

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA
NA APLICAÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO EM
HABITAÇÕES POPULARES NA ILHA DE SÃO LUÍS.**

Julyana da Silva Lima
Prof^o Msc. David Col Debella



SÃO LUÍS – MA
2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO - CAU
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU**

JULYANA DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA NA
APLICAÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO EM HABITAÇÕES POPULARES
NA ILHA DE SÃO LUÍS.**

**São Luís
2016**

JULYANA DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA NA
APLICAÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO EM HABITAÇÕES POPULARES
NA ILHA DE SÃO LUÍS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual do Maranhão como requisito para
obtenção do título de bacharel em Arquitetura e
Urbanismo.

Orientador: Profº Msc. David Col Debella.

**São Luís
2016**

Lima, Julyana da Silva.

Análise da viabilidade construtiva e econômica na aplicação de tijolo de solo-cimento em habitações populares na ilha de São Luís. / Julyana da Silva Lima. - São Luís, 2016.

126 f.

Orientador (a): Prof. Msc. David Col Debella.

Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

1. Sustentabilidade. 2. Habitações populares. 3. Tijolo de solo-cimento. I. Título.

CDU: 692 (812.1)

JULYANA DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA NA
APLICAÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO EM HABITAÇÕES POPULARES
NA ILHA DE SÃO LUÍS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual do Maranhão como requisito
para obtenção do título em bacharel em Arquitetura
e Urbanismo.

Orientador: Prof^o Msc. David Col Debella

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMIDAORA

Orientador:

Prof. MSc. David Col Debella
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Examinadora:

Prof. Dra. Sanadja Medeiros
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Examinador convidado:

Prof. Walber Filho
Universidade CEUMA

Aos meus pais que, com muito amor e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, poderoso, soberano e fiel, agradeço por Sua abundante graça em minha vida. Dentre as inúmeras bênçãos nesta vida passageira, uma delas foi o privilégio de ingressar na universidade e chegar a conclusão do curso, diante de muitas batalhas e conquistas. Tudo que tenho e sou vem do Senhor.

Aos meus pais, Inaldo e Christianne, e a minha irmã, Natália, por serem a expressão física do amor de Deus na minha vida. Pai e mãe, as palavras, os sentimentos e as ações jamais serão capazes de mensurar a imensidão do meu amor e gratidão por vocês. Obrigada por todo cuidado e dedicação incondicional à mim, sem vocês não chegaria até esta etapa de minha vida. Naty, minha amiga, irmã e companheira de todos os momentos, quando eu penso na força, fé e determinação inerentes a tua personalidade, eu me sinto motivada a persistir e buscar o propósito perfeito de Deus. Sou grata pela tão forte presença de vocês em minha caminhada a ponto de jamais conseguir me visualizar sozinha ao longo de toda a minha vida. Esta vitória é muito mais de vocês do que minha!

À toda minha família e parentes de laços paternos e maternos, agradeço por todos os momentos em que estiveram presentes na minha trajetória e da minha irmã, esperando e torcendo pelo nosso melhor em todas as áreas de nossas vidas. A nossa união nos faz mais fortes e também constitui a nossa base.

Aos meus amigos e irmãos Abrahão e Hugo. Obrigada por todo o auxílio, apoio e força nesta etapa de conclusão. O trabalho com certeza não alcançaria os mesmos resultados se não houvesse esclarecimentos e até mesmo orientação em algumas áreas do conhecimento que envolvia a área da engenharia e geografia.

Aos meus queridos colegas de faculdade, que guardo com todo carinho no coração, e que percorreram comigo todos os desafios, os estudos e trabalhos acadêmicos “grandiosos”, mas que também vivenciaram inúmeros momentos de alegria. Em especial, agradeço às amizades com laços mais profundos que foram construídas ao longo destes cinco anos, vocês deixaram a jornada mais leve e divertida e pretendo leva-las por toda a vida.

Aos professores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão (FAU-UEMA). Sem dúvidas, vocês foram

essenciais para a minha formação acadêmica ao me levar a desenvolver habilidades, adquirir novos conhecimentos e motivar minha busca pelo aperfeiçoamento acadêmico e profissional. Agradeço de coração, por todo auxílio e incentivo direcionados a mim e meus colegas, todos fazem parte desta minha realização no curso.

Ao meu orientador, Prof^o. Msc. David Col Debella, pelo acolhimento, paciência e total atenção em cada consultoria. Não poderia ter escolhido um orientador melhor, além de fazer todas as observações pertinentes para que este trabalho fosse elaborado da melhor forma possível, ainda fornecia um enorme incentivo para que eu continuasse mesmo diante dos obstáculos. A responsabilidade, determinação e zelo pela docência já conhecida em sala de aula, foram também comprovados ao longo de toda a orientação. Obrigada por tanto comprometimento.

Nestes árduos cinco anos de muito aprendizado, trabalho e esforço, é gratificante finalizar com uma retrospectiva tão positiva. Ao lembrar de todos os períodos, percebo o quanto cada momento valeu a pena e foi crucial para o presente desfecho. Trata-se da realização de um dos meus maiores sonhos, a conquista de uma das principais metas, a alegria indizível de um dos momentos mais marcantes da minha vida. Meu coração transborda de gratidão por ter chegado até aqui.

“Pois a terra pertence a Deus por causa da criação e a nós por causa da delegação”

(John Stott)

RESUMO

No Maranhão, assim como em outros locais do país, as necessidades mínimas de habitação para a população de baixa renda não são atendidas de forma eficiente. Em busca de melhorias na problemática habitacional do país, o governo federal tem incentivado e investido em programas habitacionais e políticas públicas voltados para a população em estudo. No entanto, a indústria da construção civil recorre às técnicas construtivas, processos de produção e materiais que acarretam impactos negativos ao meio ambiente. Neste sentido, a pesquisa visa contribuir para a diminuição dos custos, baixo impacto ambiental e aproveitamento de matéria prima, onde o uso do tijolo de solo-cimento apresenta soluções para uma sustentabilidade na construção de habitações populares. De acordo com os resultados obtidos na pesquisa indicou-se o uso do tijolo de solo-cimento como possível alternativa aos métodos construtivos convencionais, especificamente tijolos cerâmicos, em todo o território da Ilha de São Luís. Para o embasamento teórico, buscou-se aprofundar o panorama e contexto histórico da habitação no Brasil, através de artigos e trabalhos acadêmicos que abordam assuntos relacionados ao tema.

Palavras-Chaves: Sustentabilidade, Habitações populares, Tijolo de solo-cimento.

ABSTRACT

In Maranhão, as well as elsewhere in the country, the minimum housing needs for low-income people are not served efficiently. Seeking improvements in the housing problem in the country, the federal government has encouraged and invested in housing programs and public policies focused on the study population. However, the construction industry uses the building techniques, production processes and materials that cause negative impacts to the environment. In this sense, the research aims to contribute to the reduction of costs, low environmental impact and use of raw materials, where the soil-cement technique presents solutions for sustainability in the construction of affordable housing. According to the results obtained in the survey indicated the use of soil-cement brick as a possible alternative to conventional construction methods, specifically ceramic bricks in the whole of São Luís Island. For the theoretical background, we sought to deepen the panorama and historical context of housing in Brazil, through articles and academic papers that address issues related to the topic.

Key Words: Sustainability, Popular Habitation, Soil-cement Bricks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Domicílios particulares permanentes.	28
Figura 2: Habitações precárias: Casa de taipa, palafitas e casas improvisadas debaixo da ponte.	29
Figura 3: Habitações MCMV.	30
Figura 4: Tripé sustentável.	36
Figura 5: Casa Sustentável.	38
Figura 6: Ecovila Viver Simples, no município de Itamonte (MG).....	39
Figura 7: Principais certificações ambientais no Brasil.	40
Figura 8: Tijolos de Solo-cimento	41
Figura 9: Assentamento dos tijolos.	43
Figura 10: Principais formatos de tijolos de solo-cimento.....	43
Figura 11: Centro de Pesquisas da PCA - Portland Cement Association em Washington DC.....	47
Figura 12: Fluxograma do Processo de fabricação do Tijolo de Solo-cimento	50
Figura 13: Teste da caixa	52
Figura 14: Ensaio granulométrico simples em pote de vidro.....	53
Figura 15: Ensaio do bolo de terra	53
Figura 16: Mistura dos componentes (solo, cimento e água).....	55
Figura 17: Prensa manual e Prensa hidráulica.	57
Figura 18: Armazenamento de tijolos em galpão.	58
Figura 19: Esforço de compressão nos tijolos.....	60
Figura 20: Interligação dos tijolos.	60
Figura 21: Modulação dos tijolos	61
Figura 22: Assentamento dos tijolos de solo-cimento.....	61
Figura 23: Dilatação dos tijolos de solo-cimento.	62
Figura 24: Espaçamento entre tijolos de solo-cimento.	62
Figura 25: Meio tijolo de de solo-cimento.	63
Figura 26: Estrutura em alvenaria de tijolos de solo-cimento.	63
Figura 27: Sustentação, amarração e preenchimento das colunas.	64
Figura 28: Opções de amarração (paredes perpendiculares).	65
Figura 29: Cintas de amarração com tijolo canaleta.....	65
Figura 30: Distribuição de colunas na edificação.....	66
Figura 31: Sistema construtivo modular na edificação.....	67
Figura 32: Instalações elétricas em tijolos de solo-cimento.	68

Figura 33: Instalações hidráulicas em tijolos de solo-cimento.	68
Figura 34: Acabamentos de paredes: Tijolo cerâmico x tijolo solo-cimento.	69
Figura 35: Propriedades termo-acústicas.	70
Figura 36: Encaixes dos tijolos de solo-cimento.	72
Figura 37: Mapa de localização – Residencial Luís Bacelar.	77
Figura 38: Residencial Luís Bacelar.....	78
Figura 39: Residencial Luís Bacelar (áreas das lavanderias).....	78
Figura 40: Esquema de Viabilidade.	80
Figura 41: Recorte do Mapa – Classificação dos solos no Maranhão 82	82
Figura 42: Mapa Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Maranhão..... 83	83
Figura 43: Mapa do Município de São Luís com sobreposição de Latossolo amarelo..... 85	85
Figura 44: Localização dos pontos de extração das amostras de solo..... 87	87
Figura 45: Ensaio de peneiramento- série de peneiras padronizadas e aparelho elétrico de peneiramento..... 88	88
Figura 46: Gráfico de granulometria geral. 89	89
Figura 47: Casa popular feita com tijolos de solo-cimento em Cuiabá-MT. 91	91
Figura 48: Prensa Hidráulica SAHARA – Prensa Multifuncional HP2. 93	93
Figura 49: Triturador JAG 5000. 94	94
Figura 50: Reboco em alvenaria de tijolo de solo-cimento..... 104	104
Figura 51: Pintura externa em alvenaria de tijolo de solo-cimento..... 105	105
Figura 52: Gráfico comparativo..... 107	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa do Déficit habitacional geral e por componentes 2007-2012.	27
Tabela 2: Dados básicos – Déficit Habitacional Nordeste	29
Tabela 3: Estimativas da geração de resíduos da construção civil em diversos países.	32
Tabela 4: Consumo de energia estimado para produção de materiais de construção nos EUA (COLE, ROUSSEAU, 1992) MJ/ton.	33
Tabela 5: Tipos de tijolos de solo-cimento no Brasil.....	45
Tabela 6: Equipamentos de produção – Prensa Hidráulica.	92
Tabela 7: Especificações Técnicas – Prensa Hidráulica HP2.....	93
Tabela 8: Dados Técnicos – Tijolo Ecológico.	95
Tabela 9: Comparativo da economia no item Estrutura.	97
Tabela 10: Custos de compra de tijolos de solo-cimento.	98
Tabela 11: Produção “in loco” - Despesas indiretas.	99
Tabela 12: Produção “in loco” – Capacidade mensal.....	100
Tabela 13: Produção “in loco” - Custos de insumos.	100
Tabela 14: Produção “in loco” – Custo total de produção.....	101
Tabela 15: Composição de alvenaria de tijolo de solo-cimento.	102
Tabela 16: Comparativo da economia no item Alvenaria.....	103
Tabela 17: Comparativo da economia no item Revestimento.....	104
Tabela 18: Comparativo da economia no item Pintura.	106
Tabela 19: Comparativo geral de custos.	107
Tabela 20: Comparativo da economia no item Instalações.	108

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA	16
2.1	Ecológica	17
2.2	Econômica	18
2.3	Técnica	19
3	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo Geral	21
3.2	Objetivos Específicos	21
4	METODOLOGIA	22
5	PROBLEMÁTICA HABITACIONAL BRASILEIRA	24
5.1	Habitação Popular no Brasil	24
5.2	Déficit Habitacional	25
6	CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE	31
6.1	Impactos ambientais da indústria da construção civil	31
6.2	A Sustentabilidade na Construção Civil	34
7	TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	41
7.1	Conceituação	41
7.2	Histórico	45
7.3	Processo de Fabricação	49
7.3.1	Extração	50
7.3.2	Preparação	54
7.3.3	Mistura	55
7.3.4	Moldagem	57
7.3.5	Cura	58
7.4	Sistema Construtivo	59
7.5	Vantagens e Desvantagens	69
8	ESTUDO DE CASO	77
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES	80

9.1 Viabilidade construtiva.....	80
9.1.1 Matéria-prima	81
9.1.2 Mão de obra.....	90
9.1.3 Equipamentos	91
9.2 Viabilidade econômica	95
9.2.1 Estrutura	97
9.2.2 Alvenaria.....	97
9.2.3 Revestimento	103
9.2.4 Pintura	105
10 PROPOSIÇÕES FUTURAS.....	110
11 CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	114
ANEXOS	121

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de incorporar técnicas construtivas com mínimo impacto ambiental e com possibilidade de redução de custos pode ser considerada como uma solução adequada para os crescentes índices de déficits habitacionais no estado do Maranhão.

Esta pesquisa trata sobre o uso de uma técnica construtiva sustentável, verificando impactos econômicos e fatores exequíveis para possível uso local em habitações populares na Ilha de São Luís. O uso de bloco cerâmico em habitações populares apresenta-se como o tipo mais comum da técnica para vedação e delimitação de espaços da edificação. O estudo sugere o uso da técnica do Tijolo de Solo-cimento, também denominado Bloco de Terra Comprimida (BTC), como alternativa apropriada para a realidade local.

Para o embasamento teórico e concepção de uma visão geral dos principais conceitos envolvidos na pesquisa, utilizou-se como aprofundamento artigos sobre o panorama e contexto histórico de habitação de interesse social no Brasil, bem como as dificuldades de acesso à moradia no Maranhão, e as importantes considerações acerca das características, conquistas e desafios da Sustentabilidade na indústria da construção civil.

Este trabalho visa analisar a viabilidade construtiva, através da explanação da aplicabilidade da técnica abordada sob as perspectivas do funcionamento, processo de produção, aplicabilidade e uso. A análise da viabilidade econômica será abordada por meio de um orçamento comparativo de habitação popular tradicional com o uso do bloco cerâmico e a habitação popular sustentável com a técnica construtiva proposta, apontando possíveis aspectos de eficiência na redução do problema habitacional do Maranhão.

Portanto, a introdução do tijolo solo-cimento na indústria da construção de casas populares, permite à preservação do meio ambiente com os resultados voltados a apresentar redução de custos, direcionando mudanças no cenário da construção civil maranhense rumo à adoção de técnicas construtivas sustentáveis. Assim, a pesquisa em questão aponta para o desenvolvimento de habitações populares que proporcionem uma moradia acessível e de qualidade à população de baixa renda, além do desenvolvimento econômico do Estado.

2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema em estudo justifica-se pela primordialidade no desenvolvimento de alternativas sustentáveis que auxiliem a redução do déficit habitacional do Maranhão e do país. Atualmente, existe uma ausência de consciência ambiental na produção massiva de habitações, visto que a indústria da construção civil destaca-se como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (CIB, 2013).

Segundo Fernandes (2003), a habitação desempenha três funções diversas: social, ambiental e econômica. Como função social, tem de abrigar a família e é um dos fatores do seu desenvolvimento. Como função ambiental, a habitação determina tanto o impacto das estruturas urbanas sobre os recursos naturais disponíveis no entorno, quanto o impacto das próprias consequências diretas ou não da implantação da edificação no meio construído. Como função econômica, a habitação oferece oportunidades de emprego através de sua produção, mobilizando vários setores da economia e influenciando ainda o mercado de consumo (imobiliário, bens e serviços).

Simultaneamente, o crescimento exacerbado das cidades acarreta um significativo impacto ambiental em diversas áreas. Tais problemáticas alertam para a necessidade de construções de edificações eficientes, abrangendo também as habitações populares.

No panorama atual brasileiro, notam-se grandes investimentos na produção de moradias com inclinação à Sustentabilidade, contudo poucos são direcionados para as habitações de interesse social ou habitações populares. Além disso, é pouca ou inexistente a preocupação ecológica nas etapas envolvidas na construção civil de tais habitações.

Torna-se cada vez mais crucial valer-se de especificidades ambientais locais para promover uma qualidade, economia e sustentabilidade nas construções de habitações populares. Na Ilha de São Luís, a área de estudo da pesquisa, os eventos e recursos naturais - tais como chuvas, alta incidência solar, ventos fortes e a terra arenosa-argilosa em abundância -, poderiam ser levados em consideração no

planejamento das obras, na concepção dos projetos e nas aplicações das técnicas construtivas a serem utilizadas. A redução de desperdícios, a obtenção de energias renováveis e o bom desempenho da edificação por práticas sustentáveis em habitações precisam passar por uma desconstrução de imagem de soluções caras e inviáveis, através de estudos que comprovem a existência de técnicas sustentáveis simples, eficientes, econômicas e recompensadoras.

Dessa forma, uma habitação popular sustentável inclui aspectos econômicos e aspectos ambientais, vinculando valor à qualidade de vida do indivíduo e à comunidade.

2.1 Ecológica

A proposta de uma habitação popular não deveria enquadrar-se apenas na questão econômica, isto é, adoções de soluções de baixo custo. Deve englobar a melhoria da qualidade de vida e preservação do meio ambiente. Uma construção sustentável consiste em uma visão de inclusão social, de forma econômica e ambientalmente correta. De acordo com Sattler (2007):

“Estima-se que 50% dos recursos materiais extraídos da natureza estão relacionados à atividade de construção; mais de 50% da produção de resíduos provém do setor de construção e 40% da energia consumida na Europa está associada à atividade da construção. (...) Levantamentos realizados no NORIE identificaram um consumo de mais de 2 toneladas de materiais de construção, por metro quadrado de área edificada, para a construção de uma edificação habitacional.” (KUHN, 2006, p.175 apud SATTLER, 2007, p.4).

A indústria da construção civil possui uma grande responsabilidade pela degradação ambiental no planeta. Pinto (1999) afirma que a necessidade de preservação ambiental e a possível escassez dos recursos naturais levam a construção civil à aquisição de novos conceitos, buscando soluções técnicas que visem à sustentabilidade de suas atividades.

Alguns fatores devem ser avaliados nas atividades construtivas sob a ótica da sustentabilidade, dentre eles, cita-se: consumo de energia, consumo de água, poluição (atmosférica, hídrica, auditiva, etc.), geração de resíduos e extração de recursos naturais. Vale ressaltar que determinados fatores citados são considerados durante as fases de concepção e planejamento da obra, execução e,

operação da construção até a sua finalização, envolvendo todas as etapas construtivas.

Casanova (1988) assegura que na produção do tijolo solo-cimento dispensa-se o cozimento, sendo este processo imprescindível na fabricação dos tijolos cerâmicos, o que impede a queima de 12 árvores de médio porte ou 170 litros de óleo a cada milheiro de tijolos, visto somente no aspecto desta fase de fabricação. Partindo do princípio que a técnica sustentável proposta promove a extração, reutilização e conservação dos recursos naturais, através da obtenção de matérias-primas abundantes no planeta aliadas ao uso consciente de recurso do meio ambiente.

Neste contexto, o uso do Tijolo Solo-Cimento ou Bloco de Terra Comprimida (BTC), pode ser classificado como solução construtiva de grande eficiência ecológica para o usuário e para o meio ambiente.

2.2 Econômica

Como já dito anteriormente, uma proposta de habitação ecologicamente sustentável visa essencialmente o uso da utilização de recursos naturais focando na preservação ambiental. Contudo, um projeto com um custo elevado inviabiliza sua execução na maioria dos casos, principalmente na sua aplicação em habitações populares. Portanto, é essencial a busca por sistemas construtivos, estudos de técnicas e materiais alternativos que possibilitem uma redução direta de custos no orçamento ou na relação custo-benefício das construções, gerando uma melhoria da qualidade de vida das pessoas, com conforto ambiental e redução de custos na operação da edificação.

A construção da habitação responde por parcela significativa da atividade do setor de construção civil, e tal setor possui grande força na economia brasileira. Todavia, no ano de 2015 houve a maior queda dos últimos 12 anos no PIB da construção civil. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção:

“Diante de um cenário marcado por deterioração fiscal, incertezas políticas, baixo patamar de confiança, queda na produção, recessão econômica, desemprego elevado e crescente e inflação superior ao teto da meta (estagflação), a Construção Civil, de acordo com os dados divulgados hoje

pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), registrou queda de 7,6% em seu Produto Interno Bruto (PIB). É a segunda queda consecutiva na produção da Construção Civil no Brasil e mais expressiva desde 2003 (-8,9%).” (CBIC, 2016)

Conforme a FIESP (2015), a cadeia da construção civil ocupa 13,5% de toda a força de trabalho do país, e movimentou nos três primeiros meses do ano de 2015 um valor estimado em R\$ 253,6 bilhões, segundo o levantamento realizado pela própria Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. A indústria de materiais e as construtoras, que constituíam juntas 51,4% do PIB setorial, foram as que mais contribuíram para a retração, com queda de 8,1% e 4,5%, respectivamente. O estudo enfatiza também que apenas no primeiro trimestre de 2015 registrou-se a perda de 431 mil postos de trabalho na área da construção civil.

Com este cenário de crise econômica nacional, a habitação torna-se ainda mais inacessível por grande parcela da população brasileira, tornando a problemática habitacional ainda mais grave. Os órgãos governamentais e a população em geral buscam por modelos de habitações econômicas, levando a criação de programas federais habitacionais, como o “Minha Casa Minha Vida” (MCMV).

Trata-se de uma realidade atual e emergencial a necessidade por alternativas de habitações de baixo custo para a população carente. Segundo Conciani (2002), a utilização do tijolo de solo-cimento gera redução de custos na construção de habitações populares, podendo atingir até 40% do custo total da edificação.

Ao propor uma construção com preocupação ambiental e econômica, através de materiais alternativos para a construção que podem ser encontrados na própria região ou através do reaproveitamento consciente de recursos naturais, atinge-se a um dos objetivos desta pesquisa que é propor uma contribuição para um projeto com maior inclusão social.

2.3 Técnica

É inconcebível imaginar a viabilidade econômica sem uma análise criteriosa da viabilidade construtiva. Esta análise busca uma alternativa para a habitação popular em escala, avaliando seus aspectos de execução na região

metropolitana de São Luís, analisando desde a verificação da existência da matéria-prima, extração, transporte, fabricação, mão de obra e outros possíveis fatores determinantes para a viabilidade construtiva na realidade econômica e geográfica local.

A alvenaria de tijolos de solo-cimento, em razão de sua otimização de mão de obra e velocidade de execução, pode vir a ser um dos sistemas construtivos sustentáveis mais viáveis para o segmento da construção civil de habitações populares. Neves (1989) afirma que o tijolo de solo-cimento, sendo este fabricado por sistema produtivo manual ou automatizado, constitui um elemento de viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais realizados tanto por mutirão como por administração direta, em decorrência da mão de obra já familiarizada com o sistema construtivo em alvenaria por tijolos cerâmicos e pela facilidade de assimilação dos operadores dos equipamentos utilizados na produção.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é fomentar a inserção de técnicas construtivas sustentáveis em habitações populares no Maranhão, reduzindo o déficit habitacional do Estado através de edificações de baixo custo e eficientes aos seus usuários. No trabalho em questão, enfatiza-se o uso da terra na construção civil através do uso do Tijolo solo-cimento (Bloco de Terra Comprimida ou BTC), analisando a viabilidade técnica e econômica de tal técnica construtiva na Ilha de São Luís.

3.2 Objetivos Específicos

- Esclarecer brevemente a problemática do déficit habitacional no Estado do Maranhão;
- Apresentar os principais impactos ambientais da construção civil;
- Relatar o conceito da sustentabilidade na construção civil;
- Explanar o funcionamento, características e benefícios ambientais da técnica construtiva abordada.
- Apresentar o projeto e orçamento de uma casa popular padrão existente em São Luís, comparando com o orçamento da mesma habitação utilizando o Tijolo de solo-cimento;
- Demonstrar a viabilidade construtiva e econômica de habitações populares através de uso do Tijolo solo-cimento, como alternativa na substituição do uso de tijolo cerâmico.

4 METODOLOGIA

A fundamentação teórica da pesquisa tratará de dois temas essenciais: a problemática habitacional brasileira, e os conceitos de Sustentabilidade no setor da construção civil.

Ao abordar a questão da problemática habitacional brasileira, busca-se tratar dos conceitos gerais de habitação popular, aprofundando de forma breve e sucinta o panorama atual de tal habitação no país e no Estado do Maranhão, além de apresentar dados do déficit habitacional, causas e desafios da habitação local.

Discute-se também a relação da Construção Civil e Sustentabilidade, aprofundando-se nas seguintes áreas: os impactos ambientais da indústria da construção civil; e a sustentabilidade na construção civil, apresentando conceitos e histórico do surgimento do termo, a construção sustentável, explicando o conceito e as atribuições para uma edificação assim ser classificada, e uma breve referência às certificações ambientais, demonstrando o papel significativo das mesmas como medidores avaliativos e norteadores das construções sustentáveis.

Após o embasamento teórico para compreensão das várias problemáticas inerentes ao tema da pesquisa monográfica, os assuntos tratados serão mais especificados para apresentar as soluções sustentáveis em habitações populares através do objeto de estudo do trabalho. A partir disso, serão abordados o material e a técnica construtiva no uso de Tijolo de Solo-cimento, explicando o histórico, processo de fabricação, sistema construtivo, e as vantagens e desvantagens de habitações no mundo com tal solução sustentável. Essa etapa de proposição de possíveis soluções consiste ainda na apresentação do projeto arquitetônico e planilha orçamentária de uma habitação popular convencional existente no Maranhão. A escolha de uma habitação específica para análise levará em consideração à sua implantação constante no Estado, a sua popularidade evidenciada, e as discussões já existentes em torno das características arquitetônicas e construtivas adotadas neste projeto.

Segue-se a pesquisa monográfica com apresentação dos resultados obtidos por meio da análise da viabilidade das soluções escolhidas para a aplicação em uma habitação popular tradicional no Maranhão. Assim, apresenta-se a possível

viabilidade construtiva ao expor a exequibilidade das etapas necessárias para a execução local a partir da existência ou capacidade de obtenção da matéria-prima, equipamentos e mão de obra. Além disso, será abordada a viabilidade econômica através de um comparativo entre uma planilha orçamentária da habitação popular selecionada e a mesma com a substituição pela técnica sustentável estudada. Dessa forma, apresenta-se uma viabilidade referenciada de uma construção de habitação eficiente, sustentável e econômica sob o uso do tijolo de solo-cimento.

5 PROBLEMÁTICA HABITACIONAL BRASILEIRA

5.1 Habitação Popular no Brasil

Desde o homem primitivo, torna-se claro a necessidade de moradia como elemento básico, cuja busca por abrigo levava-o a ocupar cavernas e as copas das árvores para se proteger das ameaças naturais. Com o advento do progresso tecnológico, a humanidade começou a construir seu próprio abrigo, fixando-se e criando consequentes aldeias para praticar suas atividades de subsistência. Embora com toda a evolução técnica, a função primordial da moradia ainda permanece, ou seja, “proteger o ser humano das intempéries e de intrusos” (ABIKO, 1995).

Com todas as desigualdades socioeconômicas, a habitação também possui diferentes configurações. A habitação pode ser considerada como um produto caro e, por isso, no Brasil, as classes menos privilegiadas formam a maior demanda imediata, segundo dados da FJP (Fundação João Pinheiro, 2001). O termo Habitação de Interesse Social (HIS) define uma série de soluções de moradia voltada à população de baixa renda. Este termo é muito utilizado e tem prevalecido em estudos referentes à gestão habitacional, conforme segue abaixo (ABIKO, 1995, p. 14):

- Habitação de Baixo Custo (low-cost housing): termo utilizado para designar habitação barata sem significar necessariamente uma habitação para população de baixa renda;
- Habitação para População de Baixa Renda (housing for low-income people): é um termo mais adequado que o anterior, tendo a mesma conotação que habitação de interesse social. Vale lembrar que estes termos traz a necessidade da definição da renda máxima das famílias e indivíduos situados nesta faixa de atendimento;
- Habitação Popular: termo genérico envolvendo todas as soluções destinadas ao atendimento de necessidades habitacionais.

No Brasil, a habitação é vista sob a ótica de uma complexa problemática há décadas. Conforme Junqueira e Vita (2005, p. 11):

Hoje a aquisição da habitação faz parte do conjunto de aspirações principais de uma parcela significativa da população brasileira, embora

venha perdendo importância relativa para a educação, saúde e previdência privada. Esta perda de importância relativa não foi devido à realização da aspiração da moradia pela população, mas, em grande parte, devido à deficiência crescente destes serviços públicos. (JUNQUEIRA E VITA, 2002 apud LARCHER, 2005, p. 11).

