tijolo de solo-cimento ainda é pouco utilizado no setor da construção civil e mesmo tendo um custo maior comparado com o tijolo cerâmico é comprovado que o tijolo de solo-cimento traz economia seja na quantidade de materiais ou nas despesas. Este trabalho tem por objetivo realizar uma análise comparativa entre tijolos de solo-cimento e cerâmicos em uma residência no município de Balsas/MA, por meio de pesquisa bibliográfica e de pesquisa de campo. A pesquisa de campo consistiu em visitar a fábrica de tijolos do município de Balsas/MA e obras construídas a partir do tijolo de solo-cimento. A partir das visitas foi possível conhecer o processo de fabricação do tijolo bem como o processo de construção a partir do mesmo. A partir das plantas dos projetos arquitetônicos de uma residência construída de tijolo de solo-cimento em Balsas/MA foram elaborados dois orçamentos para a residência, um com a mesma construída a partir do tijolo de solo-cimento e o outro construída a partir do tijolo cerâmico. Tais orçamentos são focados nas quantidades de materiais e serviços do levantamento das alvenarias e do revestimento tendo em vista que são os principais processos em que há diferença de custos. Como resultado observou-se que a construção a partir do tijolo de solo-cimento trouxe economia financeira.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Tijolo cerâmico. Tijolo ecológico.

## ABSTRACT

Ecological bricks, also called soil-cement bricks, are manufactured from water, soil and cement and are popularly called so because no burning occurs in its manufacture process, which makes it an important reducer of environmental impacts. In spite of its importance, soil-cement bricks are still few used in the civil construction sector and even though it has a higher cost compared to ceramic bricks, it is proved that soil-cement bricks brings savings in quantity of materials or expenses. This work aims to perform a comparative analysis between soil-cement and ceramic bricks in a residence in the city of Balsas / MA, through bibliographical research and field research. The field research consisted of visiting the brick factory of the city of Balsas / MA and built works from the soil-cement brick. From the visits it was possible to know the brick manufacturing process as well as the construction process from the brick. From the plans of the architectural projects of a residence built of brick of soil-cement in Balsas / MA two budgets for the residence were elaborated, one with the same constructed using the brick of soil-cement and the other one constructed using the brick ceramic. Such budgets are focused on the quantities of materials and services of masonry survey and coating as these are the main processes in which there are cost differences. As a result it was observed that the construction from the soil-cement brick brought financial savings.

**Keywords:** Sustainability. Ceramic bricks. Ecologic bricks.

## Lista de figuras

Figura 01 - Tijolo de solo-cimento .....	17
Figura 02 - Formatos do tijolo de solo-cimento .....	18
Figura 03 - Tijolo cerâmico .....	20
Figura 04 – Localização da Cerâmica Balsas .....	22
Figura 05 – Localização da Cerâmica Santo Antônio.....	22
Figura 06 - Fábrica de tijolo de solo-cimento.....	23
Figura 07 - Muro de tijolo de solo-cimento .....	24
Figura 08 - Fase inicial da construção da residência de tijolo de solo-cimento .....	24
Figura 09 - Assentamento das Alvenarias na fase inicial da construção.....	25
Figura 10 - Fase final da construção da residência de tijolo de solo-cimento .....	25
Figura 11 - Fase final da construção da residência de tijolo de solo-cimento .....	26
Figura 12 - Interior da residência fase final da construção .....	26
Figura 13 - Interior da residência fase final da construção .....	27
Figura 14 - Prensa hidráulica .....	29
Figura 15 - Prensa hidráulica .....	30
Figura 16 - Prensa hidráulica .....	31
Figura 17 - Pilha de tijolos de solo-cimento.....	31
Figura 18 - Localização da residência .....	32
Figura 19 - Planta baixa do pavimento térreo.....	33
Figura 20 - Planta baixa do pavimento superior .....	34
Figura 21 - Corte A.....	35
Figura 22 - Corte B.....	35
Figura 23 - Vista de frente da residência.....	36
Figura 24 - Vista lateral esquerda .....	36
Figura 25 - Vista lateral direita.....	37
Figura 26 - Vista da fachada posterior (oposta à fachada principal) .....	37
Figura 27 - Encontro de parede com vergalhão “U” .....	38
Figura 28 - Uso de copos nas canaletas .....	39



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	8
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Sustentabilidade.....</b>	<b>11</b>
1.1.1 A Conferência em Estocolmo .....	11
1.1.2 O Relatório de Bruntland .....	12
1.1.3 Rio-92.....	12
1.1.3 Protocolo de Kyoto .....	13
1.1.4 Rio+ 10.....	13
1.1.5 Rio+ 20.....	13
<b>1.2 Impactos ambientais da construção civil.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Construções sustentáveis.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Tijolo ecológico ou tijolo solo-cimento .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Normas que regulamentam o tijolo de solo-cimento .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 Vantagens do uso do tijolo de solo-cimento .....</b>	<b>18</b>
<b>1.7 Desvantagens do uso do tijolo de solo-cimento .....</b>	<b>19</b>
<b>1.8 Tijolo cerâmico .....</b>	<b>20</b>
1.8.1 Produção do tijolo cerâmico no Maranhão .....	21
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Visitas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Elaboração do trabalho.....</b>	<b>27</b>
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 A fabricação do tijolo de solo-cimento em Balsas .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 O projeto .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Processos construtivos da residência com tijolo de solo-cimento.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 Planilhas de custos .....</b>	<b>39</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo os avanços tecnológicos e o crescimento populacional têm demandado novas necessidades de consumo e locais para habitação, culminando na aceleração do processo de urbanização. Tal processo de urbanização acaba provocando o uso desenfreado dos recursos naturais, levando a degradação do meio ambiente.

Intervenções na tentativa de preservar o meio ambiente fazem-se necessárias e urgentes, pois é o meio ambiente que oferece aos seres vivos condições essenciais para a sua existência.

Para que as futuras gerações não sofram com escassez de recursos naturais, o ser humano precisa mudar suas atitudes e preservar o meio ambiente. Diante dessa realidade surge o conceito de sustentabilidade, que segundo a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento também conhecida como Comissão Brundtland é o “uso racional de recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais, sem reduzir as oportunidades de gerações futuras” (RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1991).

O setor da construção civil é uma das atividades humanas que mais utiliza recursos naturais, sendo assim um dos setores que mais afeta o meio ambiente. Os impactos ambientais gerados por esse setor segundo o Blog Mobuss Construção (2019) são vários, tais como: a geração de resíduos, a geração de ruídos, o aumento no consumo de energia, o desperdício de água, a poluição, o aquecimento global entre outros. Nesse sentido, destaca-se a importância da sustentabilidade na construção civil, que tem como princípios construções planejadas de forma a gerar menos resíduos, demandar menos recursos naturais e reutilizar na medida do possível matéria-prima.

Segundo Vier et al. (2017) a utilização do tijolo modular solo-cimento, popularmente chamado de tijolo ecológico, fabricado a partir de solo, cimento e água, pode minimizar os impactos ambientais da construção civil. Esse tipo de construção traz como vantagens a não geração de gases relacionados ao efeito estufa em sua fabricação, pois não ocorre a queima do tijolo e a economia na argamassa de assentamento e reboco tendo em vista que sua textura é uniforme e possibilita a não necessidade de revestimento. Pode-se ainda utilizar resíduos de construção na fabricação dos tijolos de solo-cimento, o que seria uma solução para

os resíduos sólidos produzidos pela construção civil, que em sua maioria não têm locais ideais para o seu descarte.

O tijolo de solo-cimento ainda é pouco utilizado no setor da construção civil, talvez pela falta de conhecimento a seu respeito, ou pela falta de mão-de-obra especializada para trabalhar com o mesmo, ou ainda pela falta de informação a respeito de seus custos.

Segundo John (2019), existe uma percepção de que o sustentável custe mais caro do que o convencional, mas não é, desde que a construção sustentável seja integrada na concepção da edificação. Na tentativa de desmistificar esse pensamento, este trabalho analisa os custos de uma construção que utiliza tijolos de solo-cimento e faz um comparativo com o tijolo cerâmico, onde foi possível concluir se há viabilidade econômica do tijolo de solo-cimento comparado ao cerâmico.

Este trabalho aborda ainda, entre outros assuntos, a sustentabilidade na construção civil, a utilização do tijolo de solo-cimento, sua fabricação, as vantagens desse tijolo e os desafios em se trabalhar com o mesmo.

## **Justificativa**

A preservação do meio ambiente, sem dúvida nenhuma, é de fundamental importância, pois é do meio ambiente que o homem retira o fundamental para viver. Surge assim a necessidade de intervenções que minimizem os impactos ambientais, que estão cada vez mais sendo observados no nosso cotidiano e que tem causado consequências negativas.

O crescimento da economia e da população, a industrialização e o advento de novas tecnologias têm provocado aumentos consideráveis na exploração dos recursos naturais e além disso o acúmulo de resíduos sólidos se transformou em um grave problema urbano.

Segundo Citadin (2019), o setor da construção civil é uma das atividades humanas que mais consomem recursos naturais. Nesse cenário as construções sustentáveis aparecem como uma solução para os problemas da degradação do ambiente, pois objetivam utilizar menos recursos naturais, minimizar os impactos ambientais, reutilizar materiais, entre outros.

O tijolo de solo-cimento é um tipo de construção sustentável capaz de minimizar os impactos ambientais do setor da construção civil, mas que ainda é

pouco utilizado. A cidade de Balsas/MA não foge dessa realidade e o tijolo de solo-cimento apesar de ser fabricado no município também é pouco utilizado.

Em Balsas o principal método de construção ainda é o convencional, que utiliza o tijolo cerâmico, também fabricado no município e comercializado a um preço mais barato que o tijolo de solo-cimento. Porém, segundo dados apresentados pela fábrica de tijolo de solo-cimento o que dificulta a utilização do tijolo no município não é a questão do custo, mas sim da falta de mão de obra qualificada para trabalhar com esse tipo de construção.

Estudos comparativos entre construções a partir do tijolo de solo-cimento e tijolos cerâmicos, como os estudos de Vier et al. (2017), Pires (2004), Ciceri (2016) e Santana e Silva (2017), mostram que as construções que utilizam o tijolo de solo-cimento têm uma redução de custos considerável. Assim, diante do pensamento sustentável de preservar os recursos naturais, e da necessidade de mais pesquisas a respeito da temática dos custos envolvendo os tijolos de solo-cimento, desenvolveu-se esta pesquisa motivada pela importância de se debater sobre o assunto, e de apresentar outras formas de construções que minimizem os impactos ambientais.

Por fim, a partir da análise comparativa dos custos entre os dois tipos de construções foi possível saber se além dos benefícios ambientais o uso do tijolo de solo-cimento traz ainda benefícios econômicos.

## **Objetivos**

O objetivo geral desta pesquisa foi realizar uma análise comparativa entre tijolos ecológicos e cerâmicos em uma residência no município de Balsas/MA.

Os objetivos específicos foram:

- Identificar as vantagens e desvantagens entre tijolos de solo-cimento;
- Detalhar a fabricação dos tijolos de solo-cimento;
- Detalhar os custos de alvenaria e revestimento de uma residência construída a partir do tijolo de solo-cimento;
- Verificar se há economia financeira do custo da obra de uma residência em Balsas/MA construída a partir do tijolo de solo-cimento comparado com o tijolo cerâmico.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico apresenta resultados da pesquisa bibliográfica, apresentando ideias e opiniões de diversos autores referentes ao tema desta pesquisa.

### 1.1 Sustentabilidade

Sustentabilidade é a capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema. A palavra sustentável deriva do latim *sustentare* e significa sustentar, apoiar, conservar e cuidar. O conceito de sustentabilidade aborda a maneira como se deve agir em relação à natureza. (MAGALHÃES, 2019).

Não é de hoje que tem se pensado na preservação do meio ambiente. A preservação dos recursos naturais já era uma preocupação até mesmo dos povos antigos. Mas, segundo Angst (2013), foi apenas após os anos 1970 que se teve consciência da influência que a construção civil exercia sobre o meio ambiente. Começou-se então a discutir sobre, o aumento da população, a poluição, o consumo de recursos naturais e outros fatores ligados ao meio ambiente. A partir de então, vários os movimentos com o objetivo de conscientizar os países a respeito da preservação do meio ambiente foram realizados no mundo.

#### 1.1.1 A Conferência em Estocolmo

A Conferência em Estocolmo, primeiro encontro internacional para discutir os problemas ambientais, ocorrida na Suécia em 1972, que teve como objetivo conscientizar os países sobre a importância de se promover a limpeza dos grandes centros urbanos, combate à poluição marinha e a limpeza dos rios nas bacias hidrográficas mais povoadas. (ANGST, 2013).

Na conferência foi votada a Declaração de Estocolmo (Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente), que traz em seu Preâmbulo sete pontos principais e vinte e seis princípios referentes a comportamentos e responsabilidades. Foi votado um Plano de Ação para o Meio Ambiente composto por 109 recomendações. E foi votado, também, a Resolução sobre aspectos financeiros e organizacionais no âmbito da ONU e a instituição de um organismo institucional especialmente dedicado a coordenar as atividades da ONU (PASSOS, 2009).

### 1.1.2 O Relatório de Bruntland

O Relatório de Bruntland apresentado em 1987, também chamado de: Nosso Futuro Comum define pela primeira vez o desenvolvimento sustentável. Este relatório é resultado de diversas discussões feitas em diversas audiências realizadas em diversos países por uma comissão chefiada por Gro Harlem Bruntland, primeira ministra da Noruega. O relatório propõe o desenvolvimento sustentável como sendo aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem a possibilidade comprometer as gerações futuras quanto às suas necessidades (ANGST, 2013).

Segundo Martins (2019) no relatório de Bruntland é apresentada uma série de medidas que deviam ser tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável como preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias que admitem o uso de energia renováveis, controle da urbanização desordenada e integração entre campos e cidades menores, entre outros. Para tal algumas metas foram definidas também no relatório como adotar estratégias de desenvolvimento sustentável, proteção de ecossistemas, banimento de guerras, entre outras.

### 1.1.3 Rio-92

Em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a conferência das nações unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento conhecida como Rio-92. Nesta conferência, os países membros, presentes no Rio de Janeiro, comprometeram-se a pautar suas políticas econômicas, sociais e ambientais, que resultou em documentos que definiram o contorno de políticas essenciais para alcançar o desenvolvimento sustentável (MARTINS, 2019).

Segundo Martins (2019) os documentos que resultaram dessa conferência foram: a Agenda 21, a Declaração do Rio, a Declaração de princípios sobre florestas, a Convenção sobre diversidade ecológica e a Convenção-quadro sobre mudanças climáticas. Nesta conferência foi acordado ainda a criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS), criada um ano depois da conferência.

### 1.1.3 Protocolo de Kyoto

Protocolo de Kyoto, aprovado no Japão em 1997, estabelece que os países desenvolvidos devem reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa em pelo menos 5,2 % em relação aos níveis apresentados em 1990. Tal meta implica que os países devem buscar formas alternativas de energia tendo em vista que os maiores causadores do efeito estufa são os combustíveis fósseis (MARTINS, 2019).

### 1.1.4 Rio+ 10

Conferência Mundial sobre desenvolvimento sustentável realizada entre os dias 26 de agosto a quatro de setembro de 2002 em Johannesburgo África do sul. A conferência teve o objetivo de fazer uma profunda avaliação dos avanços e dos obstáculos em relação a compromissos assumidos em 1992. Foram resultados dessa conferência o Plano de Implementação, que visava apontar ações para implementar os compromissos acordados na Rio-92 e a Declaração Política, que pediu o alívio da dívida externa de países em desenvolvimento e o aumento da assistência financeira aos países pobres (MARTINS, 2019).

### 1.1.5 Rio+ 20

Destaca-se também o mais recente evento, que ocorreu em junho de 2012, na cidade do Rio de Janeiro, sendo conhecido como Rio+ 20. Seu objetivo foi assegurar um comprometimento político renovado para o desenvolvimento sustentável, avaliar o progresso feito até o momento no que se refere a este tema e as lacunas que ainda existem na implementação dos resultados dos principais encontros sobre desenvolvimento sustentável, além de abordar os novos desafios emergentes (ANGST, 2013).

## **1.2 Impactos ambientais da construção civil**

Os Impactos ambientais segundo Brito (2019) são as consequências das atividades humanas na natureza. Os impactos ambientais afetam o planeta de várias formas e podem ter como consequências as alterações climáticas, a extinção de

espécies e habitats, o aumento do nível do mar, o desaparecimento de rios, a poluição do ar e a diminuição da qualidade de vida.

O setor da construção civil é um dos responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico no mundo, o que acarreta em um grande consumo dos recursos naturais sendo considerada uma das maiores consumidoras de recursos naturais. Estima-se que a mesma seja responsável por utilizar entre 20 e 50% de todos os recursos naturais consumidos pela população (VIER et al., 2017).

Todo esse desenvolvimento socioeconômico tem acarretado um aumento na geração de resíduos e emissão de poluentes, que podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. A destinação inadequada desses resíduos gera diversos impactos, tais como:

- Esgotamento de jazidas, pois não ocorre o reaproveitamento de material;
- Aumento de volume nos aterros;
- Alteração da qualidade das águas;
- Aumento da quantidade de sólidos nos corpos d'água;
- Alterações nas condições de saúde.

O manejo e a destinação inadequada de resíduos tóxicos podem trazer graves riscos à saúde do trabalhador. A queima desses resíduos é inviável, pois provoca a deterioração da qualidade do ar, além de gerar subprodutos (MARTINS, 2019).

### **1.3 Construções sustentáveis**

Segundo Angst (2013), as construções sustentáveis baseiam-se nos seguintes pilares:

- Minimizar a produção de resíduos;
- Realizar a reciclagem de resíduos;
- Utilizar materiais sustentáveis;
- Poupar energia e água;
- Maximizar a durabilidade; Planejar a manutenção;
- Reduzir os custos;
- Garantir higiene e segurança.



A prática de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mercado, pois o governo, investidores, associações e consumidores, estão alertando, estimulando e pressionando o setor da construção civil a incorporar a sustentabilidade em suas atividades (ANGST, 2013).

Segundo o mapeamento de incentivo econômicos e das tendências legislativas para a construção sustentável, os modelos de construção tradicional visam atingir exclusivamente objetivos como qualidade, tempo e custos associados ao produto. Em contrapartida, o conceito de construção sustentável prevê que as obras devem agregar, além das características tradicionais, temas relacionados às preocupações com o futuro do planeta, tais como a minimização do consumo de recursos (energia, água, materiais e solo), a degradação ambiental, a criação de um ambiente construído de forma saudável (DANTAS et. al., 2019).

A prática de sustentabilidade na construção é uma preocupação cada vez mais acentuada, segundo o mapeamento de incentivo econômicos e reconhece-se a necessidade de desenvolvê-la e aplicá-la.

Inicialmente grande parte das preocupações de sustentabilidade voltadas ao setor da construção referia-se à limitação dos recursos naturais (especialmente os geradores de energia), bem como relacionadas diretamente às possibilidades de mitigação dos impactos ambientais. Após a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável, essas preocupações voltaram-se às técnicas ligadas ao processo construtivo, como a utilização de materiais, componentes e tecnologias sustentáveis de construção. Mais recentemente, porém, acentuaram-se as preocupações com questões menos técnicas, mais abrangentes e complexas, reconhecendo-se agora a necessidade desse conceito envolver aspectos econômicos, sociais e culturais (DANTAS et. al., 2019).

No Brasil os principais materiais de construção sustentável que você encontra são: o tijolo ecológico, o bambu, o concreto reciclado, o bioconcreto, a Argamassa de argila, tintas de materiais biodegradáveis, containers, telha ecológica, entre outros (BLOG COBERTURAS LEVES, 2019).

Os materiais de construção sustentável são uma necessidade no canteiro de obras assim, políticas que visem o incentivo ao uso de materiais sustentáveis fazem-se de grande importância, pois podem aumentar a prática dessas construções o que diminuirá expressivamente os impactos ambientais gerados pela construção civil.

#### 1.4 Tijolo ecológico ou tijolo solo-cimento

Na crescente busca por reduzir impactos ambientais, uma alternativa é a utilização do tijolo solo-cimento ou também chamado de tijolo ecológico (Figura 01). O tijolo de solo-cimento tem as dimensões 25 x 12,5 x 7 cm e é composto de solo, água e cimento. O mesmo é considerado um novo método construtivo sustentável, pois não é necessário realizar a queima do tijolo, eliminando a extração de madeira e evitando a emissão de monóxido de carbono (VIER et al., 2017).