Com a promulgação do Estatuto das Cidades (Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001), que regulamenta a Constituição, a função social do solo urbano foi autenticada e a habitação apropria-se com efeito do direito básico da população. Desde então, um enfoque maior é orientado às políticas e estratégias habitacionais para a população de baixa renda, sendo estas legalmente submetidas aos interesses coletivos, isto é, visando o bem comum da sociedade.

O Ministério das Cidades - criado em 2003 para elaboração de políticas públicas de desenvolvimento urbano, de habitação, de transporte urbano e de trânsito -, enfatiza que uma habitação social distingue-se de qualquer outra habitação meramente pela pouca disponibilidade financeira de seus moradores. As necessidades são semelhantes, contudo, devido à minimização de custos nos investimentos, o projeto arquitetônico tem seus espaços reduzidos e elementos construtivos são simplificados. Tanto o conceito quanto a prática dessas habitações populares não se enquadra nos critérios de redução do consumo, geração de energia, preservação dos recursos naturais, proteção da saúde, qualidade de vida e a consequente produtividade da população. Ocorre uma reprodução de habitações com padrões arquitetônicos sem preocupação alguma com as “características regionais, desconsiderando as diversidades socioeconômicas, culturais, climáticas e tecnológicas existentes dentro do nosso território, resultando em construções de baixa qualidade construtiva e não atendem às necessidades de seus usuários” (TAKEDA, 2005 apud FITTIPALDI, 2008).

Portanto, é necessário pensar a habitação como uma estrutura resultante de um processo complexo, considerando os fatores políticos, sociais, econômicos, legais, ambientais e tecnológicos.

5.2 Déficit Habitacional

A América Latina possui aproximadamente de 30 a 50% das famílias classificadas como pobres e suas habitações como escassamente subsidiadas,

constituindo o setor informal, enquanto que 15 a 30% das habitações são carentes, sem contar com apoio ou subsídios habitacionais, fazendo com que ambas as classes utilizem a autoconstrução para se valer do direito à moradia (Salas, 1998).

O Brasil, devido suas características continentais e as diferenças naturais, continua desenvolvendo situações desiguais em seu território, amplificado pelo crescimento das cidades aliado aos problemas econômicos e estruturais. A difusão desses problemas transpassam os vários setores da sociedade e produzem um ambiente urbano com alta segregação sócio espacial e econômica.

O quadro habitacional contemporâneo brasileiro aponta para tais disparidades, produto de anos de conflitos pela moradia e pelo direito ao solo urbano. Várias cidades possuem boa parte da população habitando em imóveis ilegais, localizados em favelas ou loteamentos clandestinos. Ao longo de décadas, o Estado buscou solucionar o problema habitacional com a construção de conjuntos habitacionais e pesquisas em inovações tecnológicas, porém foram de pouca eficácia à realidade local.

Segundo IPEA (2013), o déficit habitacional é um dos indicadores na política habitacional com função de informar à sociedade e aos gestores públicos sobre a necessidade de compensação do número de moradias existentes, sendo estas incapazes de atender dignamente aos moradores, em razão de sua precariedade ou do desgaste trazido pelo uso ao longo do tempo, assim como sobre a necessidade de melhorar as moradias existentes, principalmente nos casos em que famílias estão em situação de coabitação involuntária. Os dados de déficit habitacional, adotados pelo Ministério das Cidades como base para acompanhamento da política nacional de habitação em todo o país, vêm sendo realizado e atualizado pela Fundação João Pinheiro (FJP). Logo, o conceito de déficit habitacional, segundo a FJP, não se refere apenas à necessidade de expansão de habitações de interesse social.

O termo déficit habitacional, consoante ao conceito desenvolvido pela FJP (2014), abrange quatro componentes: domicílios precários; coabitação de mais de uma família em um mesmo domicílio; ônus excessivo com locação para famílias com renda domiciliar de até 3 salários mínimos em imóveis urbanos; e domicílios

alugados com adensamento excessivo, isto é, mais de três moradores por cômodo usado como dormitório (IPEA, 2013).

O IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) apresentou estimativas do déficit habitacional brasileiro no período de 2007 a 2011, calculado a partir de dados das PNADs 2007, 2008, 2009 e 2011, preponderados a partir do Censo 2010 (IBGE, 2012). Além do déficit total, foram feitas ainda as estimativas para os quatro elementos que compõem o conceito de déficit habitacional (geral e por componentes), para as áreas urbanas e rurais, para as unidades da federação e para regiões metropolitanas disponíveis na amostra da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios).

Conforme segue abaixo, houve redução sistemática do indicador do déficit habitacional entre os anos de 2007 e 2012 (Tabela 1), restando de 5,59 milhões de domicílios em 2007 para 5,24 milhões de domicílios em 2012. A redução do déficit ocorreu concomitantemente à melhoria do número total de domicílios.

	2007	2008	2009	2011	2012
Número de domicílios	55.918.038	57.703.161	58.684.603	61.470.054	62.996.532
Déficit habitacional	5.593.191	5.191.565	5.703.003	5.409.210	5.244.525
Precárias	1.244.028	1.139.729	1.074.637	1.163.631	870.563
Rústico	1.135.644	1.039.445	1.005.875	1.034.725	785.887
Improvisados	108.384	100.284	68.762	128.906	84.676
Coabitação	2.307.379	2.032.334	2.315.701	1.808.314	1.757.160
Cômodos	214.476	190.213	224.120	237.914	178.433
Conviventes com intenção de mudar	2.094.410	1.842.670	2.094.953	1.571.581	1.579.263
Excedente aluguel	1.756.369	1.735.474	2.020.899	2.110.409	2.293.517
Adensamento aluguel	526.900	500.925	539.582	512.925	510.197
<i>Estimativas relativas</i>					
Déficit habitacional	10,00%	9,00%	9,72%	8,80%	8,53%
Precárias	2,22%	1,98%	1,83%	1,89%	1,42%
Coabitação	4,13%	3,52%	3,95%	2,94%	2,86%
Excedente aluguel	3,14%	3,01%	3,44%	3,43%	3,73%
Adensamento aluguel	0,94%	0,87%	0,92%	0,83%	0,83%

Tabela 1: Estimativa do Déficit habitacional geral e por componentes 2007-2012.

Fonte: IBGE/PNAD 2007-2012

No Nordeste do país, a maioria dos domicílios apresentam péssimas condições de moradia. O Maranhão possui maior déficit, isto porque 25% do total dessas moradias impróprias estão no Estado. Segundo dados do IBGE (2010), em

2001 o Estado Maranhão, composto por 217 municípios, possuía 1.073,00 (1000 domicílios/unid) considerados como domicílios próprios e, em 2009 o número subiu para 1.375,00 unidades. Conforme gráfico da Figura 1 abaixo:



Figura 1: Domicílios particulares permanentes.

Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio 2001/2009.

No entanto, esses valores não validam condições de qualidade nos domicílios. Considerando o número de habitantes e de domicílios no Maranhão, 21,2% do total não apresentam condições dignas aos moradores (IPEA, 2013). Em 2007, este número era de 28%, mostrando uma redução comparando ao índice sucessor, mas não anula as condições de habitação precárias.

Conforme dados da pesquisa Déficit Habitacional Municipal no Brasil 2010, da Fundação João Pinheiro, em parceria com o Ministério das Cidades (2010), a partir dos números do Censo 2010, o déficit habitacional no Brasil chega a ao número de 6,94 milhões de unidades, sendo 85% na área urbana.

O Maranhão apresenta-se em posição de destaque no ranking de déficit habitacional, ficando com a segunda colocação na Região Nordeste (Tabela 2).

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Habitação precária	Coabit. Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adens. excessivo
Região Nordeste	1.844.141	571.331	615.299	587.010	70.501
Maranhão	407.965	282.491	79.983	40.353	5.138
Piauí	112.269	29.638	71.235	7.977	3.419
Ceará	255.250	57.962	81.496	101.913	13.879
Rio Grande do Norte	112.800	10.677	43.384	50.061	8.678
Paraíba	125.417	13.302	44.337	62.077	5.701
Pernambuco	236.658	44.809	57.024	121.869	12.956
Alagoas	95.040	19.371	37.532	32.082	6.055
Sergipe	81.716	12.655	28.200	38.691	2.170
Bahia	417.026	100.426	172.108	131.987	12.505

Tabela 2: Dados básicos – Déficit Habitacional Nordeste
 Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2013.

O Maranhão também é o estado que possui maior índice de casas de taipa e de palha, bem como o estado com menor índice de habitações com esgotamento sanitário (IBGE, 2014).



Figura 2: Habitações precárias: Casa de taipa, palafitas e casas improvisadas debaixo da ponte.
 Fonte: G1 Maranhão

As classes menos favorecidas da sociedade buscam alternativas de moradias (Figura 2). Como exemplo real dessa realidade, destaca-se a cidade de

São Luís - MA, em que várias modalidades de moradias são identificadas: ocupações irregulares (“invasões”), palafitas, casas improvisadas, cortiços, casas de taipa, etc.

O Governo Federal reafirmou seu compromisso com a universalização do acesso à moradia digna com o lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), cujo objetivo é o incentivo a produção e a aquisição de novas unidades habitacionais; a requalificação de imóveis urbanos; a produção e a reforma de habitações rurais para famílias com renda mensal de até R\$ 5.000,00. Estimulando a produção de Habitação de Interesse Social (HIS) pelo mercado privado formal, o PMCMV apresenta-se como uma estratégia para contribuir com a redução do déficit habitacional, promovendo novos empregos e aumento da renda por meio do aumento dos investimentos no setor da construção civil. Assim, ocorre a inserção de uma parcela da população no mercado formal da habitação, além de proporcionar a distribuição de renda e inclusão social. Abaixo, apresentam-se algumas habitações padrões da modalidade MCMV (Figura 3): empreendimentos habitacionais horizontais ou multifamiliares verticais.



Figura 3: Habitações MCMV.

Fonte: <http://www.minhacasaminhavidainscricao.com/>

Esta pesquisa monográfica busca analisar a contribuição do desenvolvimento de novas tecnologias construtivas na melhoria da qualidade das habitações populares e consequente redução do déficit habitacional na região, buscando soluções potencialmente apropriadas na construção de habitações destinadas à população de baixa renda na Ilha de São Luís do Maranhão.

6 CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

6.1 Impactos ambientais da indústria da construção civil

Segundo dados do CAU (2012), no ano de 2007, a população humana efetivamente passa a habitar em um “planeta urbano”, visto que mais da metade da população mundial passou a viver nas cidades. Isto é notório nos países em desenvolvimento, cujo processo de urbanização tem se intensificado em proporções cada vez maiores. Contudo, também é evidente nas inúmeras grandes conurbações do planeta, uma quantidade expressa em milhares de indivíduos sobrevivendo em condições inadequadas, ocasionando a destruição de áreas verdes, afetando mananciais e ocupando áreas de risco.

No Brasil tem ocorrido um ciclo de desenvolvimento econômico sustentado pela construção civil, mesmo com o impacto das crises externas. O crescimento avassalador das cidades tem elevado o consumo dos recursos naturais a níveis que excedem os limites, o que resulta no aumento da poluição e geração de resíduos. Em decorrência do crescimento urbano, a construção civil cresce exponencialmente, suscitando uma grande preocupação com relação ao meio-ambiente, já que vários estudos apresentam o setor da indústria da construção civil como uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais.

Alguns percentuais sobre o crescimento das cidades são alarmantes e, impõem a necessidade de uma análise urgente de procedimentos dos setores responsáveis privados e públicos, visto que as cidades com todas as suas atividades, serviços e transportes, consomem por volta de 40% dos recursos naturais extraídos e 50% da produção de energia, contribuindo com aproximadamente 50% dos resíduos sólidos, e sendo responsáveis por até 75% das emissões de gás carbono (AsBEA, 2012).

Dentre os maiores impactos da construção civil ao ambiente, sendo estes gerados de forma direta ou indiretamente por suas atividades, destaca-se o alto consumo de energia, a geração de resíduos, perdas e desperdícios no processo construtivo, poluição ambiental e devastadora extração de recursos naturais (vegetação, água, etc).

Ao focar nos impactos somente da atividade da construção civil às cidades e ao meio ambiente, nota-se a emergência por um desenvolvimento sustentável e por uma responsabilidade socioambiental na Construção Civil. Segundo John (2004), estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Consome ainda aproximadamente 2/3 da madeira natural extraída e não ocorre o manejo adequado da maioria das florestas (John, 2004).

SJÖSTRÖM (1996) afirma que em um metro quadrado de construção são gastos cerca de uma tonelada de materiais e o setor da construção ainda é responsável pela maior geração de resíduos de toda a sociedade. Sobre a questão de resíduos, John (2004) enfatiza que o volume de entulhos de construção e demolição gerados pela construção civil chega a ser duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano. O Brasil gera aproximadamente 230 a 660 kg/hab anualmente, conforme Tabela 3.

País	Quantidade Anual		Fonte	Observações
	Mton/ano	Kg/hab.		
Suécia	1,2 - 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)	? ?, 1996
Holanda	12,8 –20,2	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)	
EUA	136 - 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)	(1996)
UK	50 – 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)	1995, 1996
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)	? , 1990-1992
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 –2010		
Itália	35-40	600-690		
Alemanha	79-300	963-3658		? ,1994-1996
Japão	99	785	KASAI (1998)	1995
Portugal	3,2	325	EU (1999)	Exclui solos.
Brasil	na	230-660	PINTO (1999)	Algumas cidades apenas

Tabela 3: Estimativas da geração de resíduos da construção civil em diversos países.

Fonte: John, Vanderley M. (2000).

Quanto ao consumo de energia empregado tanto no processo de fabricação dos materiais utilizados na construção civil, quanto na execução em

canteiro de obras, verificam-se elevados índices. Da mesma forma, a escassa água do planeta também é comprometida pelos investimentos na expansão da construção civil. O consumo de água pela construção civil no Brasil está em torno de 16% de toda a água consumida no país, enquanto o consumo mundial sobe para 20% (ISAE/FGV, 2015).

Para a produção de materiais construtivos, uma enorme quantidade de energia também é consumida, porém poucos dados estão disponíveis no Brasil. Sabe-se que o consumo mundial de energia elétrica pelo setor da construção civil representa cerca de 35%. No Brasil, se esse consumo for equivalente ao mundial, representará um consumo superior ao que é produzido pela hidrelétrica de Itaipu (Brenner, 2015). Os dados da Tabela 4 são referentes ao mercado dos EUA, servindo de base para dimensionamento do consumo de energia elétrica (JOHN, 2000):

Produto	Min	Max
Cimento via seca ¹	1,2	2
Cimento via úmida ¹	4,9	7,4
Madeira Natural	4	7
Compensado	18	
Tijolo cerâmico	2,8	5,8
Gesso	1,4	7,4
Vidro plano	10,2	21,6
Tintas látex (base seca)	76,0	77,7
Poliestireno	105,0	122,8
Aço	25,7	39,0
Alumínio	145,0	261,7

¹Os consumos energéticos da indústria cimenteira brasileira são muito inferiores, seja pela superior eficiência energética no processo, seja pelo elevado índice de reciclagem.

Tabela 4: Consumo de energia estimado para produção de materiais de construção nos EUA (COLE, ROUSSEAU, 1992) MJ/ton.

Conforme pesquisa internacional realizada pela Civil Engineering Research Foundation (CERF), entidade ligada ao American Society of Civil Engineers (ASCE) dos Estados Unidos, a questão ambiental é apresentada como

uma das maiores preocupações dos líderes no setor industrial da construção civil. A implementação de novos métodos mais sustentáveis no âmbito da Construção Civil, de forma que ocorra a redução de todos estes impactos no meio ambiente, promove um desenvolvimento sustentável.

Paiva e Ribeiro (2011) afirmam que para alcançar um desenvolvimento sustentável, as empresas têm que adotar em seus meios de produção medidas de eficiência e de melhor aproveitamento de todos os recursos usados em sua produção. Em canteiros de obras, há muito desperdício quando se poderia ter um melhor reaproveitamento através de novas tecnologias para reutilização das sobras/quebras de materiais (reciclagem) ou utilização de materiais que gerem poucos impactos ao meio ambiente (matéria-prima natural). A economia de custos, sendo este um dos benefícios de algumas soluções sustentáveis, existe quando ocorre a diminuição dos gastos com os materiais que compõe a construção de uma obra, a partir do melhor aproveitamento das matérias-primas e da eliminação das perdas (PAIVA, 2011).

Considerando a precisão urgente por novos métodos construtivos que causem menor impacto ao meio ambiente, o tijolo de solo-cimento exprime uma possível opção, pois ainda possui um fácil processo de fabricação, favorecendo a redução de custos e prazo de construção (MOTTA *et al.*,2014).

6.2 A Sustentabilidade na Construção Civil

O conceito de sustentabilidade sofre exaustão pelo uso abusivo e, em muitas ocasiões, é utilizada de forma inadequada. O termo original aparece associado ao termo desenvolvimento sustentável, cuja definição foi apresentada no relatório de Brundtland. Assim, o termo Desenvolvimento Sustentável surgiu em 1987, no Relatório Nosso Futuro Comum da "Brundtland Commission" (Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento), como "desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1999).

Nos anos posteriores, muitas outras conferências mundiais em prol do desenvolvimento sustentável foram realizadas, dentre elas a Rio'92, no Rio de Janeiro (1992) e a Rio+10, em Johannesburgo (2002). Em tais reuniões, protocolos

internacionais foram firmados para enfatizar a emergência por novos paradigmas mundiais, revisar metas e elaborar instrumentos para o desenvolvimento sustentável. Já no final dos anos 80, a sustentabilidade chegou à agenda da arquitetura e do urbanismo de forma incisiva, levando a uma reformulação de conceitos projetuais e construtivos.

O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) conceitua a construção sustentável como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002, p.8).

A Agenda 21 sobre Construção Sustentável publicada em julho de 1999, identifica o seguinte conjunto de facetas (CIB - International Council for Reserach and Innovation in Building and Construction):

- Sustentabilidade econômica (procura do mercado, custo global dos empreendimentos, processos de construção, gestão da construção, etc.);
- Sustentabilidade funcional de edifícios (necessidades funcionais, qualidade ambiental interior, desempenho técnico, durabilidade de materiais e componentes da construção.);
- Sustentabilidade ambiental (consumo de recursos naturais, biodiversidade, tolerância da natureza, cargas ambientais, etc.);
- Sustentabilidade humana e social (estabilidade social, ambiente construído, aspectos da saúde, estética e cultura das populações, etc.).

Sobre cada uma das facetas, a Agenda 21 aponta os aspectos principais a serem considerados, os principais desafios e as formas de atuação a adotar no caminho da sustentabilidade (Teixeira, 2003).

Na sustentabilidade reúnem-se três conhecidas dimensões: ambiental, social e econômica. A interligação entre esses aspectos permeia a aplicação do conceito de sustentabilidade, seja qual for sua aplicação, almejando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental concomitantemente aos aspectos sociais. Segue abaixo na Figura 4 uma formação do tripé sustentável:

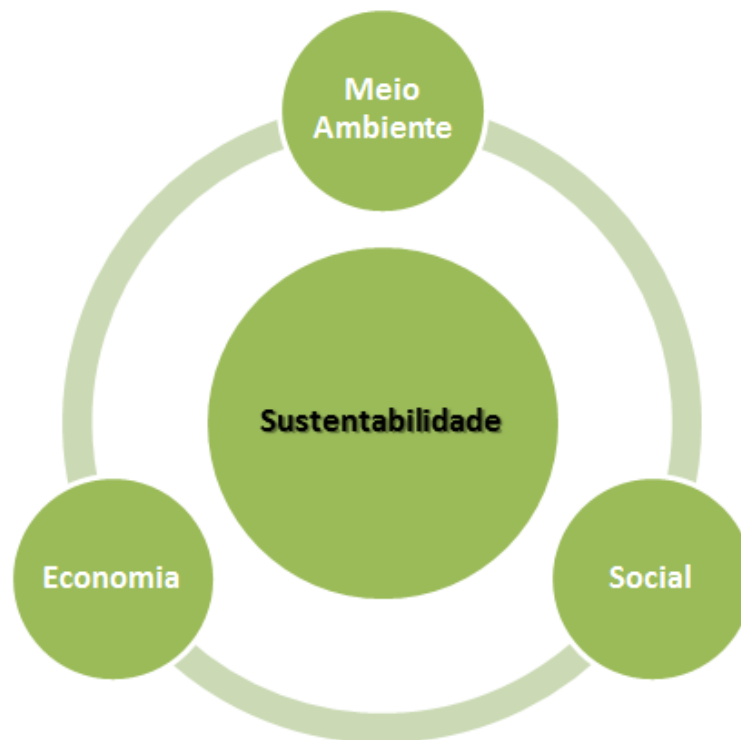


Figura 4: Tripé sustentável.

Fonte: LIMA, 2016;

Dessa forma, a Construção Sustentável aborda o Desenvolvimento Sustentável no contexto da indústria da construção civil, particularizando um conceito global e pressupondo também a interdisciplinaridade, visto que envolve os três temas que compõem o chamado “*triple bottom line*” - ambiental, social e econômico -, aos quais devem ser devidamente tratadas nos processos de projeto, na produção e na operação das edificações.

O conceito amplo de sustentabilidade pode ser dividido em quatro áreas específicas: a sustentabilidade ambiental, a sustentabilidade econômica, a sustentabilidade sociopolítica e a sustentabilidade cultural. A pesquisa em questão enfatiza a sustentabilidade ambiental e econômica na construção.

A sustentabilidade ambiental consiste na adoção de medidas que gerem e assegurem a capacidade do ambiente natural em manter as condições de vida adequadas para os seres vivos, considerando a habitabilidade, a beleza do ambiente e a sua função como fonte de energias renováveis. A sustentabilidade econômica é um conjunto de ações que trata o lucro pela perspectiva social e

ambiental, promovendo a otimização do uso de recursos limitados e a gestão eficiente de tecnologias que poupam materiais e energia.

Um projeto e uma construção sustentável visam por soluções que atendam eficientemente ao programa de necessidades, às restrições orçamentárias, às condições físicas e sociais locais, às tecnologias disponíveis e viáveis, à legislação e à previsão das necessidades durante a vida útil da edificação ou espaço construído.

As construções sustentáveis buscam ainda o acesso de oportunidades ambientais às gerações futuras, direcionada à produção de edificações saudáveis e seguras, através das ações a seguir: redução da poluição; economia de energia e água; diminuição da pressão de consumo sobre matérias-primas naturais; aprimoramento das condições de segurança e saúde dos trabalhadores, usuários finais e comunidade em geral (CIMINO, 2002, p. 5).

O estudo inglês *Costing sustainability, "How much does it cost to achieve BREEAM and EcoHomes ratings (2004)"*, concluiu que em alguns casos a adoção de estratégias avançadas de sustentabilidade ocasionam até a redução de custos. Conforme Antônio Setin, presidente da construtora Setin, a adoção de soluções ambientalmente sustentáveis na construção não acarreta em um aumento de preço, principalmente quando adotadas durante a fase de concepção do projeto. Afirma ainda que o custo de implementação de alguns sistemas construtivos, materiais ou equipamentos para obtenção de uma edificação "verde", possui um percentual de cerca de 5% maior do que um edifício convencional, sendo que sua utilização pode representar uma economia de 30% de recursos durante o uso e ocupação do imóvel.

Resumindo, pode-se dizer que uma construção sustentável não possui uma preocupação voltada apenas para os impactos que podem acarretar ao meio ambiente, abrange também o bem estar dos usuários. A construção sustentável baseia-se no desenvolvimento de um modelo que permite à construção civil propor soluções e enfrentar os principais problemas ambientais da atualidade, sem desconsiderar a tecnologia moderna e à criação de edificações que atendam as necessidades de seus usuários (IDHEA, 2006).

Toda construção para ser sustentável deve ter características básicas que firma-se na integração equilibrada do homem e o ambiente natural. Os tipos de construções sustentáveis são (IDHEA, 2006):

- Construídas com materiais sustentáveis industriais: são as edificações chamadas de “green building” construídas com materiais que reduzem impactos ambientais, mas passam por processos industriais de produção (Figura 5);
- Construídas com resíduos não processados: reutiliza os materiais encontrados no meio ambiente, geralmente urbano, tais como garrafas Pet, pneus de automóveis, latas, cones de papel, sendo mais comum em autoconstruções ou por profissionais alternativos;
- Construídas com materiais de reuso, demolições ou segunda mão: incorpora produtos convencionais e prolonga sua vida útil;
- Construção alternativa: emprega materiais encontrados no mercado e atribui nova função, sendo muito utilizado nas comunidades carentes e se assemelha muito ao modelo de autoconstrução;
- Construções naturais: utiliza materiais encontrados na região a ser construída, com baixo custo, sendo apropriado para locais integrados com a natureza e vegetação.



Figura 5: Casa Sustentável.

<http://www.futurodagente.com.br/financas/casa-sustentavel-mais-economica-do-que-se-imagina>

Esta vertente sustentável pode ser identificada em outros termos, por exemplo, a “casa zero” em que os teóricos alemães chamam de “máximo em sustentabilidade”. O termo “green building”, para construções com fonte alternativa de energia, menor emissão de poluentes, uso de materiais recicláveis, maximização

da iluminação natural, preservação de áreas verdes ou nativas e boa qualidade de ar interno.

A “permacultura” também é um termo utilizado nas práticas sustentáveis e define um sistema de planificação e criação de habitações que busca a harmonia com a natureza. O termo Bioarquitetura é uma ramificação da permacultura, sendo um conjunto de sistemas construtivos que utilizam recursos naturais da região e que preservam o meio ambiente. A Ecovila (Figura 6) é um termo utilizado para descrever as comunidades baseadas neste modelo ecológico que focaliza a integração das questões culturais e socioeconômicas como parte de um processo de crescimento compartilhado, englobando a Bioarquitetura e permacultura.

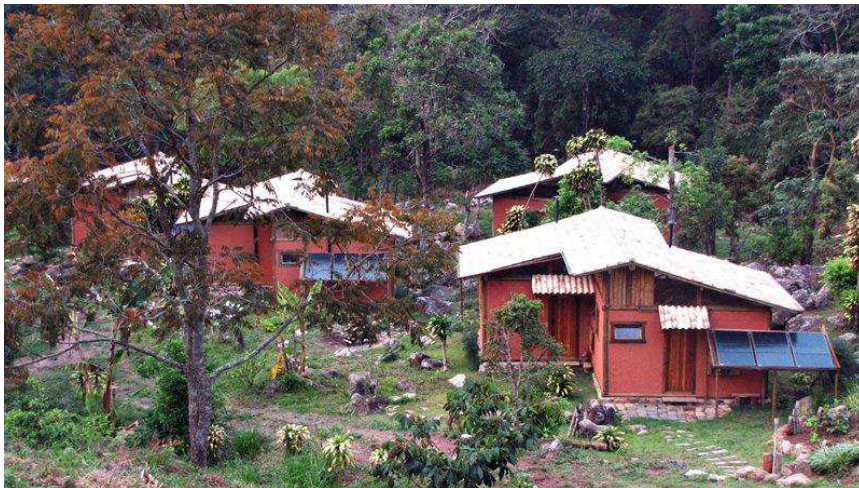


Figura 6: Ecovila Viver Simples, no município de Itamonte (MG)

Fonte: <https://viagem.catracalivre.com.br/brasil/indicacao/conheca-10-ecovilas-brasileiras/>

É indiscutível o estudo de formas mais sustentáveis de construção, pois os recursos naturais do planeta são finitos. Vale ressaltar que não existe construção que não gere impacto, a busca é por intervenções que ocasionem um impacto em menor escala (PISANI, 2005).

O setor da construção sustentável já possui grandes avanços no país. Segundo dados dos Greenbuilding Council Brasil (2015), o país é top 5 no ranking da lista de nações que mais aplicam conceitos de sustentabilidade em obras, atrás apenas dos EUA, Canadá, China e Índia. Enquanto a construção civil tradicional prevê queda de 8% em 2015, a sustentável projeta crescer 5% ao ano, em comparação com 2014. Existem instrumentos de gerenciamento ambiental em

edificações no mundo todo que são denominados por certificações ambientais, em que regulam, avaliam e classificam uma construção como sustentável. No Brasil, as certificações mais difundidas são: AQUA (Alta Qualidade Ambiental), criado para atender às características ambientais do Brasil; e o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), certificação internacional do GBC (Figura 7). Podem-se citar também as certificações Procel Edifica e o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal.



Figura 7: Principais certificações ambientais no Brasil.

Fonte: <http://www.ecodesenvolvimento.org/ecod-basico-certificacoes-de-construcao-verde>

Atualmente, existem 235 obras de prédios sustentáveis, construídas ou em processo de construção, funcionando com a certificação LEED no país e outras 760 obras encontram-se em processo de certificação. Acrescentando nesta contabilização os outros selos de construção sustentável operantes no Brasil, chega-se a quase dois mil empreendimentos que buscam conceitos mitigadores de geração de resíduos e na economia de energia e água (GBC, 2015). Tais números evidenciam o crescimento do mercado sustentável no setor da construção civil.