Figura 01 - Tijolo de solo-cimento



Fonte: Autora, 2019

Além disso é possível se misturar resíduos de construção na fabricação de tijolos de solo-cimento, uma vez que as características físicas dos resíduos de argamassa e concreto se assemelham às dos pedregulhos (FERRAZ; SEGANTINI, 2004).

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) 8491:2012, Norma que estabelece os requisitos para o recebimento de tijolos de solo-cimento, a composição do tijolo de solo-cimento surge de uma mistura de solo com baixo teor de matéria orgânica, aglomerante hidráulico artificial denominado cimento Portland e água isenta de impurezas em pequenas quantidades, afim de adquirir uma homogeneização adequada.

Além do solo diversos outros materiais podem também serem empregados na composição do tijolo modular como: plástico, borracha, papel, vidro, resíduos provenientes de demolição e entre outros (NASCIMENTO, 2018).

A terra crua como material de construção é abundante e possui características isolantes que permitem um bom conforto térmico e acústico, permitindo ambientes confortáveis com menos gastos energéticos para condicioná-los (PISANI, 2005).

Após todo o processo de obtenção e separação do material ideal, a mistura homogeneizada do solo-cimento é transferida para a prensa, que possui um molde de dimensões variáveis, onde para cada tipo de prensagem obtém-se tijolos maciços ou com dois orifícios, conhecido por tijolo modular (NASCIMENTO, 2018).

O tijolo modular é expresso em vários formatos segundo Ribeiro (2013) como mostra a Figura a seguir onde tem-se o tijolo com dois orifícios, meio tijolo e o tijolo canaleta.

Figura 02 - Formatos do tijolo de solo-cimento



Fonte: Neto, 2019

Segundo Ribeiro (2013) vários fatores podem influenciar nas características finais do tijolo, como: dosagem de cimento, natureza do solo, teor de umidade e compactação ou prensagem.

Conforme a ABNT NBR 8491:2012 a resistência a compressão do tijolo de solo-cimento que não deve ser menor do que 1,7 Mpa<sup>1</sup> com a idade mínima de sete dias e a absorção da água não deve ser superior a 22%.

A coesão do solo-cimento é determinada pela constituição do cimento, sua finura, quantidade de água e temperatura ambiente. As quantidades mais adequadas dos componentes são determinadas através dos ensaios e os ensaios de resistência à compressão podem ser executados em corpos de prova cilíndricos, ou ainda diretamente sobre tijolos (ou blocos) de solo-cimento. A norma que regulamenta os métodos para a determinação da resistência à compressão e da absorção da água é a norma ABNT NBR 8492:2012 (PIRES, 2014).

### **1.5 Normas que regulamentam o tijolo de solo-cimento**

As normas que regulamentam o tijolo de solo-cimento são:

- ABNT NBR 8491:2012 Tijolo de solo-cimento — Requisitos;
- ABNT NBR 8492:2012 - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio;
- ABNT NBR 10833:2012 Versão Corrigida: 2013 - Fabricações de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento;
- NBR 10834:2012 versão corrigida: 2013 – Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos;
- NBR 10836:2013 - Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio.

### **1.6 Vantagens do uso do tijolo de solo-cimento**

As vantagens quanto ao uso do tijolo de solo-cimento são várias, tais como:

---

<sup>1</sup> MPa é uma unidade de medida de pressão do sistema internacional. Significa “mega pascal”. A unidade de grandeza “Mega” indica a potência (10<sup>6</sup>), ou seja, o valor multiplicado por 100.000 (cem mil). Essa grandeza se faz necessária pois a medida em “pascal” é muito pequena para a resistência do concreto.

- Matéria-prima encontrada em abundância e de baixo custo (CORDEIRO,2017);
- Não ocorre queima na fabricação do tijolo de solo-cimento, assim não é liberado para o ambiente os gases que desencadeiam o efeito estufa e nem há necessidade de extração de madeira para a queima (CORDEIRO,2017);
- Pode-se utilizar resíduos de construção, em sua fabricação, o que seria uma solução para esses resíduos, que em sua maioria não têm locais ideais para o seu descarte (FERRAZ; SEGANTINI, 2004);
- O sistema construtivo de tijolos de solo-cimento traz uma excelente relação custo/benefício, tendo uma economia entre 20 e 40% em relação ao modelo de construção convencional (VIER et al., 2017);
- Usa-se menos materiais como a argamassa de assentamento, aço e concreto (FERRAZ; SEGANTINI, 2004);
- Pode-se dispensar a necessidade do reboco tendo em vista que sua textura é uniforme. (FERRAZ; SEGANTINI, 2004).
- Permite o embutimento da rede hidráulica e elétrica no tijolo, abolindo o corte na parede depois de pronta (PIRES, 2014);
- Permite a fundição de colunas, sem o emprego do serviço de mão-de-obra de carpintaria eliminando o consumo de madeira (PIRES, 2014).

### **1.7 Desvantagens do uso do tijolo de solo-cimento**

As desvantagens segundo Ribeiro (2013) são:

- Falta de estudo sobre o tijolo de solo-cimento o que pode ocasionar patologias em construções que o utilizam;
- Falta mão de obra qualificada para execução do processo construtivo com esse tipo de alvenaria;
- Não poder ser fabricado em locais úmidos;
- Necessita de análises em laboratório;
- A variação da composição do solo e a presença de substâncias como o húmus, cloretos e sulfatos no solo que podem inviabilizar o solo.

## 1.8 Tijolo cerâmico

O tijolo cerâmico (Figura 03) faz parte do processo construtivo convencional e tem como objetivo principal promover vedação, partindo da divisão dos ambientes internos e externos de determinada construção. O tijolo cerâmico não tem função estrutural e nesse tipo de construção são as estruturas de vigas e pilares que são responsáveis pela absorção do peso total gerado na estrutura. O emprego do concreto armado na execução de uma obra em alvenaria de cerâmica funciona de forma comparada a um esqueleto humano (SANTANA, 2017).

Figura 03 - Tijolo cerâmico



Fonte: Cerâmica Futura, 2019

Segundo Angust (2013) os tipos de tijolos cerâmicos são:

Tijolos (maciços): o volume da argila cozida não é inferior a 85% de seu volume total aparente. Possui forma paralelepípedica, de dimensões (aproximadamente) na proporção 4: 2: 1. É utilizado fundamentalmente para alvenarias. Blocos (furados): apresentam furos ou canais de formas e dimensões variadas, paralelos às suas maiores arestas. No geral possuem forma e dimensões semelhantes e com aplicação idêntica aos tijolos maciços. Tabelas: com formatos variados e usados principalmente como elementos de fechamento das lajes mistas ou peças de ligação de vigotas pré-fabricadas (ANGUST, 2013).

Para se obter um tijolo ou bloco cerâmico, é necessário, depois de selecionar a argila, que ela seja misturada com água para elaborar uma pasta. Logo após, leve-se aos fornos para o cozimento em uma temperatura entre 900°C e 1.000°C o resultado é um tijolo com as dimensões 9 x 14 x 19 cm (CICERI, 2016).

As normas regulamentadas pela ABNT para o tijolo cerâmico são:

- NBR-15270-1- “Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação”;
- NBR-15270-2- “Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural”;
- NBR-15270-3- “Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de Ensaio”.

### 1.8.1 Produção do tijolo cerâmico no Maranhão

De acordo com a Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Energia do Maranhão (2019), no estado a indústria de cerâmica vermelha produz o suficiente para atender o mercado interno. Há produção em quase todos os municípios, seja artesanalmente para uso próprio, seja por indústrias de todos os portes. Os municípios de Itapecuru, Rosário, Imperatriz, Timon e Caxias se destacam, produzindo tijolos, telha canal, telha colonial, blocos cerâmicos e lajotas. Só o polo de Itapecuru produz mais de três milhões e meio de peças por mês.

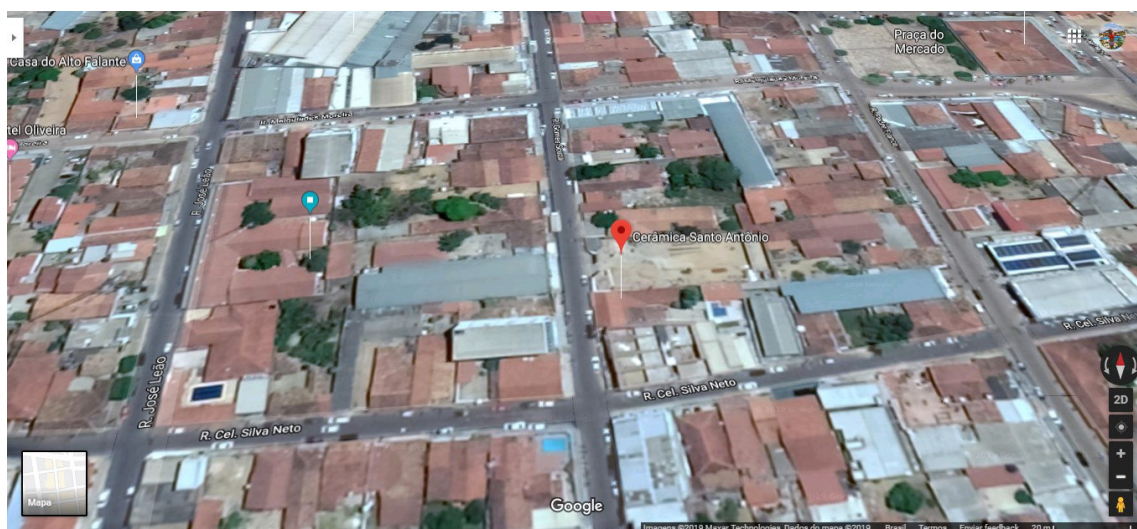
O município de Balsas/MA possui duas fábricas de tijolos cerâmicos: a cerâmica Balsas (Figura 04) e a cerâmica Santo Antonio (Figura 05).

Figura 04 – Localização da Cerâmica Balsas



Fonte: Google Earth

Figura 05 – Localização da Cerâmica Santo Antônio



Fonte: Google Earth

A cerâmica Balsas produz cerca de um milhão de tijolos por mês segundo a empresa Sustainable Carbon e fez parte de um projeto desenvolvido pela mesma, que objetiva reduzir a emissões de carbono, fazendo a substituição da lenha utilizada para aquecer os fornos por produtos da agricultura local (biomassa). Segundo relatório da empresa Sustainable Carbon, o projeto de carbono promoveu uma revolução tecnológica na Cerâmica Balsas. Com o uso de biomassa renovável aliado a inovação tecnológica, os funcionários não estão mais expostos ao calor dos fornos o que melhorou significativamente as condições de trabalho, conseguindo ainda, com a mudança de combustível (da lenha para a biomassa, o projeto se tornou carbono neutro, além de proteger o bioma do cerrado do desmatamento (SUSTAINABLE CARBON, 2019).



## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta um comparativo de custos entre o método construtivo com tijolo de solo-cimento e o método construtivo com tijolo cerâmico. Para tal foram realizadas pesquisas do tipo bibliográfica e de campo.

A pesquisa bibliográfica envolveu uma revisão de livros, artigos científicos, teses e dissertações produzidos no Brasil e a pesquisa de campo foi desenvolvida a partir de visitas a fábrica de tijolos de solo-cimento de Balsas/MA e visitas em obras que utilizam o tijolo de solo-cimento.

### 2.1 Visitas

As visitas à fábrica de tijolos de solo-cimento (Figura 06) foram realizadas nos dias 08 de maio de 2019 às 9:00h da manhã e no dia 29 de junho de 2019 às 8:00h da manhã. As visitas foram acompanhadas pelo proprietário da mesma, que também é o engenheiro responsável por duas obras de tijolo de solo-cimento em Balsas/MA. Nas visitas foram coletados dados a respeito da fabricação dos tijolos de solo-cimento e documentado, a partir de fotos e anotações, os processos da fabricação desse tijolo.

Figura 06 - Fábrica de tijolo de solo-cimento



Fonte: Autora, 2019

Foram também realizadas visitas às duas obras que utilizam o tijolo de solo-cimento. Uma das obras é um muro localizado na fazenda sol nascente em Balsas/MA cuja visita foi realizada no dia 08 de maio de 2019 às 9:00h da manhã, conforme a Figura 07.

Figura 07 - Muro de tijolo de solo-cimento



Fonte: Autora, 2019

A outra obra (Figuras 08, 09, 10, 11, 12 e 13) é uma residência em Balsas/MA construída utilizando tijolo de solo-cimento, do qual utilizou-se seus projetos arquitetônicos para a elaboração das Planilhas orçamentárias que fazem parte do comparativo de custos desse trabalho. Os projetos arquitetônicos utilizados foram as plantas baixas, cortes e fachadas. Foram realizadas duas visitas a obra uma no dia 03 de setembro de 2018 às 16:00h e a outra no dia 29 de junho de 2019 às 9:00h da manhã.

Figura 08 - Fase inicial da construção da residência de tijolo de solo-cimento



Fonte: Autora, 2019

Figura 09 - Assentamento das Alvenarias na fase inicial da construção



Fonte: Autora, 2019

Figura 10 - Fase final da construção da residência de tijolo de solo-cimento



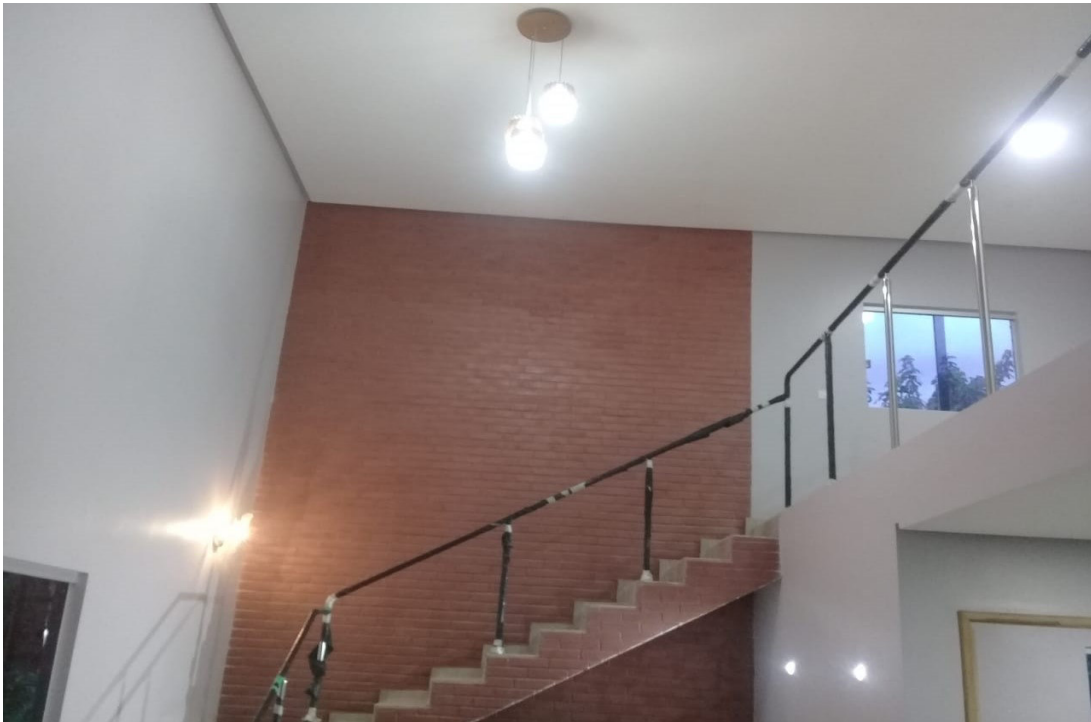
Fonte: Autora, 2019

Figura 11 - Fase final da construção da residência de tijolo de solo-cimento



Fonte: Autora, 2019

Figura 12 - Interior da residência fase final da construção



Fonte: Autora, 2019

Figura 13 - Interior da residência fase final da construção



Fonte: Autora, 2019

Nas visitas a residência, foram coletadas informações a respeito dos processos construtivos aplicados na construção da mesma. Tais informações foram documentadas a partir de fotos e anotações.

## 2.2 Elaboração do trabalho

Após as visitas e coletas de dados foi elaborado este trabalho. O mesmo aborda a importância da sustentabilidade, os impactos ambientais ocasionados pelo setor da construção civil e apresenta o tijolo de solo-cimento como uma alternativa de material sustentável que pode contribuir para tornar a construção civil menos impactante para o meio ambiente.

Além dos assuntos abordados, o trabalho apresenta os resultados do acompanhamento do processo de fabricação do tijolo de solo-cimento, das visitas as obras que utilizam o sistema de tijolo de solo-cimento e Planilhas orçamentárias da residência construída a partir do tijolo de solo-cimento em Balsas/MA. Nessas

Planilhas, cujos dados foram sistematizados no excel, estão detalhados o quantitativo de materiais e serviços utilizados no levante das paredes e no revestimento da residência em duas situações:

- Situação 1: Planilha orçamentária da residência construída a partir do tijolo de solo-cimento.
- Situação 2: Planilha orçamentária da residência construída a partir do tijolo cerâmico.

Para elaboração das Planilhas foi feito um levantamento dos materiais utilizados, bem como das quantidades a partir das plantas arquitetônicas da residência. Os valores unitários foram obtidos da Tabela Sinapi<sup>2</sup>, que teve como mês de referência o mês de março de 2019 e os valores dos insumos referentes ao tijolo de solo-cimento, que não estão contidos na Tabela Sinapi, foram obtidos na fábrica de tijolos e em pesquisas no mercado local.

Analisando os custos apresentados nas duas Planilhas foi possível fazer o comparativo e determinar se houve vantagem econômica com o uso do tijolo de solo-cimento.

---

<sup>2</sup> Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices criado pela Caixa Econômica Federal (CEF), para efetuar o orçamento analítico e a análise orçamentária de projeto-tipo e projetos específicos e efetuar o acompanhamento de preços, de custos e de índices da construção civil na área de fomento (habitação, saneamento e infra-estrutura urbana).

### 3 ESTUDO DE CASO

Este tópico apresenta os resultados da pesquisa de campo. Inicialmente é apresentado o processo de fabricação do tijolo de solo-cimento na fábrica de tijolos de Balsas/MA. Em seguida, são apresentados os projetos de uma residência, construída a partir do tijolo de solo-cimento no município. Em seguida é detalhado como se deu o processo de construção da mesma e por fim tem-se as Planilhas orçamentárias, onde a Planilha 1 detalha as despesas de levante e revestimento das alvenarias da residência construída a partir do tijolo de solo-cimento e a Planilha 2 detalha as despesas de levante e revestimento das alvenarias da mesma residência construída a partir do tijolo cerâmico.

#### 3.1 A fabricação do tijolo de solo-cimento em Balsas

Após a coleta de informações a respeito da fabricação do tijolo de solo-cimento e o acompanhamento do processo de fabricação do mesmo, chegou-se aos seguintes resultados:

- A fábrica de tijolos de solo-cimento em Balsas produz além do tijolo de solo-cimento, a canaleta (utilizada nas cintas de amarração em construções de tijolo de solo-cimento) e o paver (peças pré-moldadas, com diferentes formas, cores e texturas, utilizados para pavimento de ruas, avenidas, calçadas, entre outros).
- A fábrica conta com três funcionários que trabalham diariamente produzindo uma média de 2000 tijolos por dia. Os tijolos são fabricados a partir da prensa hidráulica de 180 toneladas (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Prensa hidráulica



Fonte: Autora, 2019

Figura 15 - Prensa hidráulica



Fonte: Autora, 2019

- Para a fabricação dos tijolos são utilizados solo, cimento e água com um traço de 1:8 (uma parte de cimento para oito partes de solo). O solo utilizado é obtido de duas jazidas diferentes no município e tem duas colorações o vermelho e o amarelo. O cimento utilizado é o cimento Portland composto CP-II ou CP-V.
- Durante o processo de fabricação a mistura do solo e cimento é adicionada na prensa (Figura 14), onde passará por uma peneira. Após a mistura ser peneirada adiciona-se a água e a mistura finalmente é prensada gerando como resultado um tijolo com as dimensões 25 x 12,5 x 7 cm. Depois os tijolos de solo-cimento podem ser retirados da prensa, com cuidado, e são imediatamente empilhados (Figura 17).