Há necessidade de compreender o mercado e os possíveis entraves ao uso de técnicas e materiais sustentáveis, assim como considerar os benefícios construtivos, ecológicos e econômicos para incentivar a utilização da solução proposta. É necessário ainda analisar algumas particularidades referentes ao uso da técnica, por isso segue-se esta pesquisa monográfica com o aprofundamento técnico do tijolo de solo-cimento.

7 TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

Após uma explanação geral da necessidade por uma habitação com menor impacto ambiental e possível redução dos custos, de forma a atender às demandas de uma parcela da população com escassez de recursos e oportunidades, chegou-se ao Tijolo de solo-cimento como o material escolhido para análise da viabilidade econômica e construtiva na Ilha de São Luís.

7.1 Conceituação

O Tijolo de solo-cimento, conforme Figura 8, constitui uma das alternativas sustentáveis para a construção de alvenaria. Também denominado por Bloco de Terra Comprimida (BTC), é um produto classificado como ecológico devido à sua composição. Trata-se de um bloco endurecido resultante da mistura homogênea e compactada de solo, cimento e água, sendo cada item aplicado em proporções adequadas (MOTTA *et al.*,2014).



Figura 8: Tijolos de Solo-cimento

Fonte: <https://ecodomusbrasil.wordpress.com/about/>

Embora o termo utilizado seja Solo-cimento, o solo ainda é o componente mais utilizado para a obtenção do tijolo com uma quantidade de cimento inferior, sendo suficiente para estabilizar o solo e conceder as propriedades de resistência desejadas para o composto. As porcentagens da dosagem de cada item de sua composição são obtidas por meio de ensaios específicos ou por simples experiência local de seus fabricantes. Quanto maior a quantidade de cimento empregada, mais elevada será a resistência do material à compressão. Entretanto, deve-se limitar o teor ideal para que tijolo curado obtenha a necessária qualidade sem a elevação

desnecessária do custo do produto final. A NBR 12024, referente ao “Solo-Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos” (1992), fornece todas as orientações necessárias para uma mistura eficiente.

Ressalta-se que o termo tijolo diferencia-se do termo bloco apenas pela existência dos usuais furos em sua forma, que permitem a locação da rede hidráulica e elétrica sem a necessidade de recorte das paredes. Portanto, verifica-se uma modulação que produz uma alvenaria uniforme e com redução de perdas no reboco.

Conforme Enteiche apud Mercado (1990), a composição do tijolo constitui-se como um processo físico-químico de estabilização, ocorrendo a reorientação das partículas sólidas do solo com a deposição de substâncias cimentantes nos contatos intergranulares, modificando a qualidade relativa de cada uma das três fases (sólidos, líquido e ar) que constituem o solo.

De acordo com Pisani (2005, p. 53), o material “é abundante em todo o planeta, não gasta energia para ser queimado e possui características isolantes”. De forma geral, o solo em seu estado natural (terra crua) é um material complexo e variável, todavia a sua abundância no meio ambiente e o seu baixo custo proporciona diversas possibilidades na construção civil. Proporciona, por exemplo, a obtenção de um tijolo que é econômico em energia tanto na sua fabricação quanto na sua operação, devido ao condicionamento natural dos ambientes. O tijolo de solo-cimento apresenta ainda propriedades eficientes quanto a resistência à compressão, durabilidade, impermeabilidade e baixa retração volumétrica. Contudo, é imprescindível a cura adequada do material durante a fabricação para a permanência de tais atributos.

Sabe-se que o Tijolo Solo-Cimento gera uma quantidade reduzida de resíduos em comparação aos tijolos convencionais, além de possibilitar a utilização de resíduos de outras construções na mistura de sua composição, visto que diversos estudos e experiências científicas apontam para a eficiência destas soluções. O Tijolo de solo-cimento é montado através de encaixes, colocando um sobre o outro, otimizando o assentamento e o tempo de execução e diminuindo a quantidade de argamassa (ou cola) empregada entre os tijolos, conforme a Figura 9. Dessa forma, o peso da alvenaria torna-se menor, levando à diminuição do dimensionamento das

fundações e elementos estruturais. Esse tijolo possui dois furos em sua morfologia, favorecendo o isolamento acústico através das câmaras de ar no interior da alvenaria. As vantagens e desvantagens do uso de tijolo de solo-cimento em construções serão abordadas com mais detalhes no item 7.5 deste trabalho.



Figura 9: Assentamento dos tijolos.

Fonte: <https://ecodomusbrasil.wordpress.com/about>

Segundo Carvalho & Poroca (1995), os tijolos de solo estabilizado, como também são chamados os tijolos de solo-cimento, possibilitam seu uso em variados tipos de construções, de maneira que substitua os blocos cerâmicos convencionais, em alvenaria simples de vedação ou alvenaria estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas no projeto.

As principais formas do tijolo de solo-cimento são: tijolo com furo, tijolo canaleta com furo, e $\frac{1}{2}$ tijolo com furo. Conforme a Figura 10 abaixo:



Figura 10: Principais formatos de tijolos de solo-cimento.

Fonte: <http://paladinobr.blogspot.com.br/2011/04/tijolo-ecologico.html>

No Brasil, as dimensões na fabricação dos tijolos são regulamentadas pelas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Existem informações referentes aos tijolos de solo-cimento nas seguintes normas:

- NBR 08491 – Tijolo maciço de solo-cimento – 1984;
- NBR 08492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água de tijolos maciços de solo-cimento para alvenaria – 1984;
- NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensas manuais – 1989;
- NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensas hidráulicas – 1989;
- NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – 1994.

No mercado brasileiro podem ser encontrados modelos e tamanhos variados de tijolos de solo-cimento. A escolha do tijolo deve proceder de acordo com o projeto, disponibilidade de materiais para a fabricação, mão-de-obra, e equipamentos necessários.

As dimensões mais usuais para os tijolos de solo-cimento no mercado são: 6,25cm x 12,5cm x 25cm, com diâmetro interno do furo de 6,5cm. É notória na Tabela 5 uma ausência de padronização nas dimensões dos blocos e diversidade de modelos, ocasionando um grau de dificuldade na exequibilidade da obra. Por isto, o trabalho monográfico em questão define o tijolo com dois furos e encaixes como objeto de estudo na análise de viabilidade econômica e construtiva.

A Tabela 5 apresenta os tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento encontrados no Brasil (PISANI, 2005):

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5 cm x 10 cm x 20 cm 5 cm x 10 cm x 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns
Maciço com encaixes	5 cm x 10 cm x 21 cm 5 cm x 11 cm x 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa
½ tijolo com encaixes	5 cm x 10 cm x 10,5 cm 5 cm x 11 cm x 11,5 cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolos com dois furos e encaixes	5 cm x 10 cm x 20 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 25 cm 7,5 cm x 15 cm x 30 cm	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical
Meio-tijolo com furo e encaixe	5 x 10 x 10 cm 6,25 x 12,5 x 12,5 cm 7,5 x 15 x 15 cm	Elemento para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras
Canaletas - vide foto 1	5 x 10 x 20 cm 6,25 x 12,5 x 25 cm 7,5 x 15 x 30 cm	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagem de tubulações horizontais

Tabela 5: Tipos de tijolos de solo-cimento no Brasil.
Fonte: PISANI, 2005

7.2 Histórico

A terra é um material natural utilizado para a construção de habitações em todo o mundo. Estima-se que metade da população mundial habita ou trabalha em edifícios construídos em terra (MINKE, 2005). A construção em terra poderá representar mais da metade da totalidade das construções existentes em países com menores recursos econômicos, conforme Pinto *et al.* (2008). É expressivo o número de pessoas que usufrui de edificações que possuam a terra/solo como matéria prima.

O solo-cimento é um material antigo já detectado em construções milenares por meio de uma formulação primitiva que se constitui de terra misturada com cinza vulcânica, sendo este o composto antecessor ao cimento. Casanova

(2002), afirma que há dez mil anos o homem já empregava o solo como material de construção:

“Como evidência destas técnicas, utilizadas intensivamente pelos gregos e difundidas pelos romanos, temos como vestígios edificações que estão firmes até hoje desafiando o tempo, após milhares de anos. No Brasil, cidades como Ouro Preto, Diamantina e Paraty têm em comum quatro séculos de história que testemunham o uso intensivo da taipa-de-pilão, do adobe, e da taipa-de-sopapo ou pau-a-pique. O solo de modo algum é um material estranho à nossa herança cultural. Pelo contrário, estas cidades atestam ainda hoje todas as possibilidades destas técnicas.” (Casanova, 2002, p.3)

O aperfeiçoamento das peculiaridades de um solo é uma das mais antigas e mais intrigantes técnicas entre todos os métodos construtivos na área da construção civil e engenharia. Aproximadamente 3.000 anos atrás, tais solos melhorados já eram utilizados como matéria-prima na construção de templos na Babilônia. Na mesma época, os chineses utilizavam palha, madeira e, principalmente, bambu para reforçar os solos.

Cunha (1978) acrescenta que há evidências arqueológicas de que a construção com blocos de terra seca ao Sol era comum já no final do período Neolítico. Com o passar dos anos e novos conhecimentos empíricos, as civilizações melhoravam o solo com outros materiais para prover maior resistência.

“O adobe, na forma de blocos secos ao sol era bem conhecido na antiguidade. Os filhos de Israel faziam tijolos de barro para os egípcios no tempo de Moisés. Pouco a pouco, o homem aprendia que, com certos tipos de barro poderia fazer construções melhores do que com outros e que alguns duravam por toda a vida. (...). No Egito, melhorava o adobe adicionando a palha e o bambu (...). Na Babilônia e na Assíria, introduzia o asfalto natural, dando ao adobe primitivo uma melhor resistência ao intemperismo.” (CUNHA, 1978, p. 3)

Os métodos construtivos com o uso do solo foram amplamente aplicados até meados de 1845. Tal ruptura se deu devido o surgimento de um novo material: o cimento Portland. A partir de então, já no séc. XIX, o solo começa a ser subutilizado apenas em áreas rurais e torna-se material de segunda categoria.

As técnicas tradicionais com o uso da terra passaram a incorporar alguns materiais industriais, tais como cimento, cal e outros produtos químicos que funcionam como estabilizadores do solo a fim de melhorar as características mecânicas e físicas. Assim, surge o solo-cimento.

Segundo ABIKO (1983), o solo-cimento foi utilizado pela primeira vez em 1915, pelo engenheiro Bert Reno nos Estados Unidos da América (EUA), na aplicação em uma pavimentação de rua com a combinação de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland. Entretanto, somente em 1935 a Portland Cement Association (PCA), conforme Figura 11, fomentou estudos e iniciou pesquisas sobre a tecnologia do material solo-cimento, promovendo a utilização constante do material, sobretudo na pavimentação.



Figura 11: Centro de Pesquisas da PCA - Portland Cement Association em Washington DC
Fonte: <http://biobloctijolosecolgicos.blogspot.com.br/p/blog-page.html>

A fabricação de componentes de alvenaria de solo estabilizado evoluiu rapidamente com a criação de uma prensa manual chamada “Prensa Cinva-Ram” para a fabricação de tijolos de solo-cimento compactados, pelo CENTRO INTERAMERICANO DE VIVIENDA Y PLANEJAMENTO – CINVA (1961). Posteriormente, outros fabricantes desenvolveram prensas manuais e hidráulicas para a produção de diversos tipos de tijolos e blocos de solo-cimento. Segundo FARIA (1990) e VIOLANI (1987), muitos fabricantes não permaneceram no mercado, em decorrência ao abandono da tecnologia por preconceito em relação ao material.

Nos anos sessenta, o solo-cimento ganhou mais popularidade e passou a ser estudado e aplicado no mundo todo com maior domínio. Arquitetos, engenheiros

e órgãos de pesquisa começam a defender o uso da terra como material construtivo de habitações, em razão das discussões relativas ao elevado impacto ambiental causado pela indústria da construção civil.

Mercado (1990) enfatiza que no Brasil, a partir da década de 70, o solo-cimento tornou-se objeto de intensas pesquisas principalmente da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Destaca-se que na década de 40, a ABCP já dispunha de um método de dosagem para o emprego em obras de pavimentação inspirado nos moldes da experiência da PCA Americana, o que também contribuiu para a utilização do solo-cimento no território brasileiro e incentivou a futuros estudos.

O tijolo de Solo-cimento foi aprimorado no Brasil pelo Doutor de Engenharia Francisco Casanova através do tijolo de solo estabilizado em laboratórios europeus. Após a formação em química na UFRJ, a carreira acadêmica de Casanova sucedeu-se pela Suíça, França e Portugal como aluno de mestrado e doutorado em engenharia civil pela COPPE. Desde então, as habitações para a população de baixa renda tomou o foco dos estudos e aplicações, abordando o tijolo de solo estabilizado como item construtivo viável sob âmbito econômico, ecológico, social e técnico.

Rocha (1996) relata que o solo-cimento possui comuns utilizações ao longo do tempo: camadas de fundações e base para pavimentos rígidos ou flexíveis de estradas e aeroportos; valetas de drenagem; revestimentos de canais, diques, reservatórios e barragens de terra; estabilização e proteção superficial de taludes; fundações de edifícios; muros de arrimo; e em alvenarias de blocos prensados ou painéis de paredes monolíticas para construção de moradias.

O advento de materiais industrializados favoreceu para que o uso de tijolo de solo-cimento ficasse à margem do mercado da construção, principalmente em habitações (ABCP, 1985). Além disto, o uso desse tijolo em programas sociais promoveu a associação do material à pobreza.

Atualmente, estudos de aprofundamento técnico, realizações de construções bem sucedidas e a preocupação ambiental estão atraindo novamente

investimentos de variados setores da economia para construções que utilizem o solo-cimento.

7.3 Processo de Fabricação

Segundo o *Manual de Construção de Solo-Cimento* (CEPED,1984), o solo pode ser utilizado, basicamente, de duas formas: massa plástica e massa compactada. Na massa de consistência plástica, o solo é embebido em água e funciona como uma “argamassa de solo”. O solo embebido em água possui porosidade elevada, devido à evaporação da água adicionada na preparação da massa. Por conseguinte, tal mecanismo de evaporação pode provocar tensões capilares de retração no material, resultando em trincas que aceleram sua deterioração.

Já a massa de solo compactado, constitui uma mistura úmida, compactada ou prensada, de solo e água. Neste caso, quando o solo passa por processo mecânico de compactação ou prensa, sua umidade é bastante inferior à empregada para a massa plástica. A umidade, chamada umidade ótima, varia para cada tipo de solo e é primordial para a obtenção da melhor compactação. Portanto, no solo compactado, devido à menor umidade, a porosidade e os efeitos de retração são menores, caracterizando-o como um material com maior durabilidade e resistência mecânica (CEPED,1984).

Na produção dos tijolos de solo-cimento, as formas de fabricação variam conforme os objetivos de sua futura utilização na construção, considerando a resistência, aparência, peso, formato, cor, textura, componentes, aplicação de revestimento, entre outras coisas; e conforme o processo a ser utilizado, sendo manual, mecânico ou híbrido.

De forma geral, o processo de fabricação (ABCP, 1985; CEPED, 1978) de tijolo de solo-cimento é dividido nas seguintes etapas: Extração do solo; Preparação do solo; Mistura do solo; Moldagem; Cura e Armazenamento. Conforme fluxograma abaixo:

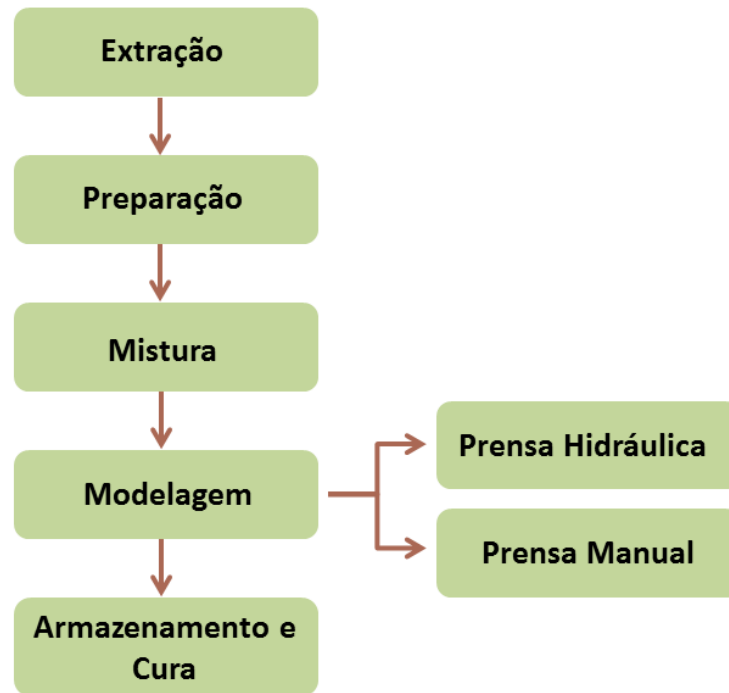


Figura 12: Fluxograma do Processo de fabricação do Tijolo de Solo-cimento
Fonte: LIMA, 2016.

Perazzo (2011) afirma que para confeccionar tijolos solo-cimento, devem ser levados em consideração os seguintes aspectos: tipo de terra, umidade de moldagem, tipo de prensa, percentagem de estabilizante e cura. Esses aspectos são tratados em cada etapa do processo de fabricação dos tijolos, sendo essenciais para a viabilidade de sua confecção.

7.3.1 Extração

A primeira etapa na fabricação de tijolo de solo-cimento é a Extração, tratando-se da escolha da matéria-prima principal e condicionada à existência de solo, tipo de solo e transporte. Para a extração do solo, é necessária a análise granulométrica de cada componente para a posterior preparação e mistura do solo, segundo as prescrições da NBR 7181/84. Há possibilidade de produção destes tijolos com qualquer tipo de solo, contudo os solos mais apropriados são os que possuem teor de areia entre 45% e 50% (ABCP, 2009). Somente os solos que contêm matéria orgânica em sua composição (solo de cor preta) não podem ser utilizados. O solo arenoso (saibro ou areia argilosa) é o mais indicado pelo próprio custo-benefício da construção, contendo na faixa de 60% a 80% de areia e 20% a 40% de argila.

Segundo Ferreira Filho (2008), os solos ideais para a produção de solo-cimento são aqueles que possuem os seguintes teores percentuais: 30% de silte + argila e 70% de areia. Quando o solo ideal não for encontrado, pode-se utilizar um solo com outras propriedades, desde que seja realizada a necessária correção e estabilização. Conforme FREIRE & BERALDO (2003), na ausência de um solo adequado próximo ao local da obra, é possível a mistura de solos. A título de exemplo, caso exista um solo no local da obra ou nas proximidades composto por argila em sua maior parte, é permissível a adição de areia para que o solo presente resulte em um solo mais arenoso em sua composição.

Ressalta-se ainda que o solo adequado para produção de solo-cimento não deve conter material orgânico (folhas, pedaços de galhos ou raízes), pois a presença destes resulta em inibição ou retardo da reação de hidratação do cimento. A verificação visual da existência das substâncias orgânicas presentes no solo é fácil de ser feita, mas torna-se difícil a percepção da constituição do solo em termos de quantidades de areia e de argila. Portanto, o ideal é que sejam feitos ensaios em laboratório para determinação da sua granulometria e limites de consistência.

A NBR 10832 (ABNT, 1989) estabelece que os solos apresentem algumas características para posterior utilização na mistura de tijolos de solo-cimento: percentual de material passante na peneira 4,8 m (nº4) deve ser 100%, e percentual de material passante na peneira 0,075 m (nº200) deve ser 10-50%; limite de liquidez deve ser menor ou igual a 45%; e índice de plasticidade deve ser menor ou igual a 18%.

No entanto, as avaliações do solo em laboratório são dispendiosas, dependem de pessoal qualificado e constantes análises de material. Por essa razão, o professor Casanova e especialista na área desenvolveu uma metodologia baseada em testes que dispensam o laboratório, podendo ser aplicada diretamente na jazida ou no canteiro de obras, a fim de facilitar esse processo. A metodologia reduz custos e pode ser aplicada em cinco dias (Casanova, 1988).

Os testes granulométricos realizados em canteiros de obras buscam facilitar a verificação da adequabilidade do solo para compor misturas de solo-cimento, visto que nessas instalações geralmente não existem laboratórios. Assim,

executam-se ensaios práticos realizados *in loco* para caracterização do solo. Segue abaixo alguns testes comuns:

- Teste da caixa: Um ensaio simplificado para determinação da variação volumétrica do solo. (ABCP, 1986). Consiste na retirada de uma amostra de aproximadamente 4kg do solo, sem utilizar a camada superficial por sempre conter matéria orgânica. A amostra de solo deve ficar secando até que possa ser peneirada e misturada com água aos poucos, até o solo alcançar o ponto em que ao ser pressionada com uma colher de pedreiro comece a grudar na lâmina. Coloca-se, enfim, o solo já umedecido em uma caixa de madeira (60 x 3,5 x 8,5 cm) com a parte interna da caixa untada com óleo ou desformante comercial.

Após o preenchimento completo da forma (Figura 13), deixa-se a caixa em ambiente fechado, protegida da ação do sol e chuva durante sete dias, molhando-a todos os dias. Depois disto, mede-se a ocorrência da retração no sentido do comprimento da caixa e também nos dois lados da mesma. Soma-se as três medidas e, se o valor ficar abaixo de 2 cm e não aparecerem trincas no corpo de prova, o solo é adequado e pode ser usado



Figura 13: Teste da caixa

Fonte: <http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura-universitaria/assessorias/ascom/poster>

- Ensaio do vidro: Neste tipo de ensaio a maior finalidade é a verificação da porcentagem de areia no solo. A porcentagem de areia, para que o solo seja adequado para aplicação em solo-cimento deve estar em uma faixa de 50% a 90% (ABCP, 1986). O teste granulométrico ocorre conforme a Figura 14 abaixo:

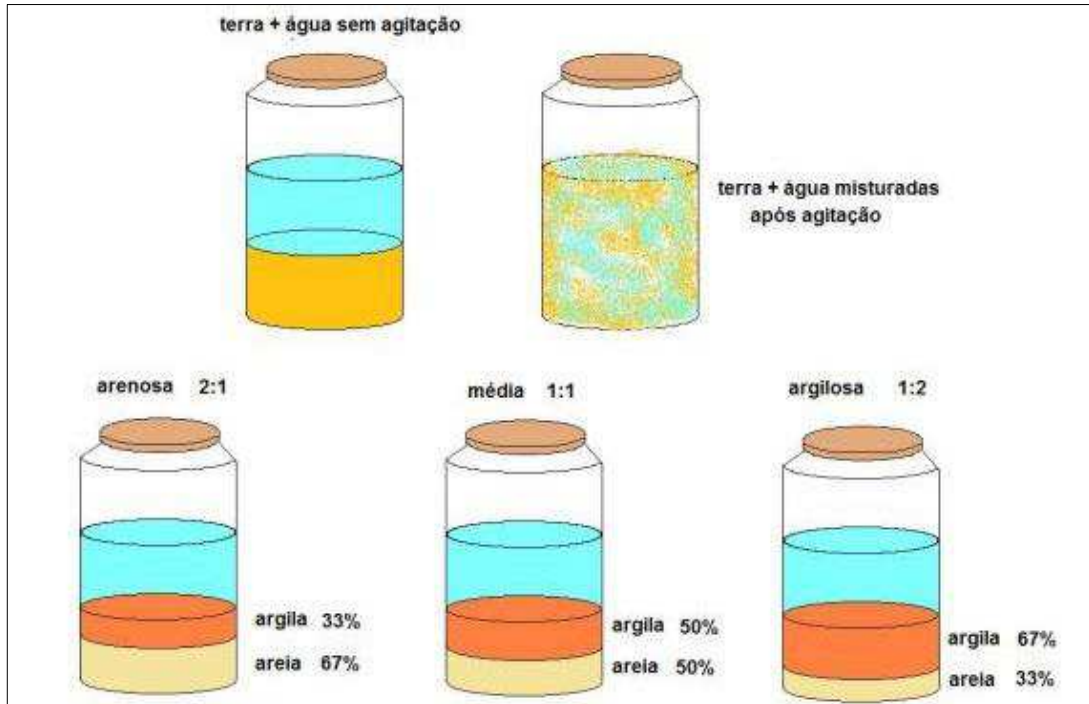


Figura 14: Ensaio granulométrico simples em pote de vidro.

Fonte: <http://rupestre-tijolos-ecologicos.blogspot.com.br/p/novidades.html>

- Ensaio do bolo: Este ensaio é feito de forma bem simples e prática, apenas colocando uma porção de solo bastante úmido e fazendo uma bolinha com as mãos. A bolinha deve ser colocada na palma de uma das mãos e com a outra mão são dados entre 20 e 30 golpes na bolinha, até o momento em que a água venha à superfície, apontando para um aspecto liso e brilhante (Figura 15).



Figura 15: Ensaio do bolo de terra

Fonte: <https://www.ige.unicamp.br/pedologia/apostila%20construcaocomterra.pdf>

UCHIMURA (2006) afirma que o solo será adequado para aplicação em tijolo de solo-cimento, quando a água aflorar com os golpes e o brilho desaparecer ao pressionar a bolinha de solo com os dedos levemente;

- Ensaio de resistência seca: Nesta etapa, são feitas duas ou três pastilhas com espessura de cerca de 1 cm e diâmetro variando entre 2 e 3 cm com o solo bem úmido. Em seguida, colocam-se as pastilhas para secagem completa por dois ou mais dias. Após esse tempo, tenta-se esmagá-las e, conforme ABCP (1984) decorrem os seguintes resultados desse esmagamento: na dificuldade de esmagá-las, entende-se que o solo possui grande resistência; pouca dificuldade no esmagamento e muita dificuldade ao tentar reduzi-las a pó, significa que o solo possui média resistência e; a facilidade no esmagamento e na tentativa de redução ao pó, o solo possui baixíssima resistência.

É importante reforçar que a etapa da extração pode incluir ou não o transporte da matéria-prima. Com a verificação dos testes de solo, a extração é feita de forma manual (pás, picaretas e enxadas) ou de forma mecânica (retroescavadeira, lâminas ou máquinas de terraplanagem), de acordo com a necessidade local e distanciamento do local de execução. Quanto aos locais de extração, é melhor que o solo seja extraído do próprio local da obra ou em jazidas de solo bem próximas, de forma a reduzir os custos com transporte e não comprometer com a viabilidade econômica do uso do tijolo de solo-cimento. O transporte do solo escavado também pode ser feito de forma manual (carrinhos de mão, latas, caçambas, etc.) ou de forma mecânica, através de caminhões basculantes (PISANI, 2005).

7.3.2 Preparação

Na etapa da preparação do solo, já há a definição do tipo de solo a ser utilizado, portanto segue-se a ação de triturar ou peneirar o solo seco. Quando o solo apresenta pedregulhos naturais de solo, denominados “torrões”, é preciso passar o solo rapidamente por uma peneira apenas para retirada de pedras, vegetais e impurezas. Após a retirada dos resíduos maiores do solo, restam apenas os “torrões” naturais (pedras secas e duras) de solo, sendo necessário triturá-los manualmente ou por meio de um triturador. De forma manual, os “torrões” são separados, acumulados, molhados e dissolvidos para passarem por novo peneiramento após a secagem.

Os trituradores ou destorreadores são as máquinas responsáveis pelo aumento da homogeneização do solo e, conseqüentemente, do tijolo de solo-

cimento. Segundo PISANI (2005), o processo de trituração dos torrões minimiza o consumo de cimento ao eliminar a necessidade de peneiramento do solo. Existem modelos de máquinas no mercado que “podem triturar em média 6m³ de solo por dia e possuir motor elétrico de 2hp. É aconselhável que a mistura seja triturada pelo menos duas vezes para ficar bem homogeneizada.” (PISANI, 2005).

Quando o solo extraído não possui torrões, basta o peneiramento do solo para retirada de impurezas. A separação dos resíduos minerais e orgânicos do solo (pedras, galhos, madeiras, plásticos, etc) é realizada através de uma peneira (método manual) de malha entre 4 a 6 mm ou através de uma máquina de peneiramento (método mecânico), sendo ambos eficazes para tal processo. Conforme imagem abaixo:

7.3.3 Mistura

A etapa da mistura só deve ocorrer após a preparação correta do solo. Segundo a ABCP (1999), o solo-cimento é o produto resultante da mistura íntima de solo, cimento *portland* e água (Figura 16), compactados na umidade ótima e sob a máxima massa específica seca. Portanto, na etapa da mistura, adiciona-se o cimento ao solo já preparado e misturam-se os materiais ainda secos. Quando a mistura estiver homogeneizada, adiciona-se água e mistura-se novamente o material até uniformizar a umidade no solo.



Figura 16: Mistura dos componentes (solo, cimento e água)
 Fonte: <http://ecomaquinas.com.br/tijolo-ecologico-como-produzir>

Sobre os percentuais de dosagem na mistura, a ABCP (1988) também recomenda a fabricação de blocos com as seguintes proporções, em volume, de cimento e solo: 1:10, 1:12 e 1:14. A escolha de um dos traços estabelecidos deve estar de acordo com o menor consumo de cimento e ainda atender aos critérios de

resistência a compressão e absorção de água presentes na NBR 8491. A umidade do solo, isto é, a quantidade de água lançada na massa, também deve ser dimensionada na produção de tijolos, sendo mais eficiente a umidificação feita por vaporização de chuva fina.