Figura 16 - Prensa hidráulica



Fonte: Autora, 2019



Figura 17 - Pilha de tijolos de solo-cimento



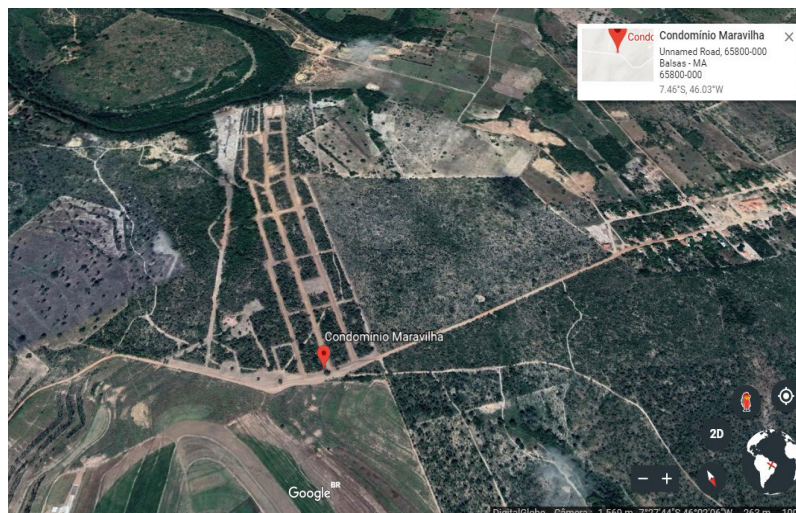
Fonte: Autora, 2019

- Os tijolos devem ficar estocados à sombra onde devem ser molhados periodicamente por sete dias, se foram fabricados a partir do cimento CP-V ou por 15 dias se foram fabricados a partir do cimento CP-II. Após o tempo de cura os tijolos já poderão ser comercializados onde o milheiro sai a R\$ 850,00, transportados e finalmente utilizados.

### 3.2 O projeto

Para a comparação de custos foi utilizado os projetos arquitetônicos de uma residência localizado no condomínio Maravilha zona rural de Balsas/MA (Figura 18).

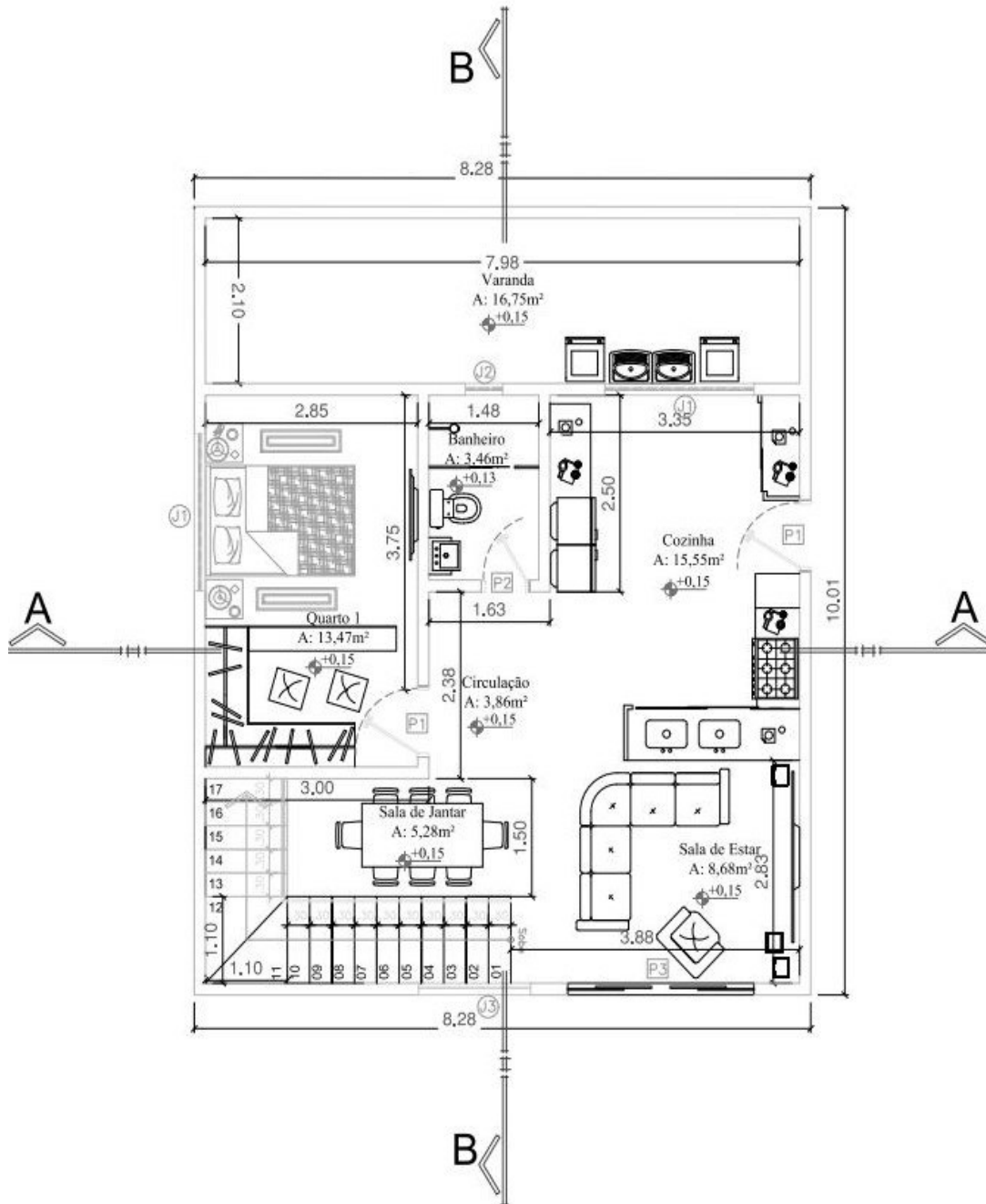
Figura 18 - Localização da residência



Fonte: Google Earth

A escolha dessa residência deve-se ao fato de ser a primeira casa construída em Balsas/MA de tijolo solo-cimento. Tal residência tem nove cômodos, segundo as plantas baixas pavimento térreo e pavimento superior (Figuras 19 e 20), cujas áreas e dimensões encontram-se detalhadas na Tabela 01.

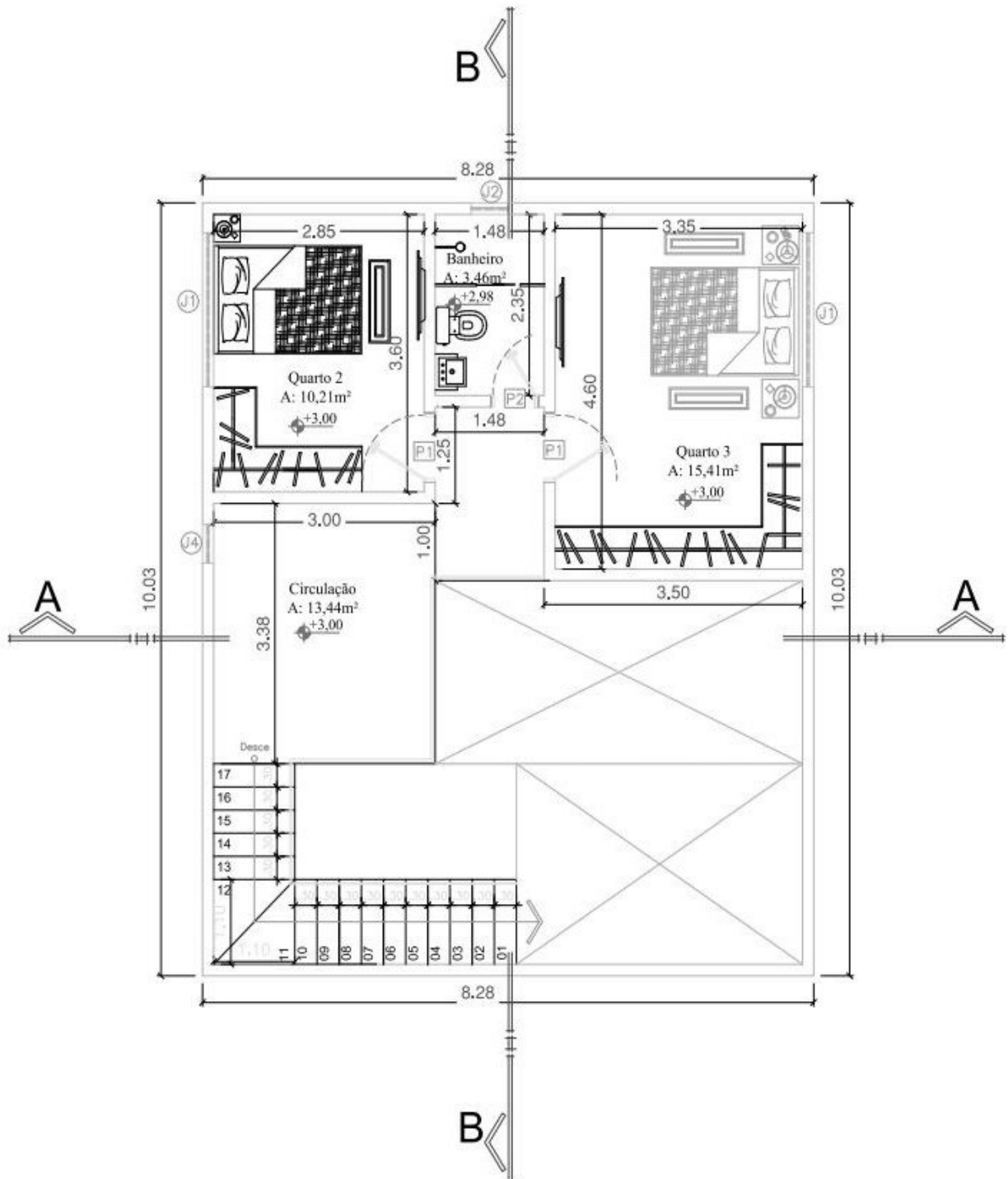
Figura 19 - Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: NICARETTA<sup>3</sup>, 2019

<sup>3</sup> Aurélio Nicaretta, engenheiro responsável pela obra.

Figura 20 - Planta baixa do pavimento superior



Fonte: NICARETTA, 2019

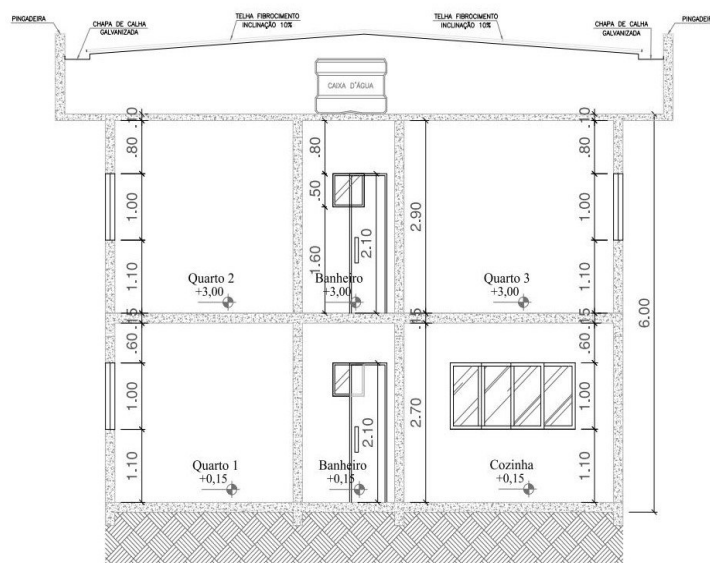
Tabela 01 - Dimensões da residência

Pavimento inferior		
Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)
Sala de estar/jantar/cozinha	33,37	38,00
Quarto 01	13,47	14,95
Banheiro	3,46	7,66
Lavanderia/varanda	16,75	20,16
<b>Total</b>	<b>67,97</b>	<b>80,77</b>
Pavimento superior		
Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)
Circulação	13,02	16,06
Quarto 02	10,26	12,90
Banheiro	3,47	7,65
Quarto 03	15,41	15,90
<b>Total</b>	<b>42,16</b>	<b>52,51</b>
<b>Total (Pav.Inf. + Pav.Sup.)</b>	<b>110,13</b>	<b>133,28</b>

Fonte: Autora, 2019

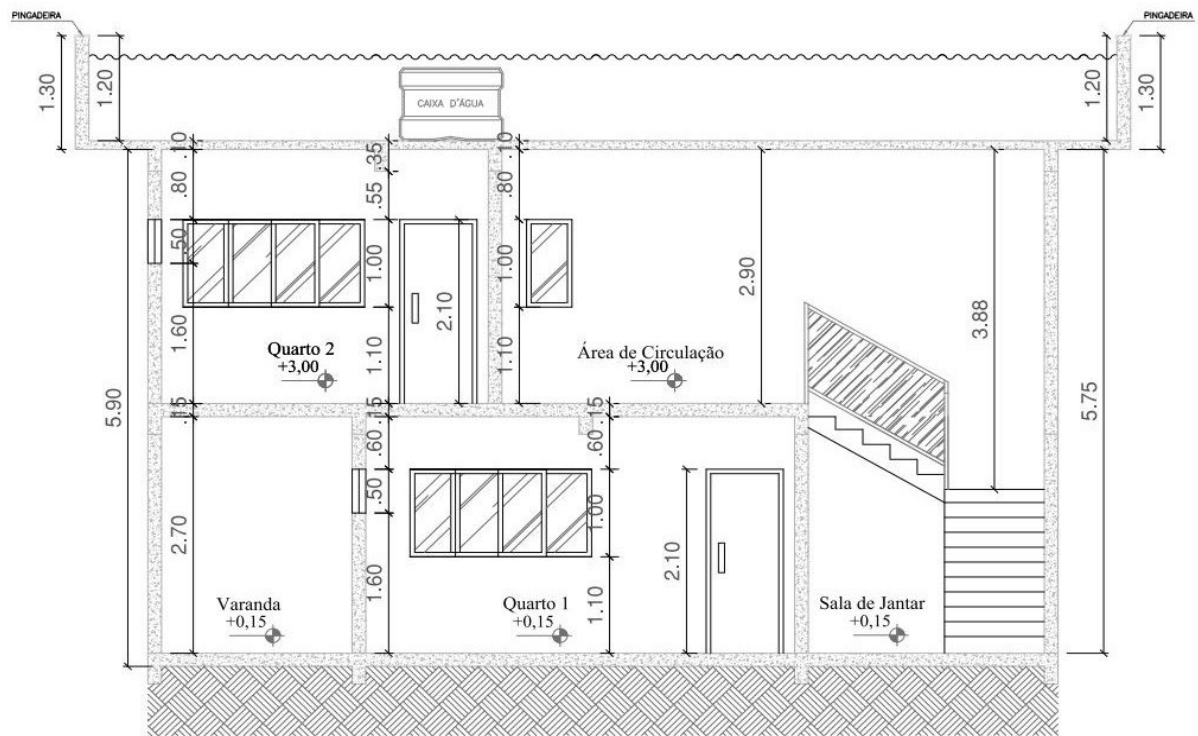
Os cortes A e B (Figuras 21 e 22) mostram detalhes construtivos da residência como as cotas de alturas, o tipo de telha utilizada para proteção da laje, o local da caixa de água, nível dos pisos entre outros.

Figura 21 - Corte A



Fonte: NICARETTA, 2019

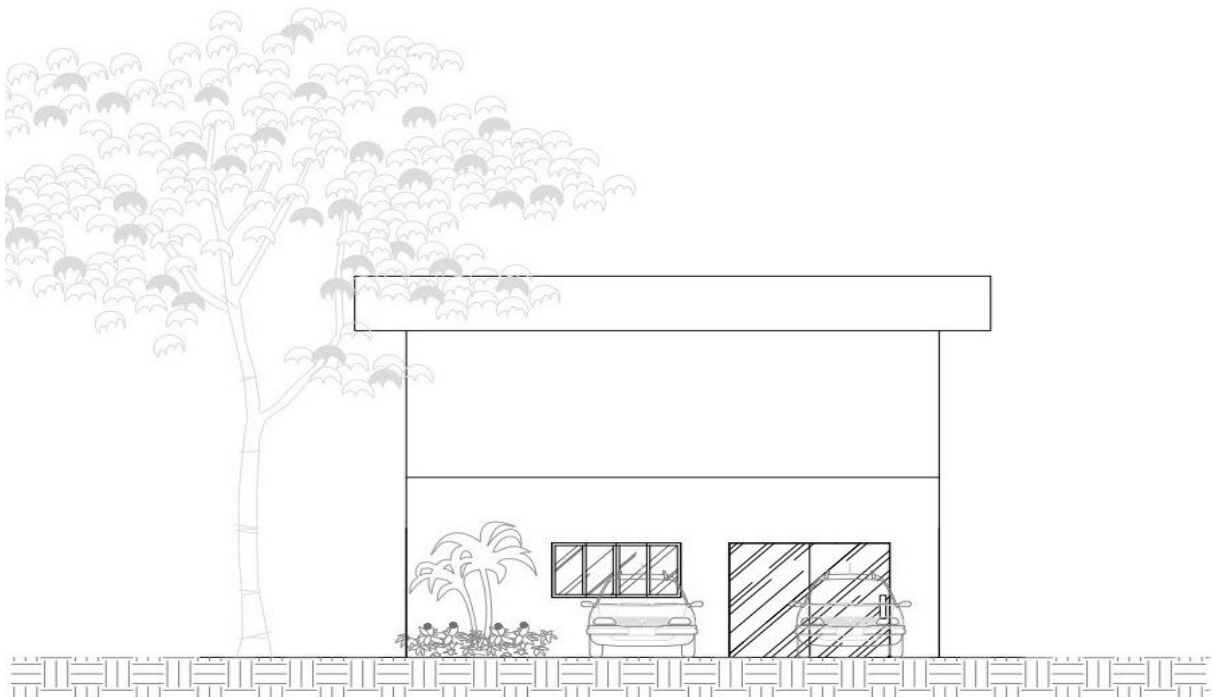
Figura 22 - Corte B



Fonte: NICARETTA, 2019

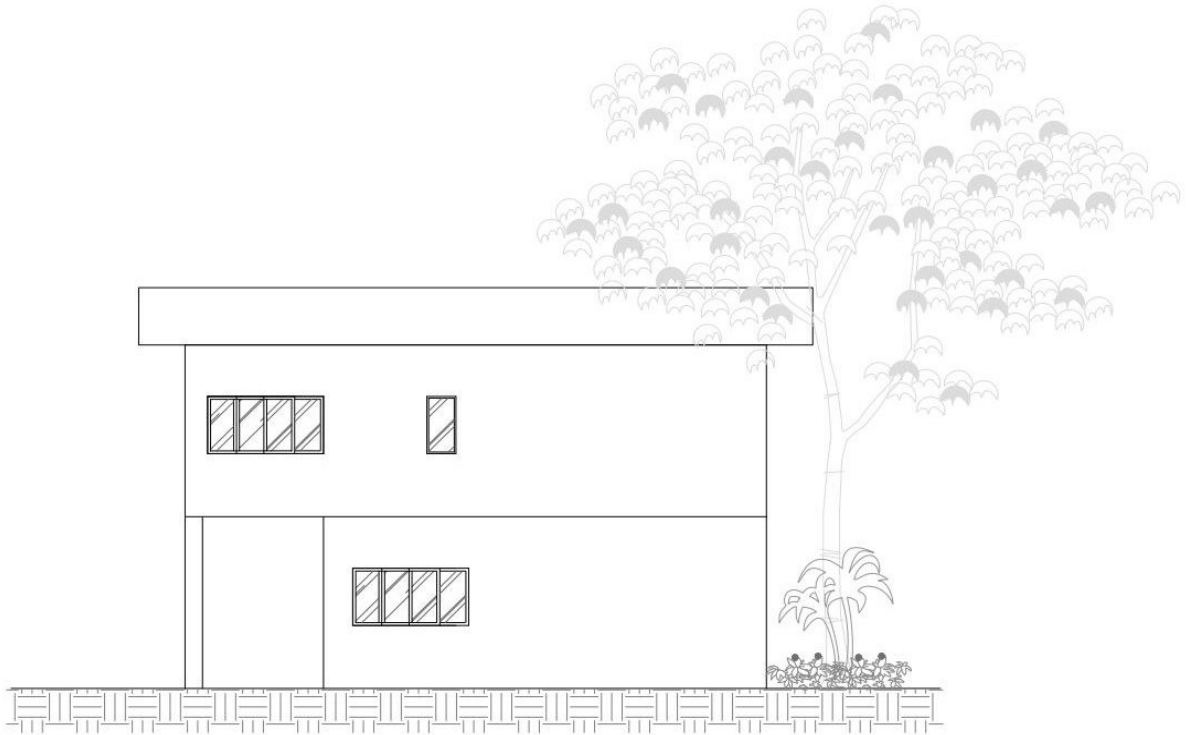
As Figuras 23, 24, 25 e 26 mostram as fachadas com as vistas de frente, direita, esquerda e posterior.