Enfatiza-se que a mistura pode ser manual ou automatizada. Em obras de maior porte, o solo-cimento pode ser misturado em usinas centrais com prensas manuais ou hidráulicas. Em obras de pequeno porte, a mistura pode ser executada manualmente pela mão de obra local com a utilização de pás e lonas plásticas, visto que através de betoneira a mistura encontra dificuldade na formação da liga pelos componentes. PISANI (2005) afirma que a mistura manual ocorre revolvendo os componentes com pás em um terreno que deverá ser revestido por um tablado de madeira ou cimentado ou ainda por uma camada de lona. Esta proteção deve ser feita sobre a terra para que as ferramentas não entrem em contato com o terreno e retirem o solo local, provocando a alteração da dosagem já realizada.

Os componentes da massa precisam ser misturados até que a aparência seja como uma “farofa” úmida de coloração uniforme, próxima à cor do solo original e levemente escurecida devido à presença da água. Porém, é imprescindível que a quantidade de água aplicada na mistura tenha a dosagem correta, pois o excesso da mesma faz com que o material perca resistência e cause trincamentos no tijolo, e pouca água acarreta dificuldades na compactação e gera um tijolo com baixa resistência.

Em casos específicos, além dos três componentes essenciais ao tijolo de solo-cimento, pode-se colocar aditivos na mistura como, corantes, cimentos refratários e impermeabilizantes. Para um maior aperfeiçoamento das propriedades do tijolo, pode-se inserir outros componentes na massa, desde que estejam dosados corretamente após ensaios realizados, como agregados miúdos, escórias ou fibras.

A quantidade de mistura preparada para a etapa de confecção dos blocos deve obedecer ao tempo máximo de uma hora de moldagem. Dessa forma, mantêm-se as propriedades desejadas de acordo com a cura do solo-cimento, pois a mistura do solo-cimento endurece bastante rápido. Por isso, deve-se evitar a

preparação de mistura do solo-cimento em uma quantidade superior do que for utilizado no intervalo ideal de tempo.

7.3.4 Moldagem

A etapa da moldagem ou modelagem dos tijolos, assim como nas outras etapas, também pode ser executada através de prensas mecânicas ou manuais (Figura 17). O tipo de prensa será determinado pelas características e demandas específicas para cada obra. Além disto, a produção diária exigida para o andamento normal da obra é um fator decisivo para a escolha do equipamento de fabricação (manual ou hidráulico). Uma prensa manual fabrica 2.000 tijolos/dia aproximadamente, enquanto uma prensa hidráulica poderá fabricar até 15.000 tijolos/dia. Nitidamente, o custo inicial da prensa hidráulica será bastante superior ao da prensa manual, devendo ser compensado pelo volume, preço e prazo de entrega.



Figura 17: Prensa manual e Prensa hidráulica.
Fonte: <http://www.verdeequipamentos.com.br/>

PISANI (2005) alerta que no processo que envolve a moldagem deve-se: verificar os pré-requisitos da máquina compactadora; limpar as "fôrmas" de restos de moldagens anteriores e utilizar desmoldante; colocar a quantidade da mistura do solo-cimento fresca necessária, que será reduzida em até 50% do volume, dependendo das dimensões e forma do tijolo; manter a câmara compactadora sempre limpa para que restos de mistura não danifiquem as seguintes moldagens; e verificar se o local da cura está devidamente preparado para receber as unidades frescas. Após a execução destes detalhes, faz-se a prensagem dos tijolos.

7.3.5 Cura

A etapa da cura e armazenamento é também decisiva para a eficiência dos tijolos produzidos. Os tijolos devem ser empilhados assim que retirados da "fôrma", para evitar danos provocados por movimentações dos tijolos ainda úmidos. Além disso, as pilhas devem manter o número de fiadas de acordo com o peso e o formato do tijolo, para que não haja sobrecarga nas fiadas inferiores e nem deformação dos elementos (SAHARA, 2001). É válido seguir corretamente as recomendações dos fabricantes de equipamentos, visto que já realizam constantes testes de armazenamento formando empilhamentos com até 1m de altura (Figura 18).



Figura 18: Armazenamento de tijolos em galpão.
Fonte: <http://mendesgobbi.eco.br/listar/arquitetura-2/>

O local de armazenamento dos tijolos deve ser nivelado para que os elementos não se deformem, e deve-se tomar precaução por um ambiente sem incidência solar e ventilação. Nos três primeiros dias de cura devem-se manter os tijolos totalmente imóveis, e fazer uma pulverização de água sobre os mesmos duas a quatro vezes ao dia após seis horas de moldados, respaldando-se sempre na umidade relativa do ar e na temperatura local (SAHARA, 2001). Ainda nos primeiros dias, as pilhas podem ser cobertas com lonas plásticas (ou material impermeável) para minimizar a perda de água.

Já com sete dias de estocagem, o tijolo pode ser transportado e utilizado com os devidos cuidados, pois apresenta uma resistência aproximada entre 60% e 65% da resistência de cálculo. Vale ressaltar que o tijolo apresenta resistência maior e pode ser transportado com maior segurança proporcionalmente ao aumento de

dias de cura. Somente após 28 dias, o processo de cura estará completo e o tijolo atingirá aproximadamente 95% da resistência total de cálculo, constituindo o prazo ideal para transporte e utilização do tijolo na obra.

O transporte do tijolo curado deve seguir algumas instruções, como empilhar em nível nos carrinhos de mão ou caminhões, e não arremessar durante o empilhamento do transporte para que não trinque, quebre ou danifique, perdendo o formato perfeito para a modulação da alvenaria.

Após o processo de cura completo, o tijolo de solo-cimento tem alta resistência à compressão simples e baixa absorção d'água. O revestimento e reboco das paredes feitas com tijolo solo-cimento são opcionais, entretanto fazer uma pintura de impermeabilização à base de látex, esmalte ou técnica similar, para aumentar sua durabilidade, torna-se essencial. Como resultado final, obtém-se um elemento construtivo para alvenarias com menor impacto ambiental que os tijolos cerâmicos em vários aspectos.

7.4 Sistema Construtivo

O tijolo solo-cimento favorece a construção modular, otimizando tempo e recursos na execução da obra. Uma obra limpa, organizada e sem geração de muitos resíduos é outro diferencial do sistema construtivo do tijolo de solo-cimento, ocasionando mínimos desperdícios no canteiro de obras. Logo, a viabilidade construtiva e econômica do trabalho em questão avaliará diversos aspectos sob a perspectiva do sistema construtivo modular destes tijolos.

No contexto de sustentabilidade no segmento da construção civil, a fabricação de tijolos modulares de solo-cimento incentiva uma discussão acerca dos processos produtivos com novos materiais de construção para benefícios frente aos requisitos projetuais e às necessidades dos usuários. Alguns detalhes distinguem o sistema de construção do tijolo modular de solo-cimento em relação aos sistemas construtivos de tijolos convencionais e, estes detalhes já fornecem algumas vantagens construtivas devido ao processo de modulação.

O tijolo modular é projetado para suportar esforços de compressão, tanto que em sua fabricação o bloco é compactado em seis toneladas de pressão,

podendo alcançar a pressão de 12 toneladas (ECO PRODUÇÃO, 2013). Conforme a Figura 19 abaixo:

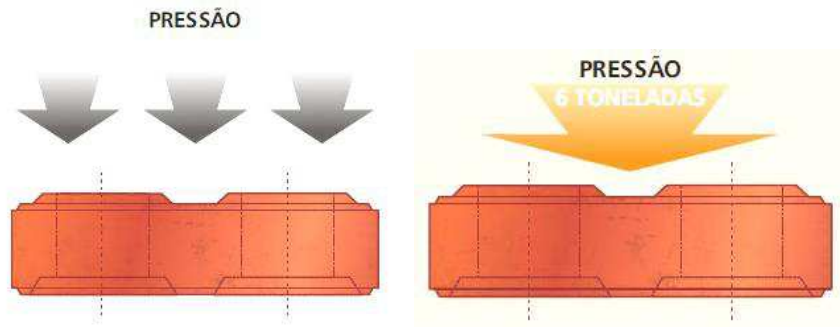


Figura 19: Esforço de compressão nos tijolos.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Os tijolos são assentados modularmente de forma que estejam interligados em múltiplos sentidos (Figura 20). Os pesos dos tijolos são, assim, descarregados para as cintas de amarração e colunas de sustentação, sendo estas os pilares de tijolo solo-cimento com graute, distribuídos ao longo de todas as paredes homogeneamente.

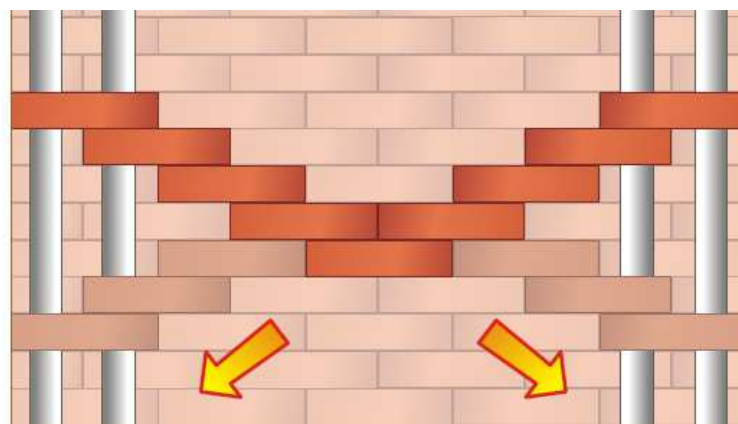


Figura 20: Interligação dos tijolos.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

O sistema de encaixe facilita o assentamento dos tijolos, auxiliando para que a parede fique no prumo, além de evitar o aparecimento de fissuras ou trincas devido as juntas regulares. A praticidade de encaixes entre blocos também reduz o tempo para execução da obra, gerando economia, principalmente com a mão de

obra utilizada. O emprego dos tijolos de solo-cimento ocorre de forma simplificada (Figura 21):

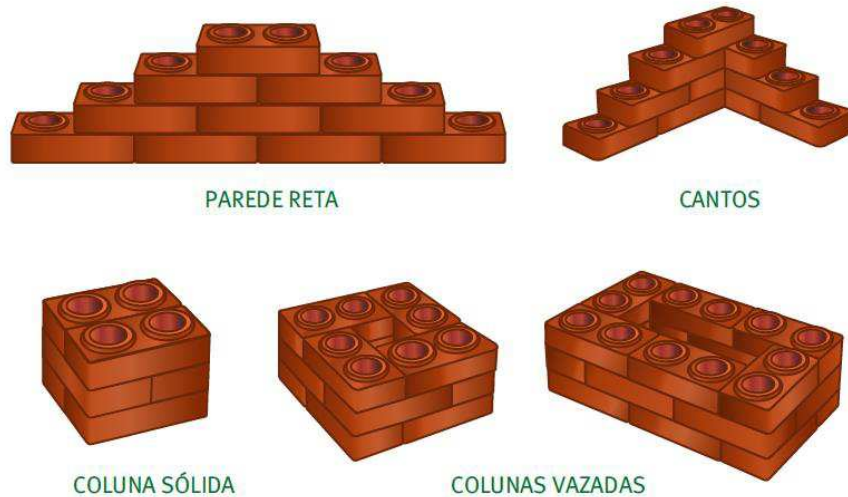


Figura 21: Modulação dos tijolos

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Quanto ao assentamento, destacam-se outras particularidades. Segundo SAHARA (2001), para executar o assentamento e rejunte de tais tijolos modulares utiliza-se um filete de cola branca, argamassa própria ou massa de solo-cimento, sendo esta última com as seguintes proporções: 1 litro de cimento; 1 litro de cola PVA e 12 litros de solo. Para aplicação da massa ou cola, basta uma bisnaga com bico dosador, o que facilita ainda mais o processo na construção (Figura 22). Porém, na primeira fiada ocorre exceção, visto que deve ser assentada com uma argamassa convencional de cimento e areia (traço 1:3) sobre o baldrame, promovendo a regularização da superfície.



Figura 22: Assentamento dos tijolos de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Os tijolos de solo-cimento possuem texturas e medidas regulares, proporcionando um bom acabamento estético e evitando o desperdício com massa para correções de imperfeições. Contudo, caso haja eventuais imperfeições nos tijolos, a massa de assentamento também serve para corrigir estas irregularidades. Da mesma forma, a quantidade de material para assentar e revestir tijolos ainda é considerada mínima, reduzindo o peso da construção total.

Durante o assentamento dos tijolos, é necessário atentar para a dilatação do material. Assim como toda matéria, o tijolo se expande e retrai de acordo com os efeitos do calor ou frio (Figura 23).



Figura 23: Dilatação dos tijolos de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Caso não haja espaço para a expansão e retração, os tijolos se chocarão entre si e causarão trincas e fissuras. Para evitar que estes danos construtivos ocorram, garantindo estabilidade à obra, é preciso preservar uma distância de um a dois milímetros (espessura de uma régua) entre um tijolo e outro (SAHARA, 2001). Estes pequenos vão permitem ainda uma melhor aderência no reboco ou rejunte sem comprometer aparência visual das paredes (Figura 24).

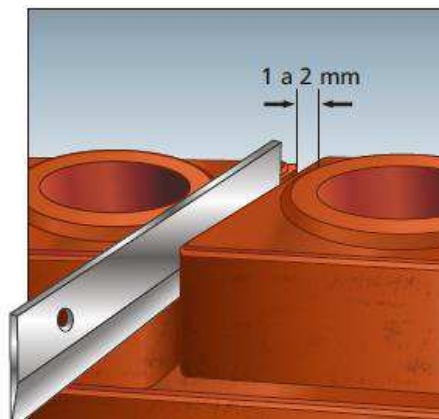


Figura 24: Espaçamento entre tijolos de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

O meio tijolo é outro artifício para encher uma parede, principalmente paredes perpendiculares, sendo este construído por máquinas ou adaptação por ferramentas (Figura 25).

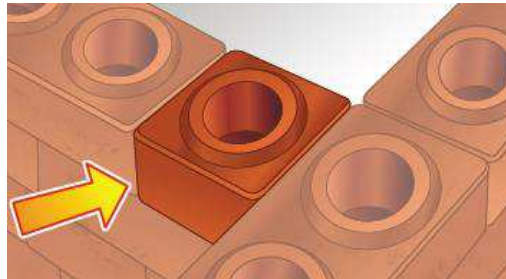


Figura 25: Meio tijolo de de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

O sistema construtivo modular oferece a vantagem de embutir as colunas estruturais na própria parede, sem a necessidade de caixas de madeira e grandes volumes de concreto. As barras de ferro (vergalhões com espessura de 8mm) da coluna estrutural devem estar firmemente fundidas no alicerce ou radier antes do levantamento das paredes (SAHARA, 2001). Segue Figura 26 abaixo:

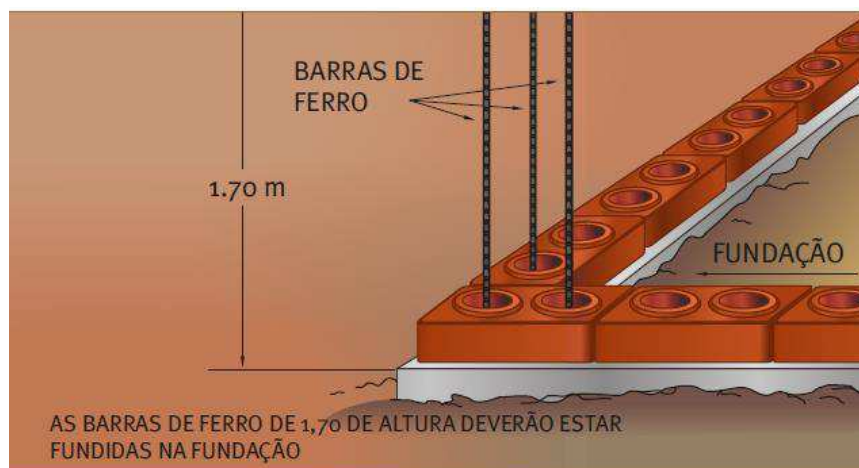


Figura 26: Estrutura em alvenaria de tijolos de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Para o reforço da estrutura e para melhor amarração das paredes, preenchem-se os furos com graute. A localização e quantidade das colunas estruturais devem ser previstas e calculadas em projeto por um engenheiro calculista. É importante enfatizar que cada projeto possui sua particularidade,

portanto o seu sistema estrutural, tal como quantitativo e a espessura das ferragens, devem ser indicados pelo profissional responsável pela obra. Essa função estrutural, no entanto, é válida para construções abaixo de três pavimentos, acima disto são necessária colunas de alvenaria tradicionais.

As colunas de sustentação são preenchidas a cada meio metro de altura. Já as paredes deverão ser amarradas com grampos, encaixados em pequenos sulcos cavados nos tijolos, ou diretamente através da simples amarração do tijolo. Para cortar os sulcos adequadamente, deve-se usar uma serra circular que evitará a danificação dos tijolos (Figura 27). Tal forma de procedimento deve ser repetida a cada meio metro para a resistência e firmeza da construção, enchendo os furos reservados às colunas estruturais de concreto após cada amarração com grampos.

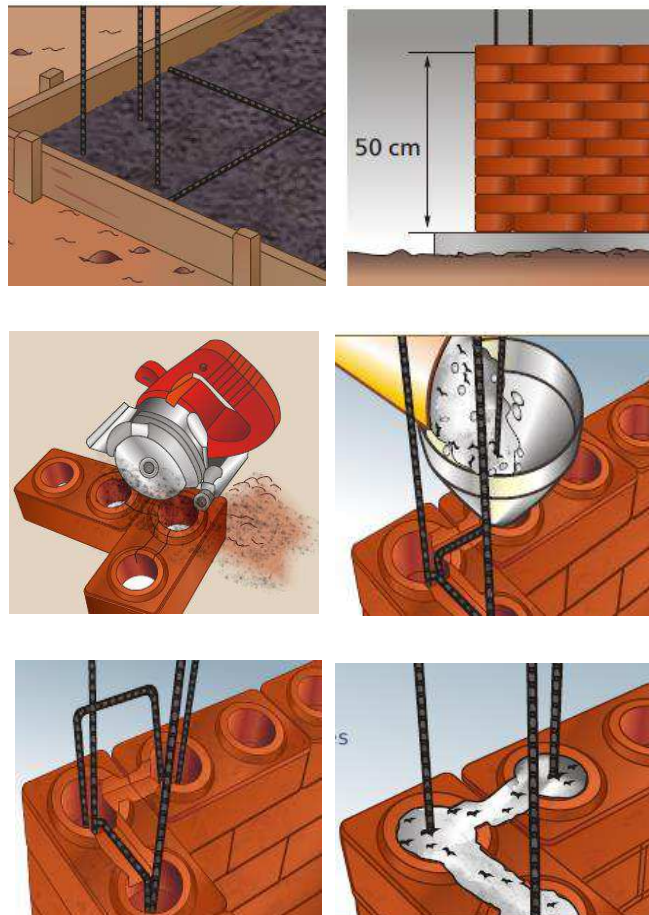


Figura 27: Sustentação, amarração e preenchimento das colunas.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

O enchimento dos furos e amarração com grampos a cada meio metro impede que bolsas de ar sejam formadas ao longo do tubo interior dos blocos, o que

pode comprometer toda a estrutura da coluna. É necessário também que ao longo desse processo, os tijolos sejam molhados para evitar o surgimento de trincas. Em paredes perpendiculares, é aconselhável que as amarrações sejam efetuadas das seguintes opções (Figura 28):

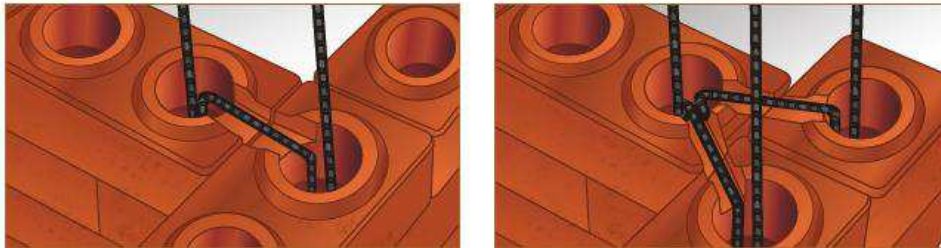


Figura 28: Opções de amarração (paredes perpendiculares).
Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Com a altura do pé-direito alcançada, executa-se a cinta de amarração com tijolos de solo-cimento do tipo canaleta (Figura 29). Estes poderão ser moldados na forma própria para canaletas ou podem ser criados a partir de tijolos de solo-cimento de formatos e dimensões convencionais. Neste sistema construtivo modular, as cintas de amarração através dos tijolos de tipo canaleta também podem substituir as vergas e contra-vergas. Os preenchimentos de tais cintas são feitas com concreto e os furos deverão ser isolados com canos de PVC, copos ou tubos de papelão – sendo retirados após o término da concretagem -, impedindo o vazamento da massa para a área interna dos furos.



Figura 29: Cintas de amarração com tijolo canaleta.
Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Após finalização de paredes com canaletas, caso a obra seja apenas de um pavimento e com laje prevista, basta que as dobradiças ultrapassem mais 50cm da altura total e curvá-las para o interior da edificação na estrutura da pré-laje. Assim, a laje é coberta de concreto juntamente com as dobradiças inclinadas, proporcionando uma amarração eficiente das colunas à laje. Caso a obra tenha mais

pavimentos, apenas uma das barras de cada coluna é inclinada para a laje e as outras seguem erguidas para as amarrações posteriores, formando novas colunas.

Os furos das alvenarias de tijolo de solo-cimento não são fechados ao final da construção, promovendo a respiração das paredes e mantendo-as secas, sem fungos e bactérias. Porém, caso as lajes fiquem expostas às intempéries, os canos prolongados à laje deverão ser devidamente tampados e furados lateralmente para saída da evaporação, ou tampados com plásticos se a ocasião de exposição for temporária.

É imprescindível que as colunas sejam locadas da forma correta, evitando futuros problemas estruturais, patologias na edificação e custos elevados na obra. Além da inserção de colunas em vãos com intervalos máximos de 1m de distância, as portas e janelas também precisam ser reforçadas estruturalmente. Segue abaixo na Figura 30 uma exemplificação de distribuição de colunas em uma edificação, ordenando-as simplificadaamente (SAHARA, 2001):

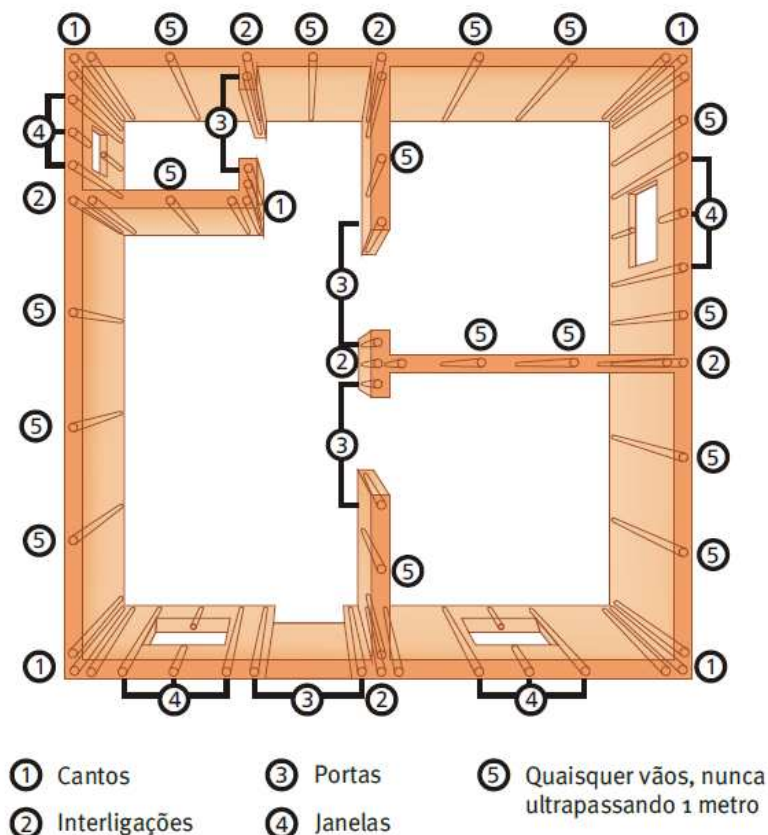


Figura 30: Distribuição de colunas na edificação.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

O esquema de locação de colunas acima citado é genérico e não deve ser realizado sem a consultoria de um engenheiro calculista para um adequado dimensionamento dos suportes estruturais e distribuição nas paredes.

Com a locação adequada dos pontos de sustentação, o sistema construtivo modular permite a distribuição eficaz e ordenada de colunas estruturais ao longo da edificação, concentrando o peso em vários pontos ao longo construção (Figura 31).

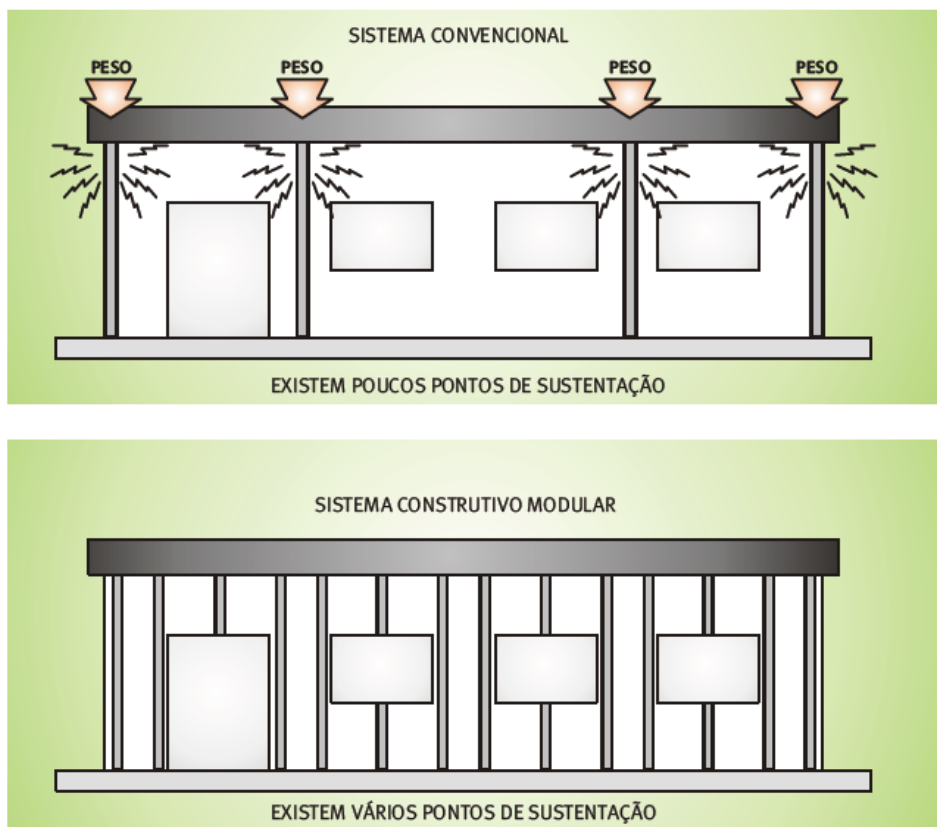


Figura 31: Sistema construtivo modular na edificação.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Na etapa das instalações nas edificações, os furos dos tijolos de solo-cimento funcionam como condutores de passagem da rede hidráulica e elétrica. A existência desses furos, além de promover conforto termo acústico, evita a quebra de paredes, mantendo o canteiro de obras mais limpo e organizado. Para implantação da rede elétrica, pode-se optar apenas pelo uso dos furos nos módulos

em vez de conduítes e caixa para tomadas e interruptores. Conforme a Figura 32 abaixo:

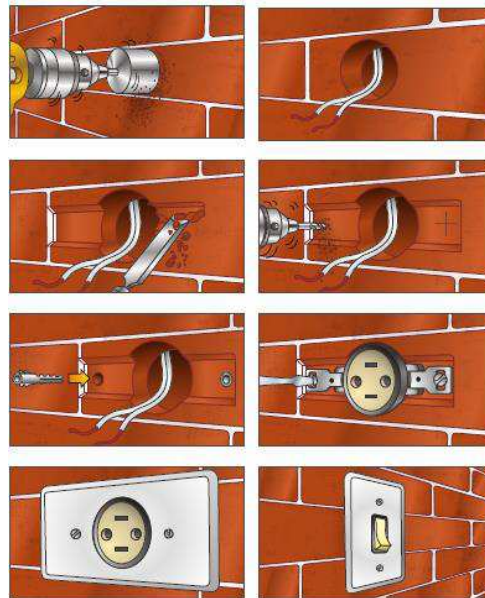


Figura 32: Instalações elétricas em tijolos de solo-cimento.
Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

No entanto, a pesquisa monográfica defende a utilização de conduítes para maior segurança da edificação pelos furos dos tijolos modulares. Na rede hidráulica, funciona da mesma forma, ocorrendo a instalação dos elementos sem a quebra exacerbada da alvenaria (Figura 33).

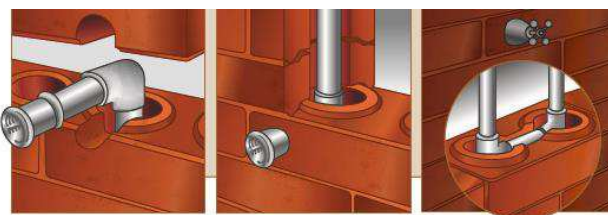


Figura 33: Instalações hidráulicas em tijolos de solo-cimento.
Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Quanto aos acabamentos, sobretudo revestimentos dos tijolos modulares, percebe-se uma dispensa por coberturas de massas quando expostos devido à ausência de irregularidades, sendo suficiente um rejuntamento entre os tijolos e uma camada de resina acrílica ou tinta nas superfícies. Porém, isto não impede o acabamento final das paredes por revestimentos cerâmicos ou pinturas. De qualquer

forma, a diferença entre o acabamento da alvenaria com tijolo convencional e tijolo de solo-cimento é visível, visto que os blocos proporcionam superfícies paralelas e regulares. Assim, a camada de massa para revestimento é fina, enquanto a camada para tijolos convencionais deve ser espessa para corrigir os defeitos (Figura 34).

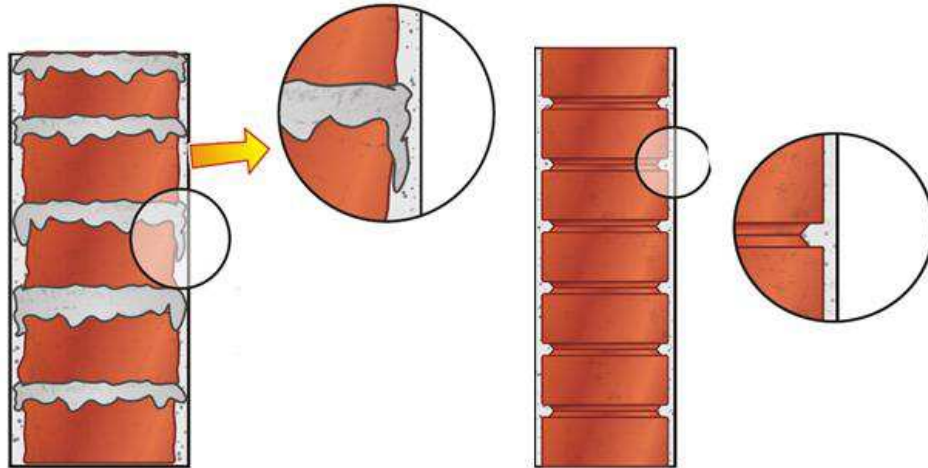


Figura 34: Acabamentos de paredes: Tijolo cerâmico x tijolo solo-cimento.
Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

Com a explanação do processo de fabricação e alguns detalhes construtivos do sistema modular, é pertinente uma análise de vantagens e desvantagens e, posteriormente, uma análise da viabilidade econômica do material e da construção de uma habitação popular, onde serão apresentados nos itens 9.1 e 9.2 deste trabalho.

7.5 Vantagens e Desvantagens

O tijolo de solo-cimento possui perceptíveis vantagens em aspectos construtivos e ambientais. Embora as vantagens econômicas variem de acordo com a localidade, existem alguns aspectos em economia comuns em todos os casos.

Sob o aspecto ambiental, existem muitos aspectos positivos e constitui-se o principal diferencial da técnica construtiva. Destacam-se as seguintes vantagens:

- Baixa agressividade ao meio ambiente, pois ao dispensar a queima dos tijolos uma grande quantidade de monóxido de carbono deixa de ser emitida na atmosfera. Gases poluentes consequentes do processo de produção de tijolos convencionais não são lançados na atmosfera, segundo Motta *et al* (2014);

- Propriedades higiênicas nas edificações, já que não oferece condições para instalações e proliferações de fungos e bactérias nocivos à saúde dos usuários, atendendo às condições mínimas de habitabilidade (Taveira, 1987);
- Eliminação do desmatamento da vegetação nativa, muito utilizada em fornos para a queima dos tijolos convencionais, evitando a queima de 12 árvores de médio porte ou 170 litros de óleo a cada milheiro de tijolos (Casanova, 1988);

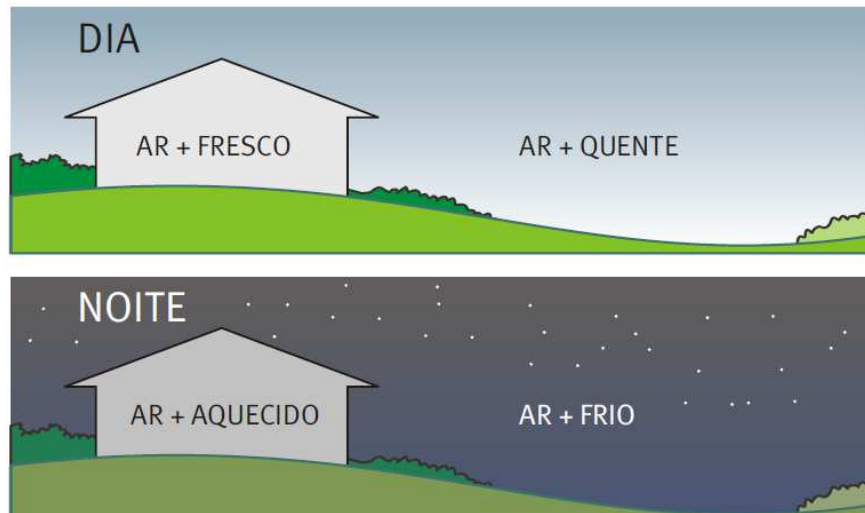


Figura 35: Propriedades termo-acústicas.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

- Redução do consumo de energia elétrica nas edificações, devido às propriedades térmicas e acústicas dos tijolos (Figura 35). O conforto térmico é consequente da não utilização de materiais térmico-condutivos e a boa entropia do material (ABCP, 1985). Além disto, os furos presentes nos tijolos modulares formam câmaras de ar no âmago da alvenaria, proporcionando conforto térmico e acústico decorrente do isolamento;
- Redução de lançamentos de resíduos de obras no meio ambiente, já que não há desperdício de material durante a execução e nem necessidade de quebra dos tijolos para as instalações elétricas e hidráulicas no sistema construtivo modular. Assim, viabilizam uma construção limpa e com menor quantidade de resíduos e entulho, pois o sistema construtivo de encaixes dos tijolos facilitam os cálculos, reduzindo a quantidade de cortes, eliminando a necessidade de pregos, arames e furos nas paredes (Taveira, 1987);

- Reciclagem de materiais, entulhos e rejeitos industriais, pois uma das vantagens dos blocos de solo estabilizado é a possibilidade de incorporar outros materiais na sua fabricação, como por exemplo: agregados produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais. (Carneiro, 2001);

- Redução no consumo de água na etapa de fabricação, visto que consome até 60 vezes menos água que o concreto (SAHARA, 2001);

- Material totalmente reciclável e incombustível, podendo ser decomposto novamente e lançado ao meio ambiente com uma ressalva aos materiais agregados à mistura (Casanova, 1988);

Quanto à aplicação construtiva do uso de tijolo de solo-cimento, também pode-se citar algumas vantagens, sendo que a maioria comprova a facilidade, velocidade e agilidade de execução da obra. Segue abaixo:

- Resistência à umidade mais elevada que tijolos convencionais, enquanto estes facilmente são enfraquecidos e perdem sua resistência se não forem protegidos (ABCP, 2009);

- Maior resistência à compressão que os tijolos convencionais, proporcionando uma edificação mais eficiente (MOREIRA, 2009);

- Durabilidade e segurança estrutural, sendo estes aspectos comprovados em diversas edificações com o uso de tijolo de solo-cimento por suas propriedades físicas, amarrações estruturais e distribuições de cargas (Casanova, 1988);

- Propriedades facilmente corrigíveis e adaptáveis ao uso, já que é possível adicionar mais solo, fibras, ou outros aglutinantes sem prejudicar o resultado final (MINKE, 2005).

- Redução do peso das alvenarias, pois diminui o dimensionamento das fundações e outras estruturas. Visto que o tijolo de solo-cimento é produzido apenas com solo, cimento e água, encaixa-se um sobre o outro, facilitando o assentamento e diminuindo a quantidade de cola ou argamassa empregada. (LUCAS, 2014);

- Granulometria do solo corrigível, por exemplo, solos excessivamente argilosos podem ser corrigidos através da adição de areia (Ferraz, 2004);

- Equipamentos funcionais e de fácil automação, favorecendo uma operação direta na obra independente da localidade;
- Agilidade e eficiência na execução, já que o sistema construtivo trata-se apenas de tijolos encaixados ou assentados com pouca quantidade de argamassa. Portanto, fácil e rápido manuseio à mão de obra responsável (Figura 36);

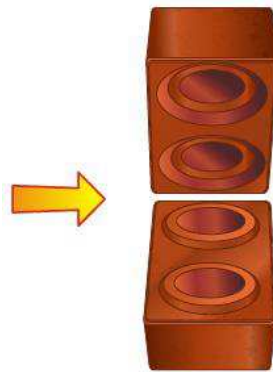


Figura 36: Encaixes dos tijolos de solo-cimento.

Fonte: Manual prático de tijolos ecológico (Eco Produção – Tijolos ecológicos, 2013).

- Praticidade e otimização de tempo nas instalações, já que os tijolos produzidos com furos internos permitem a passagem de tubulações sem a necessidade de cortes ou quebras;
- Sem necessidade de reboco na maioria dos casos, resultando em uma obra acelerada em acabamentos (SAHARA, 2001);
- Diversidade cromática, pois os solos proporcionam opções de tonalidades de cores variadas devido à sua própria natureza;
- Mão de obra não qualificada, isto é, não há necessidade de determinada especialização para os profissionais envolvidos na construção diante a facilidade de execução;
- São regulares em forma e em dimensões e a produção de blocos pode ser realizada durante todo o ano (MOREIRA, 2009);

Os aspectos que proporcionam economia de custos diretos, custos indiretos ou que influenciam positivamente na relação custo-benefício através da

utilização do tijolo de solo-cimento em edificações, são destacados abaixo (ANITECO – Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico):

- Possibilidade de economia de custos de transporte de material com extração de material no próprio canteiro de obras ou proximidades;
- Economia de mão de obra de carpintaria, pois as colunas de sustentação embutidas na alvenaria dispensa o uso de madeira, sendo este um item que em excesso encarece a obra e exige profissionais com mínimo de especialização em marcenaria;
- Economia de 50% com concreto e 60% com ferragens para a sustentação estrutural da edificação, quando comparado com a execução de uma estrutura em concreto armado;
- Economia de madeira para a armação de formas estruturais de vigas, colunas e vergas, visto que as estruturas são embutidas na alvenaria e as canaletas substituem as vergas;
- Economia considerável de cimento e agregados em argamassas para o assentamento dos tijolos, dado que os tijolos modulares são auto ajustáveis e autotravantes por encaixes entre as peças, o que favorece a redução de massa de assentamento;

Outras vantagens podem ser destacadas por outros autores, como:

- Redução de aproximadamente 50% da argamassa de rejunte e uma simplificação na elevação da alvenaria, viabilizando a construção com metade da mão de obra especializada normalmente requerida (Carvalho e Poroca *apud* Pecoriello, 2003).
- Economia de argamassa de revestimento para regularização e acabamento das paredes internas e externas, pois a etapa de reboco na alvenaria é opcional. É feito apenas o rejuntamento dos tijolos, que se conformam em aspectos físicos regulares (Figuerola, 2004);
- Economia de 40% ou mais com a mão de obra, já que o método construtivo com tijolos modulares de solo-cimento dispensa mão de obra especializada, já que se alinham na montagem (Casanova, 2008);
- Economia de tempo para a conclusão acelerada da obra, com redução de 30% de tempo em relação à alvenaria convencional, já que ocorre o aumento da

velocidade da construção, refletindo entre outras na economia de alocação e mobilização de mão de obra (SEBRAE apud OSCAR NETO, 2010);

- Economia total no final da obra entre 20% a 40% quando comparado à alvenaria tradicional de blocos cerâmicos (Figuerola, 2004);

Mais vantagens do tijolo de solo-cimento no âmbito da economia foram elencadas por GRANDE (2003) quando comparado com os tijolos convencionais. Destaca-se:

- Economia superior a 15% com o tijolo de solo-cimento, dado a redução do desperdício por quebra, considerando-se a maior resistência mecânica dos tijolos modulares de solo-cimento em comparação com os blocos de concreto e os tijolos cerâmicos. Tal economia é potencializada pela adoção de peças especiais, em formato de meio tijolo, o que acarreta melhor rendimento ao controlar as perdas dos recortes feitos nos tijolos (GRANDE, 2003);

- Economia com mão-de-obra e materiais para as instalações elétricas e hidráulicas da edificação, dado que os furos internos dos tijolos são condutores para a rede hidráulica e elétrica (fios elétricos e canos de água passam por dentro das paredes eliminando o procedimento de quebrar as paredes para passar os conduítes), como é necessário em casos de construção com materiais comuns, como tijolos cerâmicos e blocos de concreto (GRANDE, 2003);

- Economia energética no processo produtivo, economizando entre 40% a 65% de energia no processo de produção quando comparado aos custos energéticos associados ao processo produtivo de tijolos cerâmicos. Portanto, há uma baixa demanda de energia na etapa da produção e cura dos tijolos (GRANDE, 2003);

- Economia de energia durante a operação da edificação com controle climático e acústico de ambientes, pois os furos dos tijolos fazem que o som que externo seja reduzido e a temperatura interna da casa torne-se amena (GRANDE, 2003).

Evidentemente as desvantagens estão presentes, como em toda técnica construtiva. Embora sejam quantitativamente menores, alguns pontos inviabilizam totalmente a construção da edificação. Os pontos positivos destacados não foram

suficientes para eficiente disseminação no setor da construção civil, pois à medida que surgiam outros materiais, na maioria dos casos industrializados, o interesse pelo tijolo de solo-cimento em alvenaria das construções de habitações entrou em declínio. Segue abaixo algumas desvantagens do ponto de vista econômico e construtivo:

- O solo é altamente variável. A presença de substâncias deletérias para o processo de cimentação, como o húmus, cloretos e sulfatos inviabilizam a aplicação do solo. A solução desses problemas é dispendiosa por requerer pessoal qualificado e constantes análises de material (Casanova, 1988);
 - Necessidade de controle tecnológico regular da dosagem da mistura;
 - À medida que o teor de argila do solo é aumentado, o consumo de cimento também aumenta proporcionalmente. Por isso, os custos da construção podem ser elevados com o aumento de cimento. Entretanto, é possível fazer correções;
 - Dificuldade na obtenção de jazidas de solo "homogêneas", aliada ao rigoroso e caro controle da qualidade do solo;
 - Rejeição cultural por grande parcela da população, pois ainda associa-se bastante o uso desta técnica às pessoas de menor poder aquisitivo;
 - A secagem do material deve ser lenta, para evitar a fendilhação excessiva, com processo de cura estendendo-se até o período de 28 dias;
 - Dificuldade em encontrar financiamento e empresas especializadas na construção em tijolo de solo-cimento em todo o país;

É importante apresentar também algumas desvantagens quanto ao surgimento de possíveis patologias. Pecoriello (2003) e Figuerola (2004) citam as seguintes patologias:

- Trincas verticais, devido a tijolos com diferentes espessuras, incompatibilidade com o graute ou recalque da fundação;
- Trincas devido à expansão e contração de blocos mal fabricados ou curados;
- Fissuras por efeito de retração;
- Desgaste superficial;

- Percolação de umidade através de paredes;
- Danos à parede devido à falta de vergas e contravergas.
- O sistema modular, segundo Neidyr Cury Neto (engenheiro especializado em fundações e geotecnia), tem como desvantagem a total dependência por prensas manuais e hidráulicas, cujos valores variam de R\$ 5 a R\$ 40 mil (Figueirola, 2004).

8 ESTUDO DE CASO

Com a apresentação de informações a respeito do sistema construtivo modular com tijolos de solo-cimento, obtidos a partir de pesquisas bibliográficas, parte-se para a tentativa de aplicação do uso da técnica em habitações populares convencionais na área de estudo. Trata-se de um estudo de caso de forma referenciada e analítica, através da escolha de uma residência popular modelo comumente executada pelas incorporadoras locais. O projeto selecionado para análise pertence ao programa do governo federal Minha Casa Minha Vida (MCMV), tendo sido reproduzida em diversos loteamentos na Ilha de São Luís.

A habitação pertence ao loteamento denominado Residencial Luís Bacelar, localizando-se na Estrada do Maracanã, Km 19, próximo ao muro da Reserva da Vale, no bairro Vila Maranhão, município de São Luís – MA (Figura 37). Segundo o Google Earth, possui as seguintes coordenadas geográficas: 577.221,99m E; 9.712.422,08m S. Ver em Anexos D a planta de localização do empreendimento.

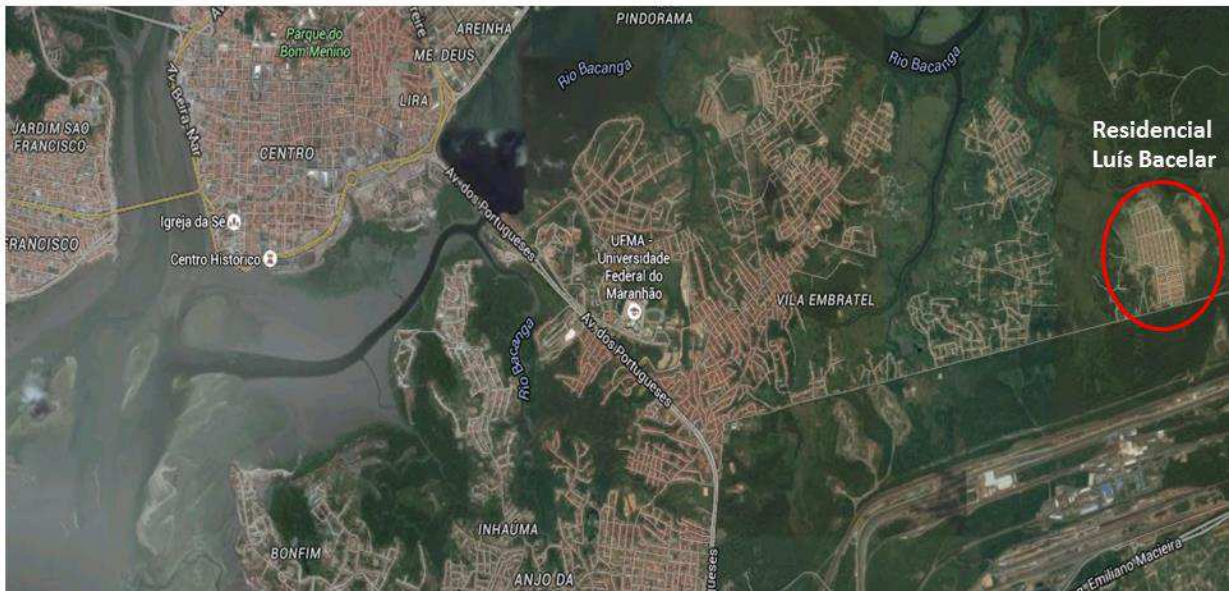


Figura 37: Mapa de localização – Residencial Luís Bacelar.
Fonte: Google Maps, LIMA (2016).

No loteamento foram construídas 500 casas e cada residência popular possui 42,39m² e pé direito de 2,40m em lotes de 128,00m², com os seguintes cômodos: sala, cozinha, dois dormitórios, um banheiro e uma lavanderia. Portanto, o

objeto de estudo é a habitação modelo (Figura 38), já citada anteriormente, constantemente executada pelo PMCMV. O projeto arquitetônico básico e planilha orçamentária detalhada constam em Anexos B e D.



Figura 38: Residencial Luís Bacelar
Fonte: LIMA, 2016

Conforme a Figura 39 e informações fornecidas pela LN INCORPORAÇÕES, empresa maranhense contratada para a execução da obra, cada habitação possui um Sistema de Aquecimento Solar, com capacidade de até 200L e certificado pelo INMETRO (LN INCORPORAÇÕES, 2016). O uso do Sistema de Aquecimento Solar (SAS) de água, medida de eficiência energética autorizada pela Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, representa um ponto importante para garantir a sustentabilidade nos empreendimentos do Minha Casa Minha Vida (CAIXA, 2014).



Figura 39: Residencial Luís Bacelar (áreas das lavanderias)
Fonte: LIMA, 2016

Ressalta-se que o objetivo da pesquisa não englobará a análise e proposição de soluções no desenho arquitetônico da habitação apresentada. Por isso, não haverá discussões voltadas para a tipologia, configuração espacial e outros elementos arquitetônicos.

A análise comparativa da habitação modelo MCMV executada com tijolo cerâmico e a mesma habitação com inserção do tijolo de solo-cimento, foi feita considerando custos apenas dos parâmetros de alvenaria, revestimentos e estruturais, responsáveis por aproximadamente 35% do valor de custo total da habitação.

Assim, foram construídas planilhas orçamentárias e a análise da execução da construção da mesma residência para os dois sistemas construtivos: tijolo cerâmico e tijolo de solo-cimento. Para elaborar as tabelas com os quantitativos de insumos e mão de obra foram utilizados a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2010), e o relatório do mês de julho de 2012 do SINAPI – CAIXA disponível para a cidade de São Luís, MA, cujos dados são atualizados mensalmente pelo IBGE em todas as capitais brasileiras.

Sabe-se que as alvenarias com blocos cerâmicos são normalmente utilizadas para as obras de habitação em todo o país, devido à facilidade de acesso aos materiais de construção envolvidos nos processos. A abnegação pelo uso de materiais sustentáveis na construção civil é generalizada. Daí, a importância de um estudo de caso dos materiais e da viabilidade do seu uso.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisar e compreender a tecnologia que envolve o tijolo de solo-cimento, com os resultados voltados a apresentar alternativas na composição e fabricação do material poderá apontar tendências e mudanças no cenário da construção civil brasileira rumo à adoção de técnicas de construção sustentáveis. É necessário um estudo de viabilidade construtiva e econômica para mensurar a possibilidade de execução na Ilha de São Luís.

Desse modo, foram estabelecidos critérios para a análise de tal viabilidade, considerando aspectos específicos e importantes para a execução na área de estudo. A Figura 40 abaixo aborda resumidamente os itens a serem avaliados.

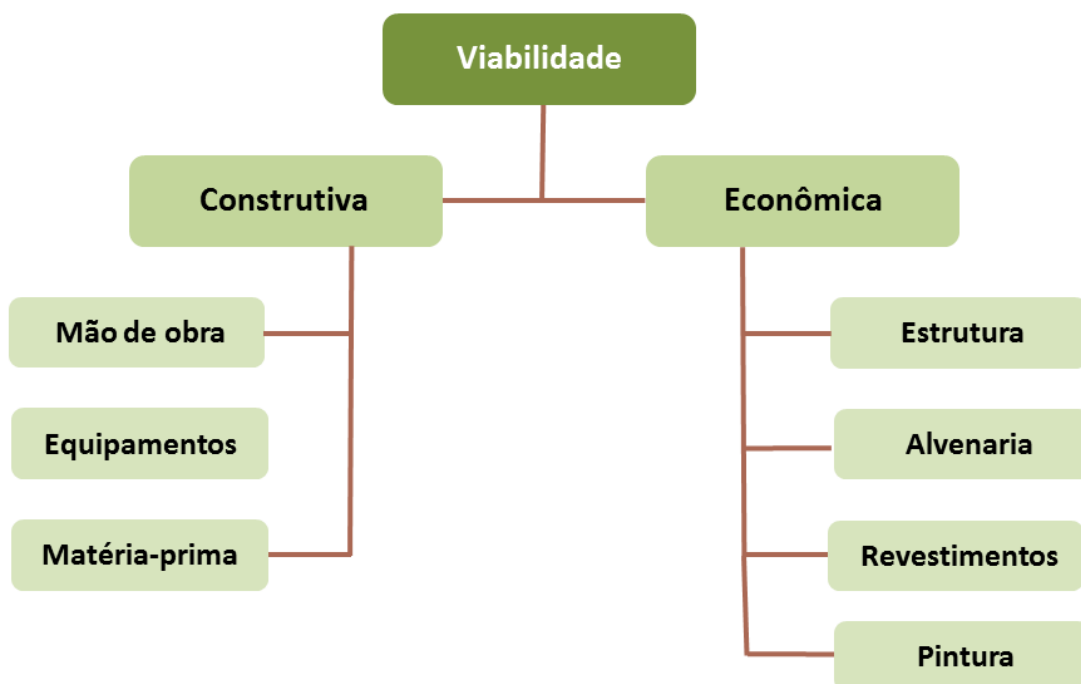


Figura 40: Esquema de Viabilidade.
Fonte: LIMA, 2016

9.1 Viabilidade construtiva

Para analisar a viabilidade técnica do uso do tijolo de solo-cimento na ilha de São Luís, alguns aspectos foram selecionados para breve estudo. Estes são:

- Matéria-prima (disponibilidade e granulometria adequada do solo);

- Equipamentos para fabricação;
- Mão de obra existente.

Cada um destes aspectos forneceu uma base realista para a verificação de possibilidade de execução, bem como os desafios e desvantagens da escolha deste tipo de técnica construtiva na área em estudo. Serviu também para fomentar mais estudos a cerca das melhorias necessárias para a aplicação local.

9.1.1 Matéria-prima

A disponibilidade da matéria-prima na área de estudo é determinante para a aplicabilidade da técnica abordada. Antes da etapa da extração do solo, é imprescindível a verificação da existência do solo adequado na região. Conforme Lopes (2002), em geral os solos podem ser utilizados para a produção de solo-cimento. Entretanto, para a obtenção de uma mistura econômica, o emprego de solos que exigem baixo teor de cimento é primordial, considerando que o solo consiste aproximadamente 85% em massa da mistura.

Como colocado anteriormente, o solo arenoso-argiloso, onde há maior percentual de areia e menor de argila, é o solo capaz de produzir tijolos com características ideais e de menor custo de produção. Segundo Figueirola (2004), os solos mais indicados são aqueles que possuem de 50% a 70% de teor de areia no composto. Assim, não ocorre a necessidade de correções através da adição de uma quantidade maior de cimento, podendo ser feitas correções com simples adição de areia pura ou de solo arenoso (Cury apud Figueirola, 2004).

O solo arenoso-argiloso é encontrado em jazidas próprias, de cor avermelhada ou amarelo-escura. Como a areia pura não contém argila, não se torna adequada para o solo-cimento, pois resultaria na produção de blocos de concreto ao invés de tijolos de solo-cimento (CAMPOS, 2012).

Com a finalidade de verificar a viabilidade do tijolo de solo-cimento na execução de habitações populares na região local, realizou-se uma breve pesquisa sobre a classificação geológica dos solos em terras maranhenses, com as principais características físicas e mecânicas. No entanto, não foram realizados testes mecânicos do solo, bem como definição de procedimentos e métodos de produção

do mesmo, devido à complexidade que tal enfoque exige e não coerente a este trabalho monográfico. Portanto, objetiva-se apontar a existência de áreas com solos propícios à produção de tijolos de solo-cimento.

Nos municípios da Ilha de São Luís, é possível encontrar formações geológicas que apresentem solos arenosos, aos quais se denota aptidão ao aproveitamento através da estabilização por solo-cimento (PINHEIRO, 2010). Conforme recorte do mapa na Figura 41 e dados do IBGE (2013), a Ilha do Maranhão ou Ilha de São Luís possui predominância dos solos Latossolos e Gleissolos (ver mapa em Anexos C).

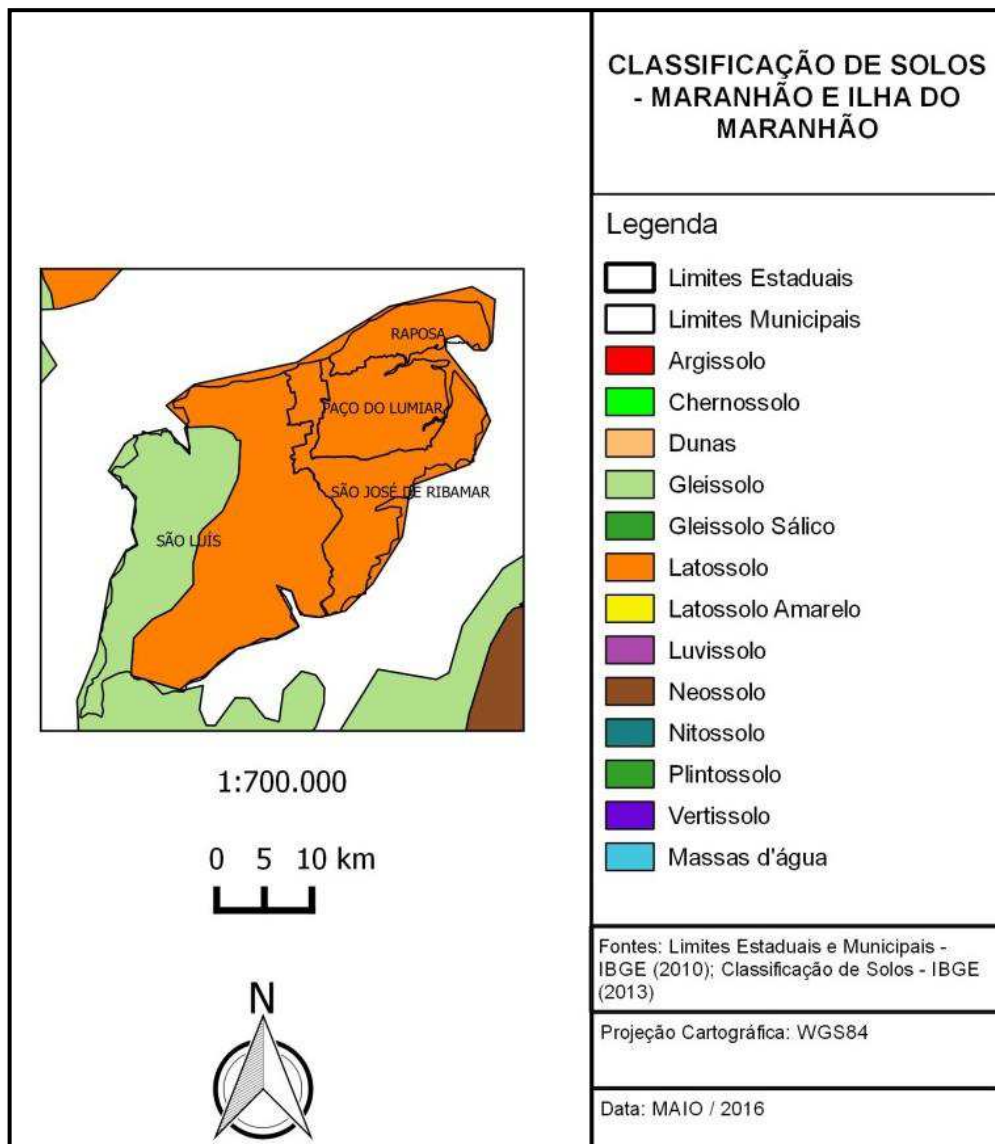


Figura 41: Recorte do Mapa – Classificação dos solos no Maranhão
Fonte: IBGE (2013), produzido por LIMA (2016).