Figura 23 - Vista de frente da residência



Fonte: NICARETTA, 2019

Figura 24 - Vista lateral esquerda



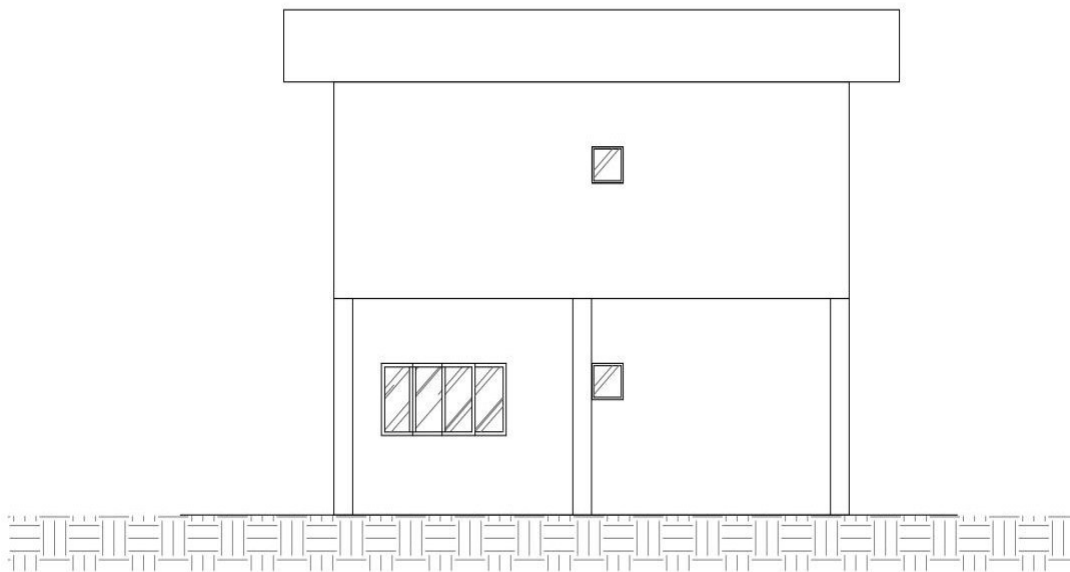
Fonte: NICARETTA, 2019

Figura 25 - Vista lateral direita



Fonte: NICARETTA, 2019

Figura 26 - Vista da fachada posterior (oposta à fachada principal)



Fonte: NICARETTA, 2019

### 3.3 Processos construtivos da residência com tijolo de solo-cimento

Após as visitas técnicas e o acompanhamento do processo construção da residência de tijolo solo-cimento, chegou-se aos seguintes resultados:

O processo inicial foi a execução da fundação que é do tipo estaca com 3 m de profundidade com blocos de coroamento de 60 x 60 cm. Logo após foram feitas as cintas de amarrações (viga baldrame) e o aterro. Após a execução do aterro foi feito um contra piso nivelado e a impermeabilização da parte superior da viga baldrame, de onde se inicia a elevação da alvenaria para evitar patologias ocasionadas pela umidade do solo.

Iniciou-se a primeira camada de tijolo solo-cimento, que foi assentada sobre uma camada de argamassa convencional. As próximas camadas foram assentadas utilizando um filete da argamassa AC-II e a cada 1 m de altura de parede levantada foi sendo verificado o prumo e nível das paredes.

Nas paredes térreas foram colocados uma barra de 8 mm a cada 60 cm de parede que, juntamente com o concreto, formaram os pilares. Foram executados furos na viga baldrame com broca a uma profundidade de 10 cm para a colocação dessas barras.

A cada 1 m de altura de parede foi colocado um vergalhão em forma de “U” nos encontros de paredes, conforme a Figura 25, para garantir a amarração das mesmas e foi realizado a concretagem das colunas existentes.

Figura 27 - Encontro de parede com vergalhão “U”



Fonte: Sahara, 2019

Na altura de janelas e portas foram feitas as cintas de amarração com tijolo canaleta e com duas barras de ferro 4,2 mm, grauteando os furos em até dois abaixo do tijolo calha para que se possa garantir que não haja fissuras nos cantos das aberturas de janelas e portas, utilizando copos de plásticos, para que não sejam obstruídos os demais furos (Figura 26). No fim das paredes do térreo foi utilizado uma dupla calha tendo assim duas cintas de amarração no fim das paredes.

Figura 28 - Uso de copos nas canaletas



Fonte: Sahara, 2019



Após a execução das paredes do pavimento térreo foi executado a laje e, logo após, o pavimento superior. No pavimento superior a distância entre as barras de 8 mm foi a mesma utilizada no térreo e a quantidade de cintas de amarração também foi a mesma.

Acima do primeiro pavimento também foi executado laje e logo acima da mesma foi colocado o telhado de proteção.

As instalações, hidráulicas utilizaram os vazios dos tijolos por onde descem as colunas de água fria. Para distribuir os ramais e sub-ramais utilizou-se os tijolos canaleta. Já a instalação sanitária, fez-se necessário a construção de colunas vazadas (ou shafts) para a instalação dos tubos de queda, pois os tubos de 100 mm, não tem como serem embutidos nas paredes.

Para as instalações elétricas também foram utilizados os furos dos tijolos para a passagem da fiação e os interruptores e tomadas foram encaixados diretamente na alvenaria.

Por fim a etapa de acabamento foi o revestimento das paredes, no qual as paredes externas ficaram com os tijolos aparentes necessitando apenas da aplicação de duas demãos de resina acrílica e de rejunte. Nas paredes internas o acabamento foi feito com gesso e assentamento de cerâmica nas áreas molhadas.

### **3.4 Planilhas de custos**

As Planilhas de custos detalham os custos referentes aos materiais e serviços para levantamento da alvenaria e revestimento da residência de tijolo solo-cimento construída em Balsas/MA. A Planilha 01 detalha os custos referentes ao tijolo de solo-cimento, já a Planilha 02 detalha os custos caso essa residência fosse construída com tijolo cerâmico.

O comparativo de custos foi focado apenas nos materiais e serviços para levantamento da alvenaria e revestimento tendo em vista que o revestimento é um dos principais itens que fazem diferença nos custos, uma vez que o tijolo ecológico não necessita de reboco. Itens como instalações elétrica, hidráulicas, elementos estruturais e fundações não foram avaliados.

Planilha 01 – Custos de alvenaria e revestimento - Tijolo de solo-cimento

CÓD.SINAPI	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	P. UNIT	TOTAL R\$
	<b>1.0</b>	<b>ALVENARIA</b>				<b>28.680,30</b>
Mercado	1.1	ALVENARIA DE TIJOLO SOLO-CIMENTO (12,5 X 25X 7 CM)	m²	322,94	88,81	28.680,30
	<b>2.0</b>	<b>REVESTIMENTOS</b>				<b>5.470,21</b>
87413	2.1	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES DE AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10M², ESPESSURA DE 0,5 CM. AF_06/2014	m²	253,02	10,93	2.765,46
88489	2.2	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	m²	253,02	10,69	2.704,74
	<b>3.0</b>	<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 34.150,51</b>

Fonte: Autora, 2019

Planilha 02 – Custos de alvenaria e revestimento - Tijolo cerâmico

CÓD.SINAPI	ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	P. UNIT	TOTAL R\$
	<b>1.0</b>	<b>ALVENARIA</b>				<b>15.814,37</b>
87507	1.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19C M2 (ESPESSURA 9 CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	322,94	48,97	15.814,37
	<b>2.0</b>	<b>REVESTIMENTOS</b>				<b>24.121,74</b>
87871	2.1	CHAPISCO APLICADO SOMENTE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ALVENARIAS INTERNAS , COM DESEMPENADEIRA DENTADA. ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	501,70	14,70	<b>7.374,99</b>
87547	2.2	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10 MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	m²	501,70	14,70	7.374,99
88485	2.3	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	m²	501,70	1,58	792,69
88495	2.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	m²	501,70	6,41	3.215,90
88489	2.5	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS.	m²	501,70	10,69	5.363,17

		AF_06/2014				
	<b>3.0</b>	<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 39.936,11</b>

Fonte: Autora, 2019

Os quantitativos contidos nas planilhas foram obtidos nas plantas arquitetônicas da residência. Já os valores unitários foram obtidos na Tabela Sinapi, cujos códigos das composições de cada item estão descritos nas planilhas.

Para os valores referentes ao tijolo de solo-cimento, foi necessário a elaboração da composição de preços uma vez que não constam na Tabela Sinapi composições de preços referentes ao tijolo solo-cimento. Os valores que comporam os preços do tijolo solo-cimento (Planilha 01 – código mercado) encontram-se na Tabela 02.

Tabela 02 – Composição de preços do tijolo de solo-cimento por metro quadrado

Materiais				
Descrição	Unidade	Consumo	Preço unitário	Total
Tijolo solo-cimento	un	60	0,85	51,00
Argamassa	kg	1,2	7,56	9,07
Cimento	kg	13,48	0,59	7,95
Areia	m <sup>3</sup>	0,003	50,00	0,15
Pedrisco	m <sup>3</sup>	0,003	110,90	0,33
Barra de aço CA-50 8 mm	kg	0,42	4,81	2,02
Resina acrílica incolor	l	0,125	38,8	4,85
Serviços				
Pedreiro	h	1,2	6,65	7,98
Servente	h	1,22	4,48	5,46
<b>Total de materiais e serviços</b>				<b>88,81</b>

Fonte: Autora, 2019

Na tabela 02 o preço do tijolo de solo-cimento foi obtido na fábrica de tijolo de Balsas/MA. Os materiais como a argamassa, o aço, o cimento, a areia e a resina

acrílica foram obtidos em pesquisa no mercado local e os preços da mão de obra foram retirados da convenção coletiva de trabalho 2018/2019 do Sindicato dos trabalhadores na indústria da construção civil e o Sindicato das indústrias da construção civil do estado do Maranhão.