Ao focar na classificação dos solos em cada um dos quatro municípios que constituem a Ilha de São Luís, verifica-se a nítida predominância do Latossolo amarelo (LA). Apesar dos municípios São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa compreenderem outros tipos de solo, tais como Solo de Mangue (SM), Gleissolos (G) e Podzólico Vermelho Amarelo (PV), destaca-se o Latossolo Amarelo, em cor amarela, conforme Figura 42 abaixo (Ver mapas em Anexos C):

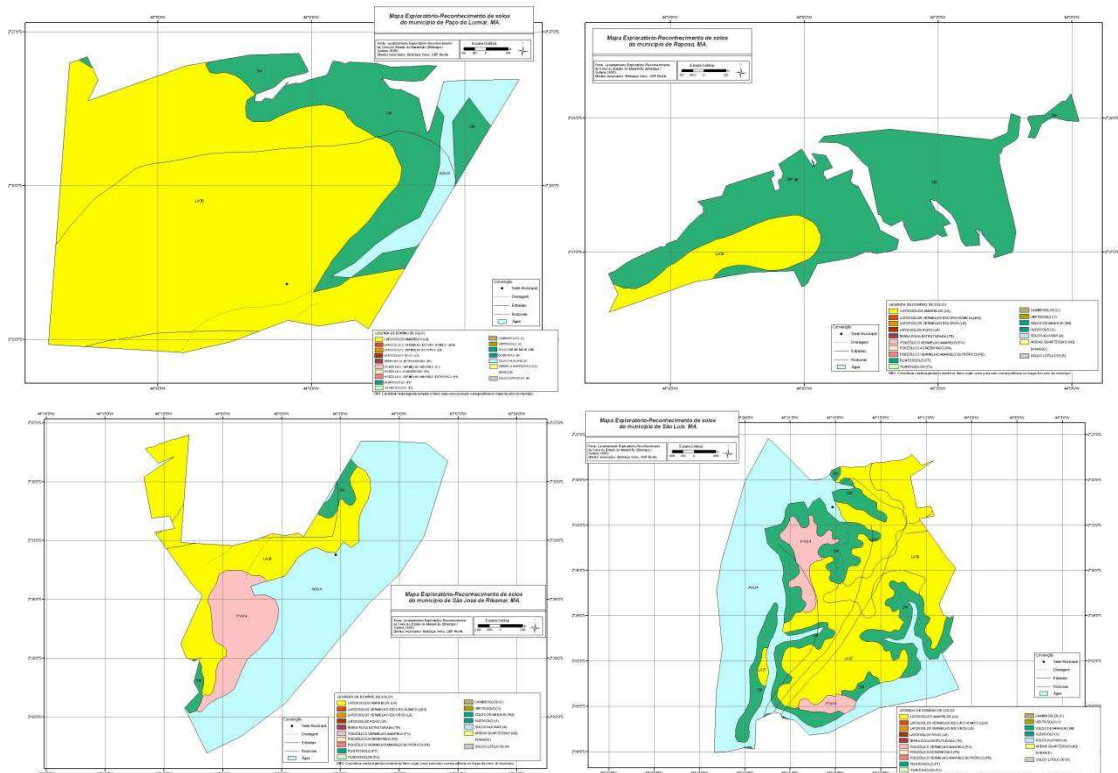


Figura 42: Mapa Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Maranhão.
Fonte: Embrapa/Sudene, 1986 (UEP Recife)

Conforme os mapas mais específicos acima, destacam-se dois solos predominantes nos municípios da Ilha de São Luís: Solo de mangue (cor verde), que compreende a classificação dos Gleissolos; e Latossolo-amarelo (cor amarela), que consiste em uma das ramificações do Latossolo. Segundo a EMBRAPA (1999), os Gleissolos são solos minerais, hidromórficos, desenvolvidos de sedimentos recentes não consolidados, de constituição argilosa, argilo-arenosa e arenosa. A Embrapa caracteriza tais solos como:

“Solos bastante diversificados em suas características físicas, químicas e morfológicas, devido às circunstâncias em que são formados, de aporte de sedimentos e sob condição hidromórfica. (...) Ocupam os ambientes de

várzeas úmidas e baixadas mal ou muito mal drenadas, em relevo plano sob vegetação de campos higrófilos e hidrófilos de várzea que são sujeitos a períodos longos de alagamentos e, com menos frequência, a floresta perenifólia de várzea.” (EMBRAPA, 1999)

Os Latossolos, porém, são solos bastante uniformes em termos de cor, textura e estrutura. Estes solos podem ser encontrados facilmente em florestas tropicais, em clima úmido e de temperatura altas. Geralmente são solos velhos e profundos, compostos predominantemente por material mineral, com predominância de textura argilosa. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Segundo a Embrapa, são solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade. Segundo GÓIS (2012):

“As argilas constituintes destes solos são predominantemente do tipo caulinita, cujas partículas são revestidas por óxidos de ferro, responsáveis pelas cores avermelhadas. Possuem textura e granulometria uniforme, boa drenagem e baixo teor de silte, possuindo em sua composição agregados muito pequenos, o que proporciona uma alta permeabilidade à água” (GÓIS, 2012, p.25)

Há uma subclassificação para a categoria de Latossolos, como Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-escuro, Latossolo Amarelo, etc. No caso em questão, tendo o Latossolo Amarelo como solo de maior concentração no território da Ilha, é importante enfatizar que dentre os variados tipos da categoria, este é o que possui possíveis problemas físicos relacionados à permeabilidade e a infiltração de água devido à elevada coesão de seus agregados, além da alta saturação por alumínio, sendo este solo extremamente duro quando seco (Embrapa, 2005).

Após caracterização física dos solos predominantes na área de estudo, percebe-se a predisposição dos mesmos como possível matéria-prima para a aplicação na massa dos tijolos de solo-cimento. Ambos os solos possuem baixo teor de argila e razoável quantidade de areia. Tal conclusão, porém, não anula a execução de testes granulométricos em laboratório ou em campo para comprovação da adequabilidade do solo a ser utilizado. Segundo Neves et. al. (2005):

“Independentemente (sic) da qualificação do solo, através de ensaios em laboratório, o conhecimento popular na arte de construir com terra pode indicar decisões, mesmo empíricas, tão eficientes quanto à quantificação

resultante de ensaios normalizados, executados em laboratório. Os testes de campo, que resultam de uma saudável combinação entre o saber popular e o conhecimento do meio técnico, são, muitas vezes, as únicas provas que se podem fazer para selecionar a terra e construir”. (NEVES, 2005).

Na Ilha de São Luís, constata-se a existência dos solos adequados para a produção de tijolos de solo-cimento, principalmente, em jazidas naturais localizadas nas periferias e áreas rurais dos municípios, o que coincide com a localização da maioria dos loteamentos de casas populares na área em estudo. Estima-se ainda que as jazidas ou fontes de extração do solo devem distar no máximo entre 5 a 10 km, a fim de não encarecer os custos de transporte do material. Segundo dados da FUNTAC (1999), caso contrário, os tijolos de solo-cimento teriam sua competitividade anulada com os tijolos convencionais de mesma função, cujas jazidas já se localizam a distâncias médias de 10 km de transporte. Assim, enfatiza-se novamente a identificação e análise dos tipos de solo da área de extração desta matéria-prima, à sombra de uma possível inviabilidade da técnica e aspectos econômicos.



Figura 43: Mapa do Município de São Luís com sobreposição de Latossolo amarelo.
Fonte: Google Earth, LIMA (2016).

Ao sobrepor a área de abrangência do Latossolo amarelo apenas no município de São Luís (Figura 43), nota-se a diversidade de áreas de solos com potencial para extração e, após análises em laboratório, certificação para utilização na produção dos tijolos de solo-cimento.

Desse modo, realizaram-se testes granulométricos no laboratório de Engenharia do IFMA – Campus Monte Castelo no período de 30 de maio a 03 de junho do ano de 2016, com quantidades de solo coletadas nas áreas distantes de atividades antrópicas e próximas ao Residencial Luís Bacelar.

O teste granulométrico demonstra as diversas designações do solo: arenoso, siltooso e argiloso. Essa classificação é determinada de acordo com o tipo de partículas encontradas em cada tipo de solo, tais como pedregulho, areia, silte e areia, sendo que este último componente ainda possui uma subdivisão em grossa, média ou fina.

O solo é constituído basicamente por partículas que podem ser agrupadas de acordo com as dimensões dos grãos. Cada grupo, ou faixa de dimensões, apresenta características próprias que indicam seu comportamento como material de construção (NEVES, 2005).

Dessa forma, foram realizados ensaios de peneiramento (ou peneiração) para a caracterização do solo: classificação dos grãos e verificação de percentuais dos tipos de solo. Os ensaios de peneiramento realizados através de 4 amostras de solo, foram extraídas das seguintes áreas da Ilha de São Luís (Figura 44): ponto 1 – terreno vazio linear situado na Av. dos Portugueses; ponto 2 – terreno vazio na região do Gapara / Maracanã, inclusive situado ao lado do empreendimento Residencial Luís Bacelar; ponto 3 – jazidas próximas a Pedrinhas; ponto 4 – terras desocupadas na BR-135.



Figura 44: Localização dos pontos de extração das amostras de solo.
Fonte: LIMA, 2016.

As amostras de solo foram secas a temperatura ambiente durante 24 horas, sendo depois destorroadas e pesadas. Foram utilizadas as peneiras de números correspondentes às malhas na decrescente ordem de maior abertura (9,5mm) até menor abertura (0,150mm): 3/8", 1/4", 4, 8, 10, 16, 30, 40, 50, 80 100, 200 e o fundo das peneiras, destinado ao silte e argila.

Cada amostra foi peneirada em frequência máxima do agitador de peneiras durante 3 minutos. No peneirador mecânico dos solos são empilhadas as peneiras, prendendo-as umas sobre as outras até a base vibratória do equipamento (Figura 45). Além das peneiras e equipamento vibratório (ou agitador de peneiras), outros materiais foram utilizados: repartidor de amostras, almofariz com bastão, balança de precisão e recipientes.



Figura 45: Ensaio de peneiramento- série de peneiras padronizadas e aparelho elétrico de peneiramento.
Fonte: Acervo da autora (LIMA, 2016).

Tais ensaios apontaram a quantidade percentual das partículas que ficam retidas ou que passam pelas diversas peneiras com aberturas normalizadas. É importante ressaltar que os testes obedeceram às normas técnicas: NBR 6457 – Preparação de amostras de solo; DNER-ME 041/94 – Solos: Preparação de amostras; NBR 7181 – Solo-analise granulométrica. Os ensaios de peneiramentos concluíram os seguintes resultados para cada amostra coletada:

- Solo 01 – Areia amarela grossa: Arenoso (80%)
- Solo 02 – Areia amarela fina: Arenoso (75%)
- Solo 03 – Areia vermelha grossa: Arenoso (98%)
- Solo 04 – Areia vermelha fina: Arenoso (99%)

Com a finalização dos quatro testes e identificação de suas respectivas características, elaborou-se a seguinte curva de distribuição granulométrica que apresenta um panorama geral (Figura 46):

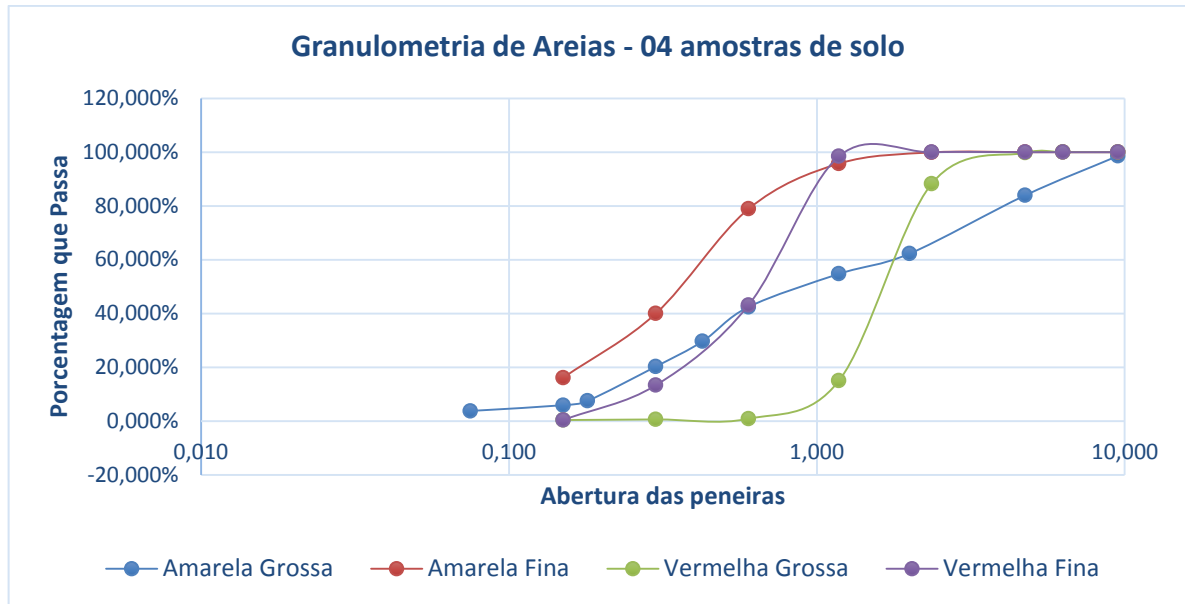


Figura 46: Gráfico de granulometria geral.
Fonte: CASTRO / LIMA, 2016.

O reconhecimento preciso de solos adequados à produção realizado por meio de vários ensaios normalizados em laboratório promove a obtenção de resultados quantitativos das características que facilitam a comparação com outras experiências e a identificação do material ideal. Os ensaios realizados em laboratórios são geralmente quantitativos (com resultados numéricos), enquanto os testes realizados em campo apresentam resultados basicamente qualitativos, sendo totalmente apropriados para comparativos entre as terras disponíveis na região para a seleção do solo ideal ao sistema construtivo planejado (NEVES, 2005). Além disto, os ensaios granulométricos de solo em laboratórios são recomendados para construções massivas em larga escala, ou quando o volume de terra é significativo, ou ainda quando se propõe a utilização de aglomerantes.

No caso em estudo, o uso do cimento como aglomerante pode elevar consideravelmente a produção dos tijolos, por isso é imprescindível a realização de estudos minuciosos para a construção. Para os tijolos de solo-cimento são necessários ainda o estudo das jazidas para verificação de quantidade de solo disponível e um ensaio de caracterização do solo para controle e identificação de possíveis alterações que possam gerar mudanças em seu comportamento final. Contudo, a pesquisa monográfica não visa aprofundar nestes aspectos de viabilidade devido à amplitude de tais áreas de conhecimento e dificuldade na

aquisição de informações por parte dos órgãos públicos competentes. Ratifica-se ainda que os testes granulométricos realizados já são regularizados para a seleção de solos adequados ao uso.

De forma geral, tais testes serviram para concluir que a Ilha de São Luís possui diversos pontos com solo apropriado para a utilização na produção do tijolo de solo-cimento. Para mais detalhes, em Anexos A encontram-se todos os gráficos, cálculos percentuais e análise detalhada de cada amostra de solo coletada.

No Estado do Maranhão não existem fábricas de tijolo de solo-cimento, por isso priorizou-se a análise de alguns aspectos referentes à fabricação dos tijolos *in loco*. Portanto, um breve estudo sobre a existência da matéria-prima adequada já contribui para a análise de viabilidade construtiva local.

9.1.2 Mão de obra

A mão de obra trata-se do aspecto de maior viabilidade construtiva no uso desta técnica, pois não há restrições quanto à especialização e qualificação por ser bastante similar à técnica de tijolos convencionais e de fácil aprendizagem. O tijolo de solo cimento de encaixe (sistema modular) conta com uma cavidade em sua face superior, chamada de fêmea, e em sua face inferior uma elevação, chamada de macho, que permite o encaixe dos tijolos para a formação da parede. Seu sistema funciona como um simples jogo de montar, possibilitando o uso de mão de obra não especializada, com a conseqüente economia e rapidez na construção.

A FUNTAC (1999) e outras fontes apontam para a necessidade de apenas 01 encarregado de produção e 04 serventes na modalidade de produção por prensa hidráulica a cada milheiro de tijolos. Vale lembrar que este quantitativo não engloba a etapa da extração, preparação e mistura do solo, ou seja, as etapas que antecedem a modelagem dos tijolos na prensa.

Portanto, após um simples treinamento de conhecimento da técnica abordada, a mão de obra local estaria apta para tanto no processo produtivo dos tijolos através da operação dos equipamentos, quanto na execução da habitação por meio do processo construtivo modular.

9.1.3 Equipamentos

Quanto aos equipamentos essenciais na fabricação de tijolos em larga escala, alerta-se para a análise criteriosa durante escolha do equipamento de fabricação (manual ou hidráulico). Portanto, a produção diária exigida para o andamento normal da obra norteará a necessidade e tipologia de determinados maquinários. Como já colocado no item 7.3.4 deste trabalho, a prensa hidráulica fabrica, em média, sete vezes mais tijolos/dia que a prensa manual, e isto comprometerá os custos iniciais de investimento em maquinário. O uso constante do maquinário posteriormente compensará através do volume de tijolos fabricados, preço reduzido do material e prazo mínimo de entrega. Por isso, para análise de viabilidade, opta-se pela prensa hidráulica, visto que se pretende adotar essa solução em loteamentos de habitações populares.

Além disso, a utilização deste tipo de prensa dialoga perfeitamente com as demandas de uma obra em maior escala, sendo uma grande ferramenta para na realização de programas habitacionais (Figura 47) de autogestão e autoconstrução, mas também muito eficiente em moldes industriais de produção.



Figura 47: Casa popular feita com tijolos de solo-cimento em Cuiabá-MT.
Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=124>

Segundo a FUNTAC (1999), os equipamentos necessários para a execução da produção de tijolos com prensa hidráulica segue abaixo, conforme Tabela 6:

Item	Qtd
Carreta (capacidade 800kg)	01
Dispositivo para carga	01
Misturador (capacidade 120L)	01
Peneirador	01
Prensa Hidráulica	01

Tabela 6: Equipamentos de produção – Prensa Hidráulica.
 Fonte: LIMA (2016), a partir de dados da FUNTAC, 1999.

Destes equipamentos citados, a prensa hidráulica destaca-se como item de maior investimento inicial, podendo alcançar a faixa de R\$180.000,00 em alguns casos.

Para a produção de um milheiro de tijolos (1000 tijolos), deve-se atentar para o consumo dos materiais utilizados na produção: solo arenoso – 2,0 m³; cimento Portland – 168 kg; água potável – quantidade variável (FUNTAC, 1999). É importante ainda a construção de um galpão com área média de 250m² para armazenamento dos tijolos produzidos.

A SAHARA – IND. E COM. DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA, pertencente ao GRUPO AGUILAR, disponibiliza vários tipos de máquinas para produção de tijolos de solo-cimento. A máquina mais eficiente em termos de velocidade e quantidade de produção é a prensa hidráulica denominada “Prensa Multifuncional HP2” (Figura 48). Caracteriza-se pelo abastecimento de gaveta pneumática contendo internamente uma agitador, com alta capacidade de compactação, sem necessidade de operador fixo para manusear a máquina e produção de 2 tijolos por ciclo (média de 08 – 10 segundos). Além de produzir tijolos de solo-cimento, a máquina produz também pastilhas de revestimento e blocos maciços. Nota-se que é uma máquina de caráter industrial voltada para a alta produção com grande economia de mão de obra.



Figura 48: Prensa Hidráulica SAHARA – Prensa Multifuncional HP2.

/Fonte: <http://www.sahara.com.br/produtos/maquinas-para-tijolos/prensa-multifuncional>

Após contato com representante do departamento técnico da empresa, algumas especificidades da máquina foram apresentadas, como a produtividade. A prensa hidráulica em questão oferece maior produtividade, porém com valor mais elevado entre todos os outros equipamentos de fabricação de tijolos de solo-cimento.

Especificações Técnicas	
Motor	5 CV Trifásico (220 ou 380 V)
Unidade hidráulica	50 litros padrão
Compactação	Hidráulica
Moldes Intercambiáveis:	Substituição dos moldes para confecção de peças modulares ou maciças, com regulagem de altura ou tamanho.
Licenciamento:	A SAHARA é a única empresa do mercado que, licencia e autoriza a fabricação de tijolos ecológicos (modulares) Patente Grupo Aguilar.

Tabela 7: Especificações Técnicas – Prensa Hidráulica HP2.

Fonte: Dados SAHARA, por LIMA (2016).

A prensa hidráulica HP2 funcionando por 8 horas proporciona a produção de até 5000 tijolos, com a ressalva da necessidade de solo adequado (a produção varia de acordo com a granulometria, umidade e liga do material) e profissional com conhecimento básico na operação periódica da máquina. Para a obtenção da

mistura de um solo ideal, a SAHARA indica outro equipamento: o Triturador JAG 5000 (Figura 49).



Figura 49: Triturador JAG 5000.
Fonte: SAHARA

O Triturador possui a função de destorroar, triturar e homogeneizar a mistura de solo-cimento. Os componentes da mistura – solo, cimento e água -, devem ser pré-misturados manualmente e passar até duas vezes no triturador, para obter uma perfeita homogeneização. Segundo a SAHARA, a utilização deste equipamento proporciona um melhor acabamento e resistência aos tijolos. Portanto, também aumenta a produtividade, economiza cimento e mão de obra. Beneficia em média 6m³ de solo e é acoplado ao motor elétrico de HP com lâmina de trituração de fácil reposição (fixado com apenas um parafuso).

O valor de venda do equipamento Prensa Hidráulica HP2 corresponde a R\$ 179.740,00 e o preço do triturador JAG 5000 a R\$ 8.000,00. O valor de frete aproximado dos equipamentos da empresa sede em São Paulo até a capital maranhense equivale a R\$ 14.000,00. Como resultado, tem-se um investimento inicial de R\$ 201.740,00.

É importante enfatizar que existem máquinas que fabricam tijolos de solo-cimento com valores inferiores, porém o equipamento analisado para posterior estudo de viabilidade econômica apresentou melhores desempenhos para a demanda necessária de produção.

Além da busca por equipamentos para fabricação *in loco*, devido à existência abundante da matéria-prima, também se verificou a possibilidade de compra de tijolos ecológicos para um comparativo econômico. Após consulta a

algumas fábricas especializadas na fabricação de tijolos de solo-cimento, adotou-se o orçamento modelo a partir dos valores fornecidos pela empresa distribuidora Monteiro Construções.

A empresa Monteiro Tijolos e Máquina LTDA, localizada em Salto – SP, enviou uma proposta de serviço prévia com base nos dados técnicos e valores de materiais seguindo a Tabela 8 abaixo:

Dados Técnicos – Tijolos	
Dimensões	30 x 15 x 7,5 cm
Peso	4,100 kg seco
Resistência a compressão	4,25 / 5,50 MPA
Absorção de água	13,25 %
Consumo/m² (parede)	45 peças
Preço unitário	R\$ 1,40 + frete

Tabela 8: Dados Técnicos – Tijolo Ecológico.
Fonte: LIMA (2016), a partir de dados Monteiro Tijolos.

No item 9.2 deste trabalho, o orçamento será apresentado de forma mais detalhada. Com a coleta de dados referentes aos investimentos na compra de equipamentos ou própria matéria-prima, prossegue-se para a composição detalhada do orçamento no estudo da viabilidade econômica.

9.2 Viabilidade econômica

Na proposta do trabalho, o material convencional a ser substituído por não convencional foi definido a partir da possibilidade de impacto final no orçamento, da disponibilidade do material na região, da existência de equipamentos necessários, e da facilidade de utilização de mão de obra local sem necessidade de alta especialização.

Com o parecer resultante da viabilidade construtiva, alguns aspectos considerados possibilitaram o estudo da viabilidade econômica. A forma escolhida para fazer tal estudo sucede-se através da comparação de planilhas orçamentárias, onde se utilizou a tabela orçamentária existente da Habitação do empreendimento MCMV Residencial Luís Bacelar, e desenvolveu-se uma tabela com os mesmos quantitativos e materiais, porém com a substituição do tijolo cerâmico pelo tijolo de

solo-cimento. Nesta fase, os custos para construção das alvenarias foram totalizados e relacionados por m². Além disto, para facilitar a visualização dos dados, a habitação original construída com tijolos cerâmicos será denominada como CASA 01 e a habitação resultante da utilização de tijolo de solo-cimento e outras interferências será retratada como CASA 02.

Como já colocado anteriormente, na região nordeste do país não existem empresas especializadas na fabricação de tijolos de solo-cimento, diferentemente de outras regiões em que é possível fazer comparativos de preços. Essa inexistência de fábricas no Estado do Maranhão e nas proximidades acarreta um custo elevado no transporte da matéria-prima industrializada, impactando negativamente os custos de construções na Ilha de São Luís com tijolo de solo-cimento. Além disso, todas as fábricas de tijolo de solo-cimento constatadas ao longo da pesquisa apontaram para a criação de uma pequena fábrica no próprio canteiro de obras como uma solução menos dispendiosa e mais eficiente para a realidade local.

É também importante lembrar que não é coerente comparar o valor do milheiro do tijolo de solo-cimento ao valor do tijolo convencional baseando-se apenas nos custos de compra ou produção do material, pois a possível economia do uso desta técnica encontra-se nas vantagens que o material e sistema modular poderão proporcionar ao custo final da obra.

O tijolo de solo-cimento inserido na planilha em questão resulta da fabricação realizada no próprio canteiro de obras, já que se certificou a viabilidade construtiva na área de estudo. A unidade habitacional com tijolos cerâmicos equivale a R\$ 24.538,10, sem considerar valores das despesas em infraestrutura, terreno e BDI, conforme planilha orçamentária original em Anexo B.

Relacionaram-se materiais necessários para a construção de uma habitação de 42,39m², isto é, a mesma habitação tanto para a alvenaria convencional quanto para a de tijolos de solo-cimento.

Com a análise completa e detalhada do orçamento da habitação original (CASA 01), destacaram-se as seguintes áreas de intervenção para a adequação ao uso do tijolo de solo-cimento na edificação: Estrutura, Alvenaria, Revestimentos e Pintura. Dessa forma, cada item será analisado enfatizando a existência ou não da

economia entre a alvenaria de tijolo cerâmico (CASA 01) e alvenaria de tijolo de solo-cimento (CASA 02).

9.2.1 Estrutura

O tijolo de solo-cimento em uma habitação gera alterações nos quantitativos referentes aos custos estruturais. Aproveitando todos os comprovados resultados através de estudos e aplicações práticas ao longo dos anos de aperfeiçoamento do sistema construtivo modular, notou-se uma redução percentual alarmante em alguns insumos e composições. De acordo com o SEBRAE (p.3. apud, OSCAR NETO, 2010), é comprovada a economia de concreto e argamassa em cerca de 70% e economia de 50% de ferro na etapa estrutural em relação ao método construtivo convencional. Com tais dados, nota-se os seguintes resultados comparativos (Tabela 9).

ESTRUTURA		
item	Custo (R\$)	Custo (%)
CASA 01	R\$ 805,04	3,28%
CASA 02	R\$ 613,50	2,76%
Economia	R\$ 191,54	0,52%

Tabela 9: Comparativo da economia no item Estrutura.

Fonte: LIMA, 2016

Houve uma economia na etapa estrutural de R\$ 191,54 por unidade habitacional em relação ao uso do tijolo de solo-cimento e uma economia percentual de 0,52% do valor total da habitação. Vale ressaltar que se optou pela utilização de vergas e contravergas tradicionais, portanto as cintas de amarração com tijolos do tipo canaleta não foram inseridos na planilha da CASA 02.

9.2.2 Alvenaria

Ao analisar os custos da composição de uma alvenaria em tijolo de solo-cimento é necessário definir a forma de aquisição da matéria-prima principal, ou seja, se os tijolos serão comprados em determinada fábrica ou se serão produzidos “in loco”. Apesar das dificuldades encontradas pelos fornecedores em transportar os tijolos para a Ilha de São Luís e pelo incentivo dos mesmos para fabricação em canteiro de obras, analisou-se o custo do insumo em cada uma das formas. A empresa Monteiro Construções, representada pelo proprietário Fernando Monteiro,

cedeu a planilha orçamentária de produção dos tijolos em canteiro de obras para uma compreensão detalhada dos custos. Assim, foi possível analisar as duas formas de aquisição do tijolo de solo-cimento pela empresa.

Nesta primeira situação, o tijolo de solo-cimento adquirido por compra em fábrica especializada (Monteiro Construções) baseada nos cálculos dos quantitativos coerentes à planilha orçamentária do Residencial Luís Bacelar, percebe-se o alto investimento inicial. As 500 unidades habitacionais do loteamento em análise totalizam uma quantidade de 41.915,00m² de alvenaria. Em termos de investimento por unidade, o cálculo apurado é um consumo de aproximadamente 3.772 tijolos por casa, e partindo do preço praticado no ano de 2016, R\$ 1,40 a peça, o investimento será de R\$ 5.281,29 por unidade habitacional (casa). Detalhando o cálculo, o valor de alvenaria total das 500 casas equivale a 41.915,00m² e este multiplicado pelo número de peças necessárias em consumo/m² (45 peças) com margem de sobra segundo a própria empresa fornecedora, resulta em um total de 1.886.175,00 peças (tijolos com dimensões 30 x 15 x 7,5 cm). A quantidade total de peças precisa ser multiplicada pelo valor unitário com a adição do frete. Considerando o preço unitário sem o frete, tem-se: 1.886.175,00 peças x R\$ 1,40 = R\$ 2.640.645,00.

Tijolo comprado (MONTEIRO TIJOLOS)				
Área (m ²)	Consumo	Qtd (peças)	Preço unit. (\$)	Total (\$)
1,00	45	45	R\$ 1,40	R\$ 63,00
83,83	45	3772,35	R\$ 1,40	R\$ 5.281,29
41915,00	45	1886175	R\$ 1,40	R\$ 2.640.645,00

Tabela 10: Custos de compra de tijolos de solo-cimento.
Fonte: LIMA. 2016, a partir de dados da Monteiro Construções.

O custo elevado de transporte levou a empresa a não fornecer o valor do frete, devido à extensão da distância aproximada de 2.899km de São Luís para a fábrica (Google Maps, 2016). Contudo, o fornecedor alertou para o frete com menor custo: o frete retorno, isto é, carretas que partam da cidade de São Luís para a cidade de São Paulo e retornem com tijolos, e mesmo assim torna-se inviável pelo custo do frete. Por isso, o representante de vendas da Monteiro Tijolos e Máquinas LTDA apontou para a primeira solução estudada anteriormente através da montagem de uma unidade fabril no próprio canteiro de obras do empreendimento. Dessa forma, forneceu uma proposta sobre o trabalho que desenvolveriam na obra e

com a mão de obra local, através de treinamentos, consultorias e informações operacionais. Tal proposta apresenta um valor de R\$ 30.000,00.

Segundo os fornecedores da empresa, para fabricação em canteiro de obras, tal empreendimento ficaria isenta de frete do material, podendo ainda ter um preço menor do produto final em razão da região de trabalho e custos de matéria-prima. Dessa forma, parte-se agora para a segunda situação de aquisição de tijolos: fabricação “in loco”. As planilhas orçamentárias enviadas pela empresa Monteiro Construções foram essenciais para seguir os mesmos parâmetros a fim de analisar a execução em canteiro de obras no Residencial Luís Bacelar.

Iniciando pelas despesas fixas e indiretas, segundo a empresa Monteiro Tijolos, seria necessário orçar encarregados, funcionário de produção, encargos trabalhistas, consome de água e energia. Referenciando-se pela planilha de produção enviada, chegou-se aos seguintes custos (Tabela 11):

Despesas indiretas			
Itens	Quantidade	Unitário	Total
Encarregado	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Encargos trabalhistas totais	68%	R\$ 1.000,00	R\$ 680,00
Funcionários da produção	4	R\$ 951,00	R\$ 3.804,00
Encargos trabalhistas totais	68%	R\$ 3.804,00	R\$ 2.586,72
Consumo água	1	R\$ 149,00	R\$ 149,00
Consumo energia	1	R\$ 900,00	R\$ 900,00
Total			R\$ 9.119,72

Tabela 11: Produção “in loco” - Despesas indiretas.

Fonte: LIMA, 2016 a partir de dados da Monteiro Construções.

O valor do custo das despesas indiretas é somado ao custo dos insumos por milheiro ou unidade de tijolos. Para obter tal valor, é necessário calcular a capacidade de produção mensal a partir de alguns dados fornecidos pela SAHARA, empresa fornecedora de equipamentos de produção abordada e entrevistada nesta pesquisa. A Tabela 12 abaixo aponta para o total de produção de tijolos mensalmente:

Capacidade de produção mensal	
Itens	Qtd
Tijolos por hora (prensa hidráulica)	625
Turno diário Seg a Sex (horas)	8
Turno diário Sábado (horas)	0
Dias trabalhados	22
Horas de trabalho no mês	176
Total produção mensal (unitário)	110000
Total produção mensal (milheiro)	110

Tabela 12: Produção “in loco” – Capacidade mensal.
Fonte: LIMA, 2016 a partir de dados da Monteiro Construções.

Ao multiplicar o total de horas de trabalho mensais pela quantidade de tijolos produzidos por dia pela prensa hidráulica HP2, já citada anteriormente, chega-se a produção total equivalente a 110.000 tijolos ou 110 milheiros. Esse valor serve como base para calcular os custos de insumos de produção. Utilizou-se os quantitativos de Cimento Portland (saco 40kg) e de solo estabelecidos pela empresa Monteiro Construções, enquanto os preços dos insumos foram adaptados a realidade local. Embora a viabilidade construtiva no âmbito matéria-prima tenha sido comprovada, com a existência de localidades na Ilha de São Luís como solo adequado para a extração, no cálculo abaixo se considerou a compra de m³ de solo por empresas responsáveis pela extração em jazidas. Assim, segue Tabela 13 abaixo:

Custo de insumos do milheiro/mês						
Insumos de produção	Unid.	Qtd	Preço	Custo	milheiro/mês	Total
Solo (m ³)	m ³	4,5	R\$ 27,00	R\$ 121,50	110	R\$ 13.365,00
Cimento CP (saco 40kg)	Kg	12	R\$ 22,50	R\$ 270,00	110	R\$ 29.700,00
Total				R\$ 391,50		R\$ 43.065,00

Custo de insumos do tijolo/mês						
Insumos de produção	Unid.	Qtd	Preço	Custo total	tijolos/mês	Total
Solo (m ³)	m ³	0,0045	R\$ 27,00	R\$ 0,12	110000	R\$ 13.365,00
Cimento CP (saco 40kg)	Kg	0,012	R\$ 22,50	R\$ 0,27	110000	R\$ 29.700,00
Total				R\$ 0,39		R\$ 43.065,00

Tabela 13: Produção “in loco” - Custos de insumos.
Fonte: LIMA, 2016 a partir de dados da Monteiro Construções.

É necessário frisar que se houvesse a viabilidade quantitativa da retirada de solo do próprio canteiro de obras, através de estudos topográficos de volumes em corte/aterro, o custo de aquisição de solo seria nulo e o custo de insumo do tijolo passaria de R\$ 0,39 para R\$ 0,27. Não sendo este um dos objetivos da análise em questão, adota-se o valor do milheiro por R\$ 391,50 e segue-se para o cálculo de produção mensal incluindo tanto o custo de insumos quanto o custo de despesas indiretas. A Tabela 14 apresenta o valor total de produção por milheiros e unidades:

Custo total de produção mensal				
Itens	Custo	Qtd	Total (milheiro)	Total (tijolos)
Insumos	R\$ 43.065,00	110	R\$ 391,50	R\$ 0,39
Despesas indiretas	R\$ 9.119,72	110	R\$ 82,91	R\$ 0,08
Total	R\$ 52.184,72		R\$ 474,41	R\$ 0,47

Tabela 14: Produção “in loco” – Custo total de produção.
Fonte: LIMA, 2016 a partir de dados da Monteiro Construções.

Como já apresentado no Item 9.1.3 deste trabalho, o valor total de investimento em equipamentos é de R\$ 201.740,00, com frete incluso. A verificação acerca de qual forma de aquisição de tijolos pagaria os custos iniciais dos equipamentos se dá pela economia de produção por milheiro. Na primeira situação de compra em fábricas, obtém-se uma despesa de R\$1.400,00 por milheiros, enquanto a segunda situação de produção “in loco” apresenta uma despesa inferior por R\$474,00. A diferença encontrada é R\$ 925,59, cujo valor trata-se da economia obtida por milheiro. Assim, seria necessário produzir 217,96 milheiros “in loco” para compensar o alto investimento em equipamentos. Se 500 casas correspondem a 1.886,18 milheiros de tijolos, tal produção de tijolos já compensaria o investimento em 8 vezes. Portanto, os equipamentos seriam pagos ainda na construção do Residencial Luís Bacelar.

Com a conclusão de que o tijolo fabricado “in loco” seria mais viável economicamente, segue-se a composição de alvenaria de tijolo de solo-cimento fabricado em canteiro de obras por m² (Tabela 15):

COMPOSIÇÃO: ALVENARIA DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO (m²)					
Insumo	Un.	Quantidade	Preço unitário	Preço total	Economia
Servente	H	0,1451	R\$ 6,58	0,67	30%
Pedreiro	H	0,1295	R\$ 10,44	0,95	
Areia	m3	0,0019	R\$ 35,00	0,04	40%
Cimento Portland	Kg	0,5234	R\$ 0,38	0,12	
Tijolo	Um	45,0000	R\$ 0,47	21,35	
Total				23,12	

Tabela 15: Composição de alvenaria de tijolo de solo-cimento.
Fonte: LIMA, 2016 a partir de dados da Monteiro Construções.

Nessa composição mantiveram-se os quantitativos e valores da composição de alvenaria de tijolo convencional da planilha original do Residencial Luís Bacelar, contudo houve uma alteração direta no valor do tijolo, já que se trata de um elemento construtivo divergente tanto na quantidade de peças por m² quanto no valor unitário (preço). A coluna da Tabela 15 referente à economia trata dos percentuais de redução de custos comprovados por teses, estudos e construções práticas.

Vários estudos apontam que existe uma economia de tempo para a conclusão da obra. Enfatizando a abordagem feita no item 7.5 deste trabalho, ocorre uma redução de 30% de tempo em relação à alvenaria de tijolos cerâmicos, ocorrendo o aumento da velocidade da construção que reflete diretamente na mobilização de mão de obra (SEBRAE apud OSCAR NETO, 2010). Por isso, a economia incidiu na quantidade de tempo total da mão de obra necessária para a construção das habitações de alvenaria convencional (serventes e pedreiros). Outro aspecto vantajoso no uso de tijolo de solo-cimento já verificado trata-se da economia de 50% da argamassa de rejunte e uma simplificação na elevação da alvenaria, viabilizando a construção com metade da mão de obra especializada normalmente requerida, conforme Carvalho e Poroca apud Pecoriello (2003). Com isso, os itens Areia e Cimento também sofreram alterações de acordo com os percentuais referenciados de economia.

Assim, chegou-se a comparação final da alvenaria entre CASA 01 e CASA 02, onde a casa de alvenaria em tijolo de solo-cimento apresenta uma

economia de R\$ 613,34 por unidade habitacional em relação à alvenaria com tijolo cerâmico e uma economia percentual de 0,90% referente ao valor total da habitação convencional (Tabela 16):

ALVENARIA		
Item	Custo (R\$)	Custo (%)
CASA 01	R\$ 2.577,95	10,51%
CASA 02	R\$ 1.964,61	9,60%
Economia	R\$ 613,34	0,90%

Tabela 16: Comparativo da economia no item Alvenaria.
Fonte: LIMA, 2016

9.2.3 Revestimento

Como já enfatizado, não há necessidade de reboco devido ao agradável acabamento estético semelhante aos tijolos aparentes, necessitando apenas da aplicação de rejunte flexível (MEDEIROS, 2012). Esta solução gera uma economia ainda maior no custo total da habitação. A alvenaria em questão não necessita de tratamento para a aplicação de reboco, pintura, argamassa para fixação de azulejos, etc. Já um rejunte é obrigatório entre os tijolos através de uma mistura de terra e cimento. Segundo SALA (2006):

“(...) Utiliza menos argamassa de assentamento e camadas mais finas de reboco, mas oferece menor conforto térmico em comparação com as outras opções” (SALA, 2006).

Neste caso em estudo, optou-se pelo usual acabamento nas paredes internas com revestimento em gesso. Contudo, nas paredes externas adotou-se apenas o tratamento com pintura sem qualquer acabamento além da aplicação do rejunte flexível. Ressalta-se que mesmo com o acabamento da área interna da CASA 01 mantida na CASA 02, ainda ocorre uma redução de custos por utilizar diretamente sobre os tijolos apenas uma fina camada (2 a 3 mm) de reboco, textura, gesso ou até textura “grafiato” (Figura 50).

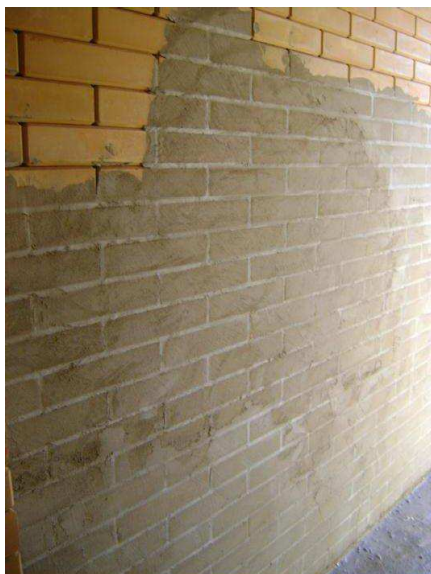


Figura 50: Reboco em alvenaria de tijolo de solo-cimento.
 Fonte: <http://www.tijolo.eco.br/tijolo-ecologico/conheca-o-tijolo-ecologico/>

A medida dos tijolos é precisa, proporcionando uma elevação de alvenaria bastante regular. Com a permanência das etapas de acabamento no revestimento, aplicou-se na planilha orçamentária a economia de 40% no consumo de chapisco, emboço e reboco, baseado em estudos realizados por MOTTA (2014). Portanto, preferiu-se utilizar as etapas tradicionais de acabamento em proporções menores já comprovadas.

REVESTIMENTO		
Item	Custo (R\$)	Custo (%)
CASA 01	R\$ 4.029,35	16,42%
CASA 02	R\$ 2.568,78	11,56%
Economia	R\$ 1.460,57	4,86%

Tabela 17: Comparativo da economia no item Revestimento.
 Fonte: LIMA, 2016

Assim, o Item referente aos revestimentos internos e externos possui uma redução de R\$ 1.460,57 por unidade habitacional em relação à alvenaria com tijolo cerâmico e uma economia percentual de 4,86% referente ao valor total da habitação convencional (Tabela 18). Caso o revestimento interno apresentasse o mesmo acabamento da área externa, a economia seria ainda maior.

9.2.4 Pintura

Na maioria dos casos em que o tijolo de solo-cimento é empregado na construção, não ocorre a pintura da alvenaria. Estudos e exemplos práticos afirmam a necessidade apenas de pintura impermeabilizante a base de silicone ou acrílico (MEDEIROS, 2012).

Neste caso, optou-se por pintura semelhantes a casa modelo do Residencial Luís Bacelar nas paredes internas. Contudo, as paredes externas recebem apenas a resina acrílica impermeabilizante com duas demãos de tinta acrílica. É imprescindível a aplicação de uma pintura impermeabilizante nas paredes que poderão ter algum contato com as intempéries, além disto, “é aconselhável optar por uma pintura acrílica nas paredes externas para aumentar a proteção contra a umidade” (SALA, 2006).

O resultado obtido é semelhante à Figura 51 abaixo, onde os tijolos permanecem aparentes na área externa.



Figura 51: Pintura externa em alvenaria de tijolo de solo-cimento.
Fonte: <http://www.tijolo.eco.br/tijolo-ecologico/conheca-o-tijolo-ecologico/>

Com as alterações realizadas no item referente à pintura, constatou-se uma pequena redução de custos. Embora a pintura externa não tenha considerado a aplicação de selador e aplicação de sela-gesso sobre o reboco de gesso, o acréscimo de tinta impermeabilizante (resina acrílica) elevou os custos.

PINTURA		
Item	Custo (R\$)	Custo (%)
CASA 01	R\$ 1.191,28	4,85%
CASA 02	R\$ 1.150,15	5,17%
Economia	R\$ 41,13	0,32%

Tabela 18: Comparativo da economia no item Pintura.

Fonte: LIMA, 2016

O item referente à pintura interna e externa sofreu uma pequena economia de R\$ 41,13 por unidade habitacional em relação à alvenaria com tijolo cerâmico e uma economia percentual de apenas 0,32% referente ao valor total da habitação convencional (Tabela 18). É importante lembrar que a economia poderia ser maior se os critérios de pintura não mantivessem os acabamentos convencionais de tijolo cerâmicos nas paredes internas. A escolha por tal solução em acabamentos justifica-se pela pouca aceitação cultural já verificada em outros estudos realizados em várias partes do país, onde ocorre o “preconceito das pessoas simples, que associam o solo à pobreza” (Casanova, 2004).

Finalizando análise dos itens impactados pelo uso do tijolo de solo-cimento, é possível fazer um comparativo do custo total da CASA 01 e CASA 02 (Tabela 19). Os itens que obtiveram intervenções estão sinalizados em cor verde. Segue abaixo:

Itens	CASA 01		CASA 02	
	Custo (R\$)	Custo (%)	Custo (R\$)	Custo (%)
Projetos	R\$ 104,00	0,42%	R\$ 104,00	0,47%
Instalação da obra	R\$ 572,00	2,33%	R\$ 572,00	2,57%
Serviços gerais	R\$ 2.392,90	9,75%	R\$ 2.392,90	10,76%
Trabalhos em terra	R\$ 257,43	1,05%	R\$ 257,43	1,16%
Fundação	R\$ 1.980,91	8,07%	R\$ 1.980,91	8,91%
Estrutura	R\$ 805,04	3,28%	R\$ 613,50	2,76%
Instalações	R\$ 3.556,76	14,49%	R\$ 3.556,76	16,00%
Alvenaria	R\$ 2.577,95	10,51%	R\$ 1.962,37	8,83%
Cobertura	R\$ 2.053,22	8,37%	R\$ 2.053,22	9,24%
Impermeabilizações	R\$ 28,15	0,11%	R\$ 28,15	0,13%
Esquadrias	R\$ 2.097,84	8,55%	R\$ 2.097,84	9,44%
Revestimentos	R\$ 4.029,35	16,42%	R\$ 2.568,78	11,56%
Pavimentação	R\$ 2.005,00	8,17%	R\$ 2.005,00	9,02%

Soleiras, Peitoris e Rodapés	R\$ 308,43	1,26%	R\$ 308,43	1,39%
Pinturas	R\$ 1.191,28	4,85%	R\$ 1.150,15	5,17%
Louças e Metais	R\$ 412,78	1,68%	R\$ 412,78	1,86%
Diversos	R\$ 21,87	0,09%	R\$ 21,87	0,10%
Limpeza	R\$ 143,19	0,58%	R\$ 143,19	0,64%
TOTAL	R\$ 24.538,10	100,00%	R\$ 22.036,25	100,00%
ECONOMIA	R\$ 2.501,85			

Tabela 19: Comparativo geral de custos.
Fonte: LIMA, 2016

Assim, confirma-se a viabilidade econômica do uso de tijolo de solo-cimento através da produção “in loco” com uma economia de R\$ 2.501,85 por habitação. Essa redução equivalente a 10,20% multiplicada pelas 500 casas do loteamento residencial resulta em considerável economia de custos. O custo habitacional das 500 casas, anteriormente totalizado por R\$ 12.269.050,00, poupa o valor de R\$ 1.250.925,00.

Segue abaixo um gráfico comparativo enfatizando apenas os itens que tiveram interferências devido ao uso do tijolo de solo-cimento (Figura 52).

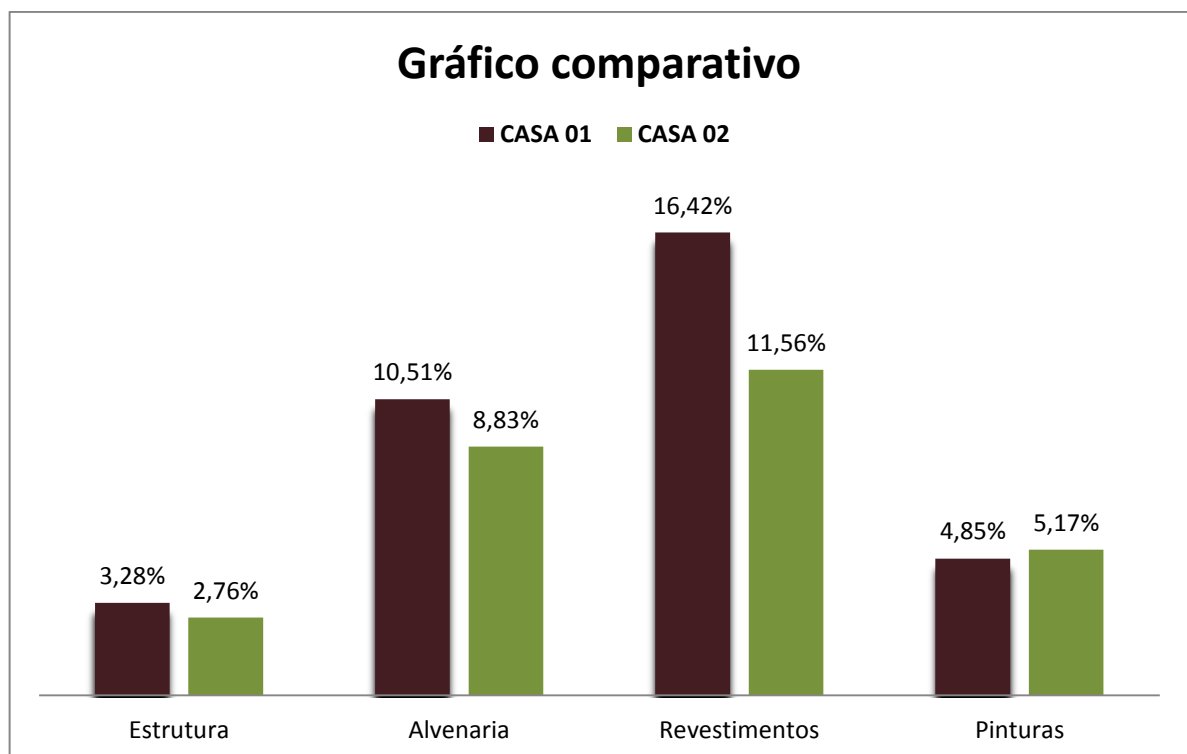


Figura 52: Gráfico comparativo.
Fonte: LIMA, 2016

Outro item que como proposta deste trabalho poderia sofrer intervenções na planilha orçamentária é de Instalações. Avaliando as necessidades de conforto, redução de gastos e aspectos socioculturais da realidade local, propõe-se a retirada do sistema de aquecimento solar presente no projeto original. O uso de tal tecnologia muito funcional em outras regiões do país, especificamente locais de clima frio, poderia ser revisado devido às características climáticas gerais da Ilha de São Luís, onde um sistema para aquecer a água torna-se uma solução sustentável menos emergencial quando comparado à captação e armazenamento de águas pluviais, reutilização e reciclagem de resíduos, sistemas de captação de energia solar, dentre outros.

Portanto, segue a Tabela 20 abaixo com a comparação dos custos em reais e percentuais sobre o valor total da obra:

INSTALAÇÕES		
Item	Custo (R\$)	Custo (%)
CASA 01	R\$ 3.556,76	14,49%
CASA 02	R\$ 2.494,34	12,23%
Economia	R\$ 1.062,42	2,26%

Tabela 20: Comparativo da economia no item Instalações.
Fonte: LIMA, 2016

Com a exclusão desse subitem da planilha orçamentária, houve uma redução de R\$ 1.062,45 por unidade habitacional no item referente a instalações, visto que o sistema de aquecimento de solar da água composto por uma caixa quebra pressão (25L), reservatório térmico ou boiler (200L), placa coletora e demais acessórios constituem um dos investimentos mais altos no custo total da obra. Assim, o valor de uma unidade habitacional reduziria para R\$ 20.973,80.

Sobre a viabilidade econômica comprovada a partir de referenciais teóricos, com todas as ressalvas e escolhas de elementos construtivos já apresentados, verifica-se uma economia evidente na execução de habitações em larga escala. O comparativo de custos demonstra a viabilidade econômica tanto por uma única habitação quanto pela construção de 500 habitações, enfatizando o tijolo de solo-cimento vantajoso em diversos aspectos financeiros. Em Anexo B, é

possível verificar com mais riqueza de detalhes os insumos, quantitativos e preços trabalhados em cada planilha.

Destaca-se que os cálculos de custo da aplicação do tijolo de solo-cimento em tais casas populares não englobou infraestrutura do loteamento, infraestrutura do canteiro de obras para produção “in loco”, depreciação de equipamentos e adição de impostos. A viabilidade econômica do material e sistema construtivo é comprovada com as ressalvas citadas anteriormente. Logo, baseando-se na metodologia criada desta monografia, esse sistema construtivo modular com tijolos de solo-cimento proporciona a construção de casas em larga escala em projetos sociais para favorecer famílias de baixa renda.

10 PROPOSIÇÕES FUTURAS

Após os resultados obtidos com a viabilidade econômica e construtiva, ressalta-se que mesmo obtendo-se uma resposta positiva quanto aos fatores de exequibilidade, o uso do material em todo o país ainda enfrenta muitos desafios. Embora o tijolo de solo-cimento seja uma alternativa para o problema do déficit habitacional no Brasil, atualmente as classes altas que estão construindo com mais frequência. Segundo Casanova (Revista Técnica, 2004), que existem algumas razões para isto: “a falta de planejamento, a política, o preconceito das pessoas simples, que associam o solo à pobreza, o desconhecimento técnico e os erros do passado”.

Com o objetivo de fomentar estudos que melhorem o uso do tijolo de solo-cimento, como proposta futura destaca-se como solução viável, o aperfeiçoamento da técnica através da incorporação de novos materiais à composição da mistura do solo: resíduos de construção. Tal solução acarretaria inovação em seu processo produtivo a fim de minimizar o impacto ambiental e agregar mais valor ao produto.

A inovação consiste na adição de resíduos da construção civil como outra principal matéria prima do produto além do solo. Essa técnica não somente reduz a extração do solo, como também aproveita recursos antes descartados em sua maior parte de forma inadequada, visto que resíduos da construção civil são depositados em áreas irregulares ou aterros. Segundo MACEDO (2012), “a construção civil na cidade de São Luís é responsável pela geração de 40% dos resíduos sólidos urbanos, estima-se que cada habitante da cidade produza 0,51 t/ano de RCD (resíduo da construção e demolição)”.

Conforme a Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, CONAMA, os resíduos da construção civil e demolições são aqueles que são gerados através de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, podem ser, por exemplo: tijolos, concreto em geral, blocos cerâmicos, resinas, colas, tintas, solos, rochas, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, fiação elétrica entre outros, que são geralmente chamados de entulhos de obras. Estes resíduos representam um percentual significativo dos resíduos sólidos gerados e depositados nas áreas urbanas e, através deste levantamento foi verificado também que um bom

gerenciamento e reaproveitamento desses materiais proporcionam benefícios de ordem social, econômica e redução dos impactos ambientais.

Os resíduos resultantes da construção civil na Ilha de São Luís poderiam estar sendo aproveitados para diversos fins, porém somente uma pequena parcela é reciclada. Segundo Brito Filho (Apud Oliveira, 2002, p.7):

“Os materiais descartados pelas obras de construção civil que são gerados nas cidades constituem em verdadeiras jazidas de matérias primas que não são aproveitadas e causam grandes prejuízos à qualidade de vida de seus habitantes além de criar uma imagem negativa para as administrações públicas. A questão dos entulhos de construção civil pode ser uma alternativa interessante para os municípios que sofrem com as transformações urbanas e que se deparam com problemas de gerenciamento dos rejeitos de construção civil.” (Brito Filho apud Oliveira, 2002, p.7)

A utilização desses resíduos é benéfica para toda a sociedade, pois além dos resíduos obterem uma destinação correta, ainda são reaproveitados como matéria prima para geração de um novo produto da construção civil: o tijolo de solo-cimento. Portanto, apresenta-se uma alternativa futura para análises de viabilidade construtiva na Ilha de São Luís.

De forma geral, este trabalho propõe um aprofundamento de estudos relativos ao uso de tijolo-cimento em construções em larga escala. A viabilidade comprovada neste trabalho não anula a necessidade de um comparativo real através da execução de uma habitação com alvenaria em tijolo convencional e outra habitação com alvenaria de tijolo de solo-cimento. Dessa forma, serão avaliados de forma legítima e experimental todos os resultados obtidos em diversos estudos realizados em outras partes do Brasil, porém na área de estudo em questão: Ilha de São Luís.