A partir de um comparativo das duas Planilhas observa-se que o custo da obra com tijolos modulares de solo-cimento teve uma redução de 14,49%, comparado com o custo da obra com o tijolo cerâmico. Essa redução poderia ter sido maior ainda caso não tivesse sido feito o revestimento interno, tendo em vista que o tijolo de solo-cimento não necessita de revestimento, porém na residência estudada os proprietários resolveram revestir as paredes internas o que aumentou em 19,07% o custo da obra.

Outro aspecto vantajoso do orçamento da construção de tijolo de solo-cimento é que na composição do tijolo de solo-cimento (Tabela 02) já estão inclusos as armaduras e o concreto que formam as colunas que constituem a parte estrutural ao longo das paredes, já na Planilha de tijolo cerâmico, só é considerado as paredes necessitando-se então da construção da parte estrutural o que encarecerá ainda mais o orçamento de tijolo cerâmico.

## 4 CONCLUSÃO

Analisando o estudo de caso fazendo um comparativo dos valores finais das duas Planilhas de custos observa-se que o custo da obra com tijolos modulares de solo-cimento teve uma redução de 14,49% comparado com o tijolo cerâmico. Assim, pode-se concluir que nessa residência o uso do tijolo de solo-cimento foi economicamente viável em relação ao sistema convencional trazendo economia no custo final da obra.

A grande vantagem, conforme observada nos orçamentos, foi a redução de argamassa de assentamento e a ausência de revestimento das paredes externas, o que reduziu significativamente a quantidade de materiais e de mão de obra.

Vale ressaltar que o comparativo de custos foi focado na alvenaria e no revestimento, que são itens onde se observa diferença de custos, uma vez que o tijolo de solo-cimento não necessita de reboco.

Assim, esse estudo comprovou que houve uma redução de custos na construção da residência do estudo de caso, o que dá um incentivo a utilização desse material sustentável, que traz vários ganhos ambientais e também econômicos.

Por fim conclui-se que o tijolo de solo-cimento é uma excelente opção de construção sustentável, gera benefícios econômicos e que pode ser utilizado como solução aos diversos impactos ambientais que a construção civil gera ao ambiente.

### Sugestões de trabalhos futuros

- Análise dos demais custos da obra a fim de saber se nos mesmos ocorre economia ou não em construções de tijolo de solo-cimento.
- Utilização de resíduos de construção na fabricação dos tijolos de solo-cimento, o que seria uma ótima solução para os resíduos sólidos produzidos pela construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833 Versão Corrigida 2013**: Fabricações de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834 Versão corrigida 2013**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10836**: Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

ANGST, Eliana Reis. **Análise comparativa entre tijolos cerâmicos e tijolos de solo-cimento**. 2013. 87 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013 p. 27.

BLOG COBERTURA LEVES. **7 materiais de construção sustentável para projetos residenciais**. Disponível em <<https://www.coberturasleves.com.br/7-materiais-de-construcao-sustentavel-para-projetos-residenciais/>>. Acesso em 26 mar. 2019.

BLOG PENSAMENTO VERDE. **O perigo do esgotamento dos recursos naturais do planeta**. Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/perigo-egotamento-recursos-naturais-planeta/>>. Acesso em 26 mar. 2019.

BLOG MOBUS CONSTRUÇÃO. **Principais impactos ambientais da construção civil e como evitá-los**. Disponível em <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao/>>. Acesso em 26 mar. 2019.

BRITO, Raquel. **Impactos ambientais: o que é, principais causas e muito mais nesse artigo completo**. Disponível em <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/04/19/impactos-ambientais-o-que-e-acao-do-homem-principais-causas-e-muito-mais-nesse-artigo-completo/>>. Acesso em 26 mar. 2019.

CAMPOS, Roger Francisco Ferreira; WEBER, Eduardo; BORGA, Tiago. Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. **Revista Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação**, Caçador, v. 6, n. 2, p. 18-34, 2018.

CERÂMICA FUTURA. Tijolo cerâmico. Disponível em <<http://ceramicafutura.com.br/produtos-ceramicos/tijolo-ceramico-9x14x24/>>. Acesso em 23 mai. 2019.

CICERI, Taillan. **Estudo comparativo de viabilidade econômica para uma edificação com bloco cerâmico, tijolo cerâmico maciço e tijolo de solo-cimento**. 2016. 89 f. Monografia – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

CITADIN, Daniara. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. Disponível em < <https://www.sienge.com.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-construcao-civil/>>. Acesso em 26 mar. 2019, p. 01.

CORDEIRO, Cristine Ribeiro et al. **Sustentabilidade na fabricação do tijolo solo-cimento: estudo comparativo com blocos convencionais**. 72 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2017.

CORRÊA, Andréa Aparecida Ribeiro et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 30, n. 3, p.503-515, jun. 2006.

DANTAS, Marcelo Buzaglo et al. **Mapeamento de incentivos econômicos para a construção sustentável**. Disponível em <[https://cbic.org.br/sustentabilidade/wp-content/uploads/sites/22/2017/08/Mapeamento\\_de\\_Incentivos\\_Economicos.pdf](https://cbic.org.br/sustentabilidade/wp-content/uploads/sites/22/2017/08/Mapeamento_de_Incentivos_Economicos.pdf)>. Acesso em 01 jul. 2019.

CÔRTEZ, Rogério Gomes et al. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Sistemas & Gestão**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 384-397, 2011.

FERRAZ, André Luiz Nonato; SEGANTINI, Antonio Anderson da Silva. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2004.

JOHN, Vanderley M. **Sustentável custa mais?**, Disponível em <[http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/avaliacao/CT%20Avaliacao\\_Sustentavel%20custa%20mais.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/avaliacao/CT%20Avaliacao_Sustentavel%20custa%20mais.pdf)>. Acesso em 10 jun. 2019.

MAGALHÃES, Cilene Farias Batista. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica nova são José de Itacoatiara/AM: um estudo de caso**. 56 f. Dissertação – Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MAGALHÃES, Lana. **Sustentabilidade**. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/sustentabilidade/>>. Acesso em 18 mar. 2019.

MARTINS, Dayane Faustino. **Sustentabilidade no Canteiro de Obras**. 90 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MORAIS, Marcelo Brito de; CHAVES, Armando Macêdo; JONES, Kimberly Marie. Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea. **Revista Pensar Engenharia**, [S. l.], v. 2, n. 2, p.1-12, jul. 2014.

NASCIMENTO, Álvaro Morais et al. Tijolo modular de solo-cimento como material na construção. **Revista InterScientia**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 187-202, 2018.

NETO, Oscar. **Tijolo Ecológico é opção econômica para a construção civil – Casas Ecológicas e Sustentáveis**. Disponível em <<https://paoeecologia.wordpress.com/2011/09/22/tijolo-ecologico-e-opcao-economica-para-a-construcao-civil-casas-ecologicas-e-sustentaveis/>>. Acesso em 22 mai. 2019.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A conferência de estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 1-25, 2009.

PISANI, Maria Augusta Justi. Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento. **Revista Sinergia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, 2005.

PIRES, Ilma Bernadette Aquino. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares**. 55 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Salvador, Salvador, 2004.

RELATÓRIO BRUNDTLAND “Nosso futuro comum”. 2ª ed. Rio de Janeiro, Editorada Fundação Getúlio Vargas, 1991.

RIBEIRO, Lincoln Ronyere Cavalcante. **Processo de produção e viabilidade do tijolo modular de solo-cimento na construção civil no estado do RN**. 2013. 48 f. Monografia - Curso de Curso de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

SAHARA TECNOLOGIA MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA. **Fotos de obras com o Tijolo Ecológico**. Disponível em <[http://www.sahara.com.br/index.php?m=menu\\_home&action=solocimento](http://www.sahara.com.br/index.php?m=menu_home&action=solocimento)>. Acesso em 22 mai. 2019.

SANTANA, Josiane do Espírito Santo; CARVALHO, Ana Cristina Xavier; FARIA, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de. Tijolo ecológico versus tijolo comum: benefícios ambientais e economia de energia durante o processo de queima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: IBEAS, 2013. p. 1 - 5.



SANTANA, Jefferson Rufino de; SILVA, Michelle Rodrigues da. **Comparativo de custos entre sistema de construções sustentáveis (solo-cimento) x sistema de construção convencional de concreto armado**. 2017. 23 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.

SANTOS, Cleide Siqueira. **A Constituição Federal de 1988 e a Proteção ao Meio Ambiente Equilibrado**. Disponível em <<http://www.conteudojuridico.com.br/artigo,a-constituicao-federal-de-1988-e-a-protecao-ao-meio-ambiente-equilibrado,50695.html>>. Acesso em 26 mar. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO E INDÚSTRIA COMÉRCIO E ENERGIA. **Mineração**. Disponível em <<http://www.seinc.ma.gov.br/areas-de-atuacao/mineracao/>>. Acesso em 30 jun. 2019.

SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil. Disponível em <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_647](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_647)>. Acesso em 03 mar. 2019.

SINDICATO DOS TRABALHADORES NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO MARANHÃO. **Convenção coletiva de trabalho 2018/2019**. Disponível em <<http://www.sinduscon-ma.com.br/wp-content/uploads/2017/11/CCTFEDERACAO-20182019.pdf>> Acesso em 01 jul. 2019.

SOUZA, Adenir Patrício de et al. Análise dos sistemas construtivos com tijolo solo-cimento e bloco cerâmico: uma comparação de custo e qualidade. **Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde**, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 1-3, 2016.

SUSTAINABLE CARBON. **Projeto de carbono**. Disponível em <<http://www.sustainablecarbon.com/projetos/english-balsas/>>. Acesso em 30 jun. 2019.

VIER, Lucas Carvalho et al. Estudo de viabilidade econômica para substituição de bloco cerâmico por tijolo ecológico–estudo de caso1. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25, 2017, Ijuí. **Anais...** Ijuí: UNIJUI, 2017. p. 1 - 5.