11 CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho, houve a explanação de dados que apontam o alto déficit habitacional no Estado do Maranhão e evidências que mostram os desafios do acesso a uma moradia de qualidade, verificando-se como a construção civil possibilita soluções na mitigação de tais problemáticas. Com a apresentação das particularidades do processo de fabricação, as inovações técnicas pelo sistema construtivo, as vantagens e desvantagens comprovadas no plano prático e outras generalidades inerentes ao tijolo de solo-cimento, encerra-se de forma específica com a análise da viabilidade de uma habitação local. A análise de viabilidade pontuou os custos, tempo de produção, matéria prima, sistema construtivo, mão de obra, equipamentos necessários e impactos ambientais como principais fatores determinantes para a exequibilidade na Ilha de São Luís. Conclui-se que é bastante vantajoso financeiramente em determinados aspectos em decorrência da redução de gastos com material, mão de obra e tempo de construção, e ambientalmente pelo uso de matéria prima em abundância no planeta, além da minimização dos impactos negativos ambientais gerados pela maioria das atividades construtivas.

A constatação da viabilidade construtiva e econômica acerca da aplicação do uso de tijolo de solo-cimento em um empreendimento residencial MCMV já executado na Ilha de São Luís, como modelo referencial mais básico de casa popular, denota a possibilidade de aplicação em diversos tipos de casas populares. Portanto, o critério de escolha desta casa específica para um estudo aprofundado, argumenta-se pelo desafio em verificar a probabilidade de execução com todas as limitações de custos e técnicas construtivas que tal habitação já oferece.

Baseado em todos os estudos e resultados presentes neste trabalho, nota-se que os tijolos de solo-cimento suscitam promissoras possibilidades de aplicação da sustentabilidade ambiental e econômica ao mercado da construção civil. Ao agregar valor aos materiais e maximizar os recursos existentes, o custo-benefício final da solução estudada torna-se superior à habitação convencional.

Alcançando o objetivo de não propor simplesmente um projeto arquitetônico de habitação popular com materiais e técnicas construtivas sustentáveis, mas avaliar a real viabilidade e funcionalidade das soluções a serem

aplicadas na área de estudo, conclui-se com esta análise resultados positivos quanto ao uso do tijolo de solo-cimento quando comparado ao uso de alvenaria tradicional por tijolos cerâmicos em habitações populares.

Doravante, é racional desenvolver um projeto arquitetônico de habitação com ainda outros parâmetros da sustentabilidade, aperfeiçoando a distribuição de espaços funcionais e incorporando os aspectos naturais através da maximização de ventilação e iluminação natural, e dentre outras soluções arquitetônicas que contribuem para a redução de impactos ambientais, custos elevados em construções e conforto dos usuários.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução da gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.

ANITECO – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO TIJOLO ECOLÓGICO. **O Tijolo Ecológico**. Disponível em: <<http://www.aniteco.com/o-tijolo-ecologico/>>. Acesso em 25 mai 2016.

ALFONSIN, Betânia de Moraes; FERNANDES, Edésio. **A lei e a ilegalidade na produção do espaço urbano**. Belo Horizonte, Del-Rey, 2003.

ANINK, David; BOONSTRA, Chiel e MAK, John. **Handbook of Sustainable Building** – An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. James & James Ltd. London, 1996.

BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro; LIMA NETO, Vicente Correia. **Para além do minha casa minha vida: uma política de habitação de interesse social?**. Rio de Janeiro: Ipea, 2015. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5282/1/td_2116.pdf. Acesso em 18 jun 2016

BARROS, Alexandre Hugo Cezar(coord). **Solos**. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>. Acesso em 20 jun 2016

BENEVIDES, Carolina. **Segundo estudo, todos os municípios brasileiros têm déficit habitacional**. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/segundo-estudo-todos-os-municipios-brasileiros-tem-deficit-habitacional-11827890#ixzz42RaaPbZx>>. Acesso em 04 mar 2016.

BOUTH, José Alberto C. **Estudo da potencialidade de tijolos de adobe misturado com outros materiais** – uma alternativa de baixo custo para a produção civil. Natal, 2005. 81p. Tese Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BRENNER, Rafael. **A construção civil sustentável e as cidades**. Disponível em: <<http://www.isaebrasil.com.br/artigo/construcaocivil-sustentavel-e-cidades/>>. Acesso em 10 mar 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB 2015**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/home/pib-2015>>. Acesso em 03 mar 2016.

CAMPOS, I. M. **Solo-cimento, solução para economia e sustentabilidade**. Fórum da construção, 2012. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=124>>. Acesso em: 20 mai 2016.

CARVALHO, A. R. O.; POROCA, J. S. **Como fazer e usar tijolos prensados de solo estabilizado**. Brasília: IBICT, 1995. 38p.

CASANOVA, Francisco José. Tijolos Solo-cimento com resíduos de construção. Artigo. **Revista Techne** . 1988.

CIMINO, M. A. **Construção Sustentável e Eco Eficiência**. 2002. Tese (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em:<http://www.editorasegmento.com.br/semesp/04378763818/tese433_construcao.doc> . Acesso em: 08 abr 2016.

CIMINO, M. A. **Desenvolvimento Sustentável – Agenda 21**. 2002. Tese (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.editorasegmento.com.br/semesp/internauta.php>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. **Manual de construção do, Solo-cimento**. THABA, Camaçari, 1984.

CONCIANI, W. Geotechnical use of a mini tomography. In: **FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT 2002**. Paris, França. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2002, p. 447-452.

COSTA, O. P. **Avaliação de expansão, contração e resistência à compressão simples de barreiras selantes produzidas com solo laterítico estabilizado**

quimicamente. 2005, 107 p. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, SP, 2005.

CONAMA. **Resíduos da construção civil.** Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>>. Acesso em 18 jun 2016.

DELNERO, Maira. **Arquitetura mais sustentável.** 2014. Disponível em: <http://arquiteturamaissustentavel.com.br/index.html>. Acesso em 20 jun 2016

FADUL, Anne. **PIB do setor de construção civil:** Queda de 2,7% no 1º trimestre do ano. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/pib-do-setor-de-construcao-civil-caiu-27-no-1o-trimestre-do-ano-mostra-estudo-da-fiesp/>>. Acesso em 03 mar 2016.

FERRAZ, A. L. N. **Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento.** Ilha Solteira: UNESP, 2004. 107p. Dissertação Mestrado

FITTIPALDI, Mônica. **Habitação Social e Arquitetura Sustentável em Ilhéus/BA,** Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente 2006. Universidade Estadual de Santa Cruz – 2008.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informação. **Déficit habitacional no Brasil 2008.** Brasília: MCidades, 2011.

FIQUEROLA, Valentina. **Alvenaria de solo-cimento.** Téchne, São Paulo: PINI, 2004, n.85, p.30-35, Abril; Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>. Acesso em 20 mai 2016

GRANDE, F. M. **Fabricação de Tijolos Modulares de Solo-Cimento por Prensagem Manual com e sem Adição de Sílica Activa.** 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

Guia sustentabilidade na arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes / **Grupo de Trabalho de Sustentabilidade AsBEA.** -- São Paulo: Prata Design, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Condição de ocupação do domicílio**. Disponível em: <<http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=6&op=0&vcodigo=PD212&t=condicao-ocupacao-domicilio>>. Acesso em 20 mar 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estudo aponta redução do déficit habitacional no país**. Disponível em: <http://agencia.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=20656&catid=1&Itemid=7/>. Acesso em 21 mar 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Coletiva: Déficit habitacional**. Disponível em: <http://agencia.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=20720&catid=24&Itemid=7>. Acesso em 20 mar 2016.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000

JUNQUEIRA, A. C.; VITA, Marcos. **Os desejos da classe Média**. Veja. São Paulo : Abril, ed. 1739, ano 35, n. 7, p. 98-105, 20 fev. 2002.

LIMA, Flavio Luís de Souza. **Como montar uma fábrica de tijolos ecológicos**. disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-etijolosecolgicos,ce387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD> Acesso em 18 jun 2016.

KUHN, E. A. **Avaliação ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. 2006. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000599772&loc=2007&l=30263fedd0a4efd4> Acesso em 18 mar 2016

MACEDO, L. A. A. **Contribuição para gestão dos resíduos da construção civil:** uma abordagem no município de São Luís. 64ª Reunião Anual da SBPC em São Luís – UFMA. Ano 2012. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/5746.htm>>. Acesso em 18 jun 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006. 281 p., il. Bibliografia: p. 280-281.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>>. Acesso em 28 fev 2016.

MINKE, G. **Manual de Construcción en Tierra.** Montevideo: Fin de Siglo, 2005.

MOTTA, J. C. S. S. ; MORAIS, P. W. P. ; ROCHA, G. N. ; TAVARES, J. C. ; GONCALVES, G. C. ; CHAGAS, M. A. ; MAGESTE, J. L. ; LUCAS, T. P. B. **Tijolo de solo-cimento:** análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. E-xacta (Belo Horizonte) , v. 7, p. 13-26, 2014.

NEVES, C. M. M (1989). **Tijolos de solo-cimento.** In: Dez alternativas tecnológicas para habitação. Brasília. Anais. MINTER/PNUD. p. 141-166.

NEVES, Célia Maria Martins. **Inovações tecnológicas em construção com terra na Íbero-América.** In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA, 1995, São Paulo. Anais.. São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo /FAU/USP, 1995

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio. (2005). **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo.** Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. In: IV SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 4. e SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL, 3., 2005, Monsaraz (Portugal). Actas... Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Galaecia / PROTERRA-CYTED. 1 CD-ROM. p. 1-31

OLIVEIRA, Edinete. **Cartilha para produção do solo-cimento**. FUNTAC, Rio Branco, 1999. Disponível em:

<http://pt.slideshare.net/bel85/producaodetijolosolocimento>. Acesso em: 18 jun 2016.

PINTO, J. *et al.* **Construção em Tabique na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL DEFECTS AND REPAIR, 4., 2008, Aveiro. Anais... Aveiro: Civil Engineering Department, University of Aveiro, 2008.

PINHEIRO, R. J. B; SOARES, J. M. D. **Utilização de Solos Arenosos para Obtenção de Tijolos de Solo-Cimento**. *Revista Cerâmica Industrial*, 15 (5-6) Set/Dez, 2010. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, RS, 2010. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v15n5-6/v15n5-6a05.pdf>>. Acesso em 20 mar 2016.

PORTELA, Wagner. **Construindo e ampliando com tijolo solo-cimento/ecológico**. Disponível em:<http://www.tijolosolocimento.com.br/2013/11/desventuras-com-tijolo-ecologico-e.html>. Acesso 20.jun 2016

SATTLER, M. A. **Habitacões de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis**. Coleção Habitare, v. 8. 488 p. Porto Alegre, ANTAC, 2007. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br/>>. Acesso em 18 jun 2016.

SALAS, Julian. (1998) **Tecnologia habitacional, su transferencia y nuevas formas de cooperación para el desarrollo**. In: Ciudades para un futuro mas sostenible. Madrid. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/iah/ponenc/a009.html>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Ideias de Negócios: fabrica de tijolos ecológicos**. SEBRAE. 26p. Disponível em: <https://mailattachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=a2fb927061&view=att&th=13e5b4089373585f&attid=0.1&disp=inline&safe=1&zw&saduie=AG9B>

_P9IRLpg1o8omBa7ypQQsSL&sadet=1367422748242&sads=tbbhm1dOHPYLR3KLqF 36llqyXEA. Acesso em: 20 abr 2016.

SOUZA, Álvaro Henrique Cândido de. Avaliação de tijolos de solo-cimento com adição de cinza de bagaço da cana-de-açúcar Maringá, 2013. disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfFLQAA/solo-cimento>

TAVEIRA, Eduardo Salmar Nogueira E. **Construir, morar, habitar: o solo-cimento no campo e na cidade.** São Paulo: Ícone, 1987. 120 p.: il.

TEIXEIRA, J. M. C. **Sustentabilidade da Construção Urbana.** [S.n.t.]. Disponível em:http://www.iep.uminho.pt/iep/trab_alunos_tec_educacional/grupo11/P%C3%A1ginas/mas_eng_civil.htm>. Acesso em: 08 abr 2016.

VAN LENGEN, J. **Manual do Arquiteto descalço.** Editora Empório do Livro: São Paulo, 2008. p. 300.

.

.

ANEXOS

ANEXO A

Ensaio granulométrico dos solos

ANEXO A - TESTES GRANULOMÉTRICOS

TESTE DE GRANULOMETRIA: TESTE POR PENEIRAMENTO
RESUMO GERAL

SOLO 01 - AREIA AMARELA GROSSA							
PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	21	21	1,410%	1,410%	1468,000	98,590%
4	4,750	218	239	14,641%	16,051%	1250,000	83,949%
10	2,000	323	562	37,743%	37,743%	927,000	62,257%
16	1,180	112	674	7,522%	61,316%	815,000	54,735%
30	0,600	183	857	12,290%	73,606%	632,000	42,445%
40	0,425	191	1048	12,827%	86,434%	441,000	29,617%
50	0,300	139	1187	9,335%	95,769%	302,000	20,282%
80	0,180	190	1377	12,760%	108,529%	112,000	7,522%
100	0,150	24	1401	1,612%	110,141%	88,000	5,910%
200	0,075	32	1433	2,149%	112,290%	56,000	3,761%
FUNDO	-	56	1489	3,761%	116,051%	0,000	0
SOMATÓRIO		1489	-	116,051%	-	-	-

ARENOSIDADE (%)	80,00%
-----------------	--------

AREIA AMARELA GROSSA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	18,00%
Areia Grossa	22,00%
Areia Média	33,00%
Areia Fina	25,00%
Argila + Silte	2,00%
Somatório	100,00%

SOLO 02 - AREIA AMARELA FINA							
PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
4	4,750	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
8	2,360	0,81	0,81	0,086%	0,086%	940,320	99,914%
16	1,180	39,15	39,96	4,160%	4,246%	901,170	95,754%
30	0,600	158,65	198,61	16,857%	21,103%	742,520	78,897%
50	0,300	366,02	564,63	38,892%	59,995%	376,500	40,005%
100	0,150	224,82	789,45	23,888%	83,883%	151,680	16,117%
FUNDO	-	151,68	941,13	16,117%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		941,13	-	-	-	-	-

ARENOSIDADE (%)	75,00%
-----------------	--------

AREIA AMARELA FINA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	0,00%
Areia Grossa	4,00%
Areia Média	41,00%
Areia Fina	30,00%
Argila + Silte	25,00%
Somatório	100,00%

SOLO 03 - AREIA VERMELHA GROSSA							
PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	551,510	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	551,510	100,000%
4	4,750	1,32	1,32	0,239%	0,239%	550,190	99,761%
8	2,360	63,44	64,76	11,503%	11,742%	486,750	88,258%
16	1,180	403,89	468,65	73,233%	84,976%	82,860	15,024%
30	0,600	78,13	546,78	14,167%	99,142%	4,730	0,858%
50	0,300	1,38	548,16	0,250%	99,393%	3,350	0,607%
100	0,150	1,26	549,42	0,228%	99,621%	2,090	0,379%
FUNDO	-	2,09	551,51	0,379%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		551,51	-	-	-	-	-

ARENOSIDADE (%)	98,00%
-----------------	--------

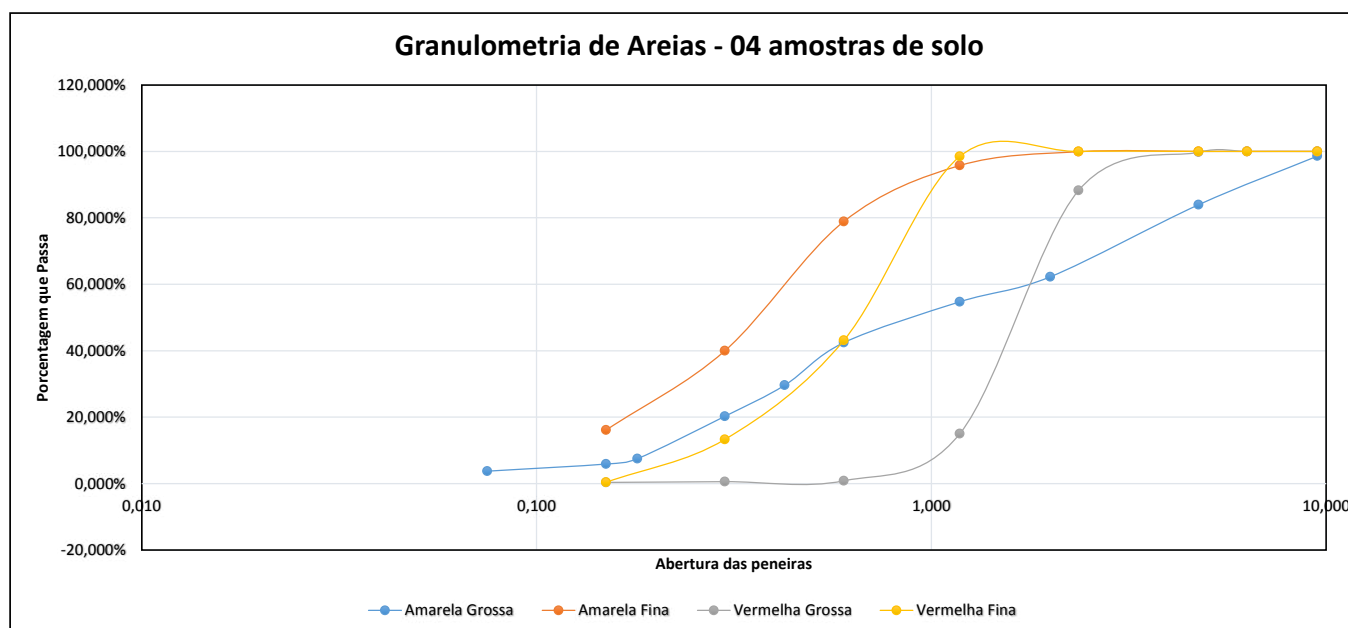
AREIA VERMELHA GROSSA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	1,00%
Areia Grossa	53,00%
Areia Média	38,00%
Areia Fina	7,00%
Argila + Silte	1,00%
Somatório	100,00%

SOLO 04 - AREIA VERMELHA FINA							
PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
4	4,750	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
8	2,360	0,17	0,17	0,019%	0,019%	912,520	99,981%
16	1,180	13,65	13,82	1,496%	1,514%	898,870	98,486%
30	0,600	505,38	519,2	55,373%	56,887%	393,490	43,113%
50	0,300	271,85	791,05	29,786%	86,672%	121,640	13,328%
100	0,150	117,98	909,03	12,927%	99,599%	3,660	0,401%
FUNDO		3,66	912,69	0,401%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		912,69	-	-	-	-	-

ARENOSIDADE (%)	99,00%
-----------------	--------

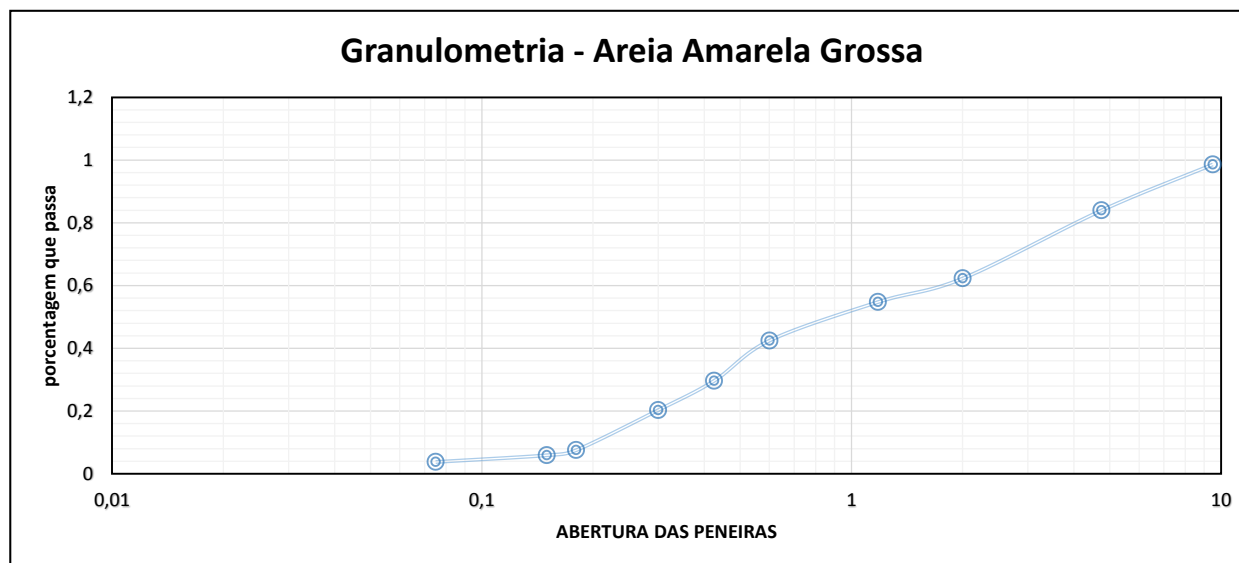
AREIA VERMELHA FINA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	0,00%
Areia Grossa	2,00%
Areia Média	48,00%
Areia Fina	49,00%
Argila + Silte	1,00%
Somatório	100,00%

GRÁFICO GERAL



TESTE DE GRANULOMETRIA - ENSAIO DE PENEIRAMENTO			
SOLO:	SOLO 01 - AREIA AMARELA GROSSA	DATA DA COLETA:	25/05/2016
LOCALIDADE:	Terreno vazio linear situado na Av. do Portugueses.	DATA DO ENSAIO:	30/05/2016
CARACTERÍSTICAS:	ARENOSO	LABORATÓRIO:	IFMA - CAMPUS MONTE CASTELO

PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	21	21	1,410%	1,410%	1468,000	98,590%
4	4,750	218	239	14,641%	16,051%	1250,000	83,949%
10	2,000	323	562	37,743%	37,743%	927,000	62,257%
16	1,180	112	674	7,522%	61,316%	815,000	54,735%
30	0,600	183	857	12,290%	73,606%	632,000	42,445%
40	0,425	191	1048	12,827%	86,434%	441,000	29,617%
50	0,300	139	1187	9,335%	95,769%	302,000	20,282%
80	0,180	190	1377	12,760%	108,529%	112,000	7,522%
100	0,150	24	1401	1,612%	110,141%	88,000	5,910%
200	0,075	32	1433	2,149%	112,290%	56,000	3,761%
FUNDO	-	56	1489	3,761%	116,051%	0,000	0
-	-	1489	-	116,051%	-	-	-

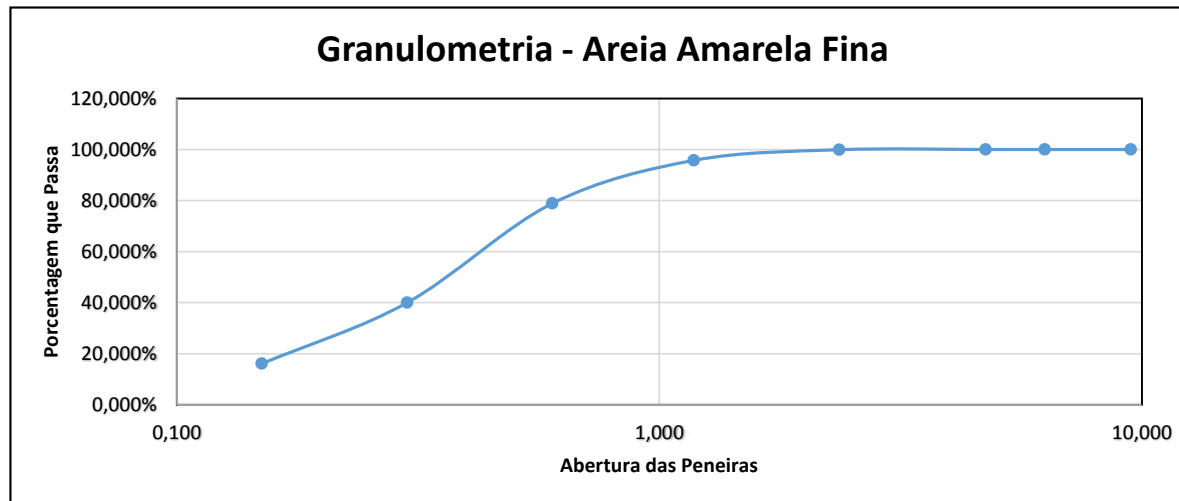


AREIA AMARELA GROSSA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	18,00%
Areia Grossa	22,00%
Areia Média	33,00%
Areia Fina	25,00%
Argila + Silte	2,00%
Somatório	100,00%

ARENOSIDADE (%)	80,00%
------------------------	--------

TESTE DE GRANULOMETRIA - ENSAIO DE PENEIRAMENTO			
SOLO:	SOLO 02 - AREIA AMARELA FINA	DATA DA COLETA:	25/05/2016
LOCALIDADE:	Terreno vazio na região do Gapara / Maracanã.	DATA DO ENSAIO:	30/05/2016
CARACTERÍSTICAS:	ARENOSO	LABORATÓRIO:	IFMA - CAMPUS MONTE CASTELO

PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
4	4,750	0	0	0,000%	0,000%	941,130	100,000%
8	2,360	0,81	0,81	0,086%	0,086%	940,320	99,914%
16	1,180	39,15	39,96	4,160%	4,246%	901,170	95,754%
30	0,600	158,65	198,61	16,857%	21,103%	742,520	78,897%
50	0,300	366,02	564,63	38,892%	59,995%	376,500	40,005%
100	0,150	224,82	789,45	23,888%	83,883%	151,680	16,117%
FUNDO		151,68	941,13	16,117%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		941,13	-	-	-	-	-

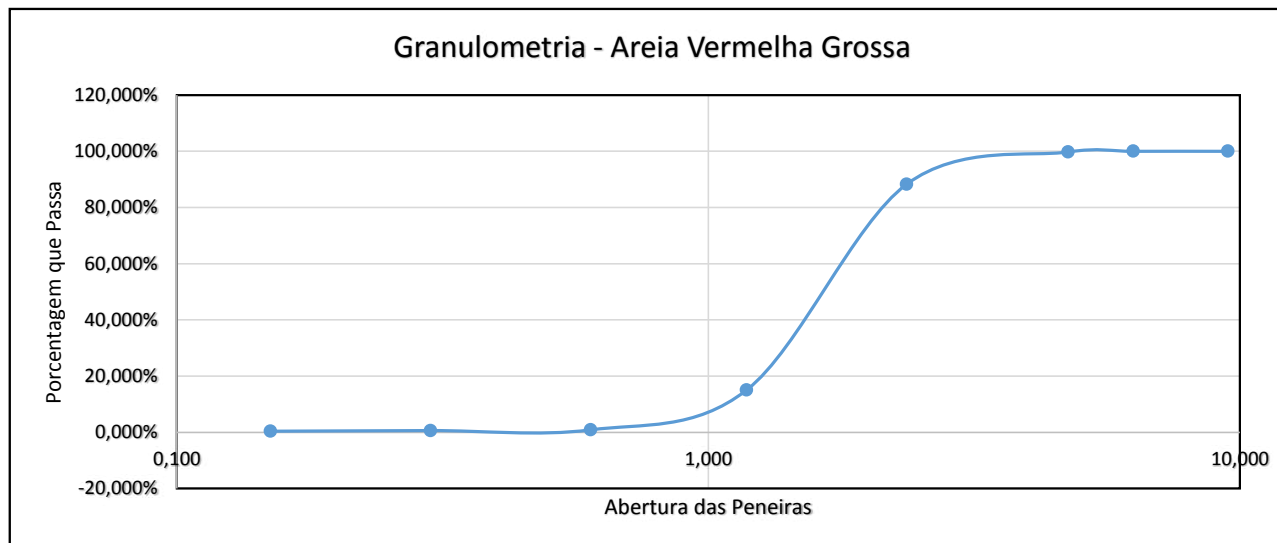


AREIA AMARELA FINA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	0,00%
Areia Grossa	4,00%
Areia Média	41,00%
Areia Fina	30,00%
Argila + Silte	25,00%
Somatório	100,00%

ARENOSIDADE (%)	75,00%
------------------------	---------------

TESTE DE GRANULOMETRIA - ENSAIO DE PENEIRAMENTO			
SOLO:	SOLO 03 - AREIA VERMELHA GROSSA	DATA DA COLETA:	27/05/2016
LOCALIDADE:	Jazidas próximas a Pedrinhas.	DATA DO ENSAIO:	04/06/2016
CARACTERÍSTICAS:	ARENOSO	LABORATÓRIO:	IFMA - CAMPUS MONTE CASTELO

PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	551,510	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	551,510	100,000%
4	4,750	1,32	1,32	0,239%	0,239%	550,190	99,761%
8	2,360	63,44	64,76	11,503%	11,742%	486,750	88,258%
16	1,180	403,89	468,65	73,233%	84,976%	82,860	15,024%
30	0,600	78,13	546,78	14,167%	99,142%	4,730	0,858%
50	0,300	1,38	548,16	0,250%	99,393%	3,350	0,607%
100	0,150	1,26	549,42	0,228%	99,621%	2,090	0,379%
FUNDO		2,09	551,51	0,379%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		551,51	-	-	-	-	-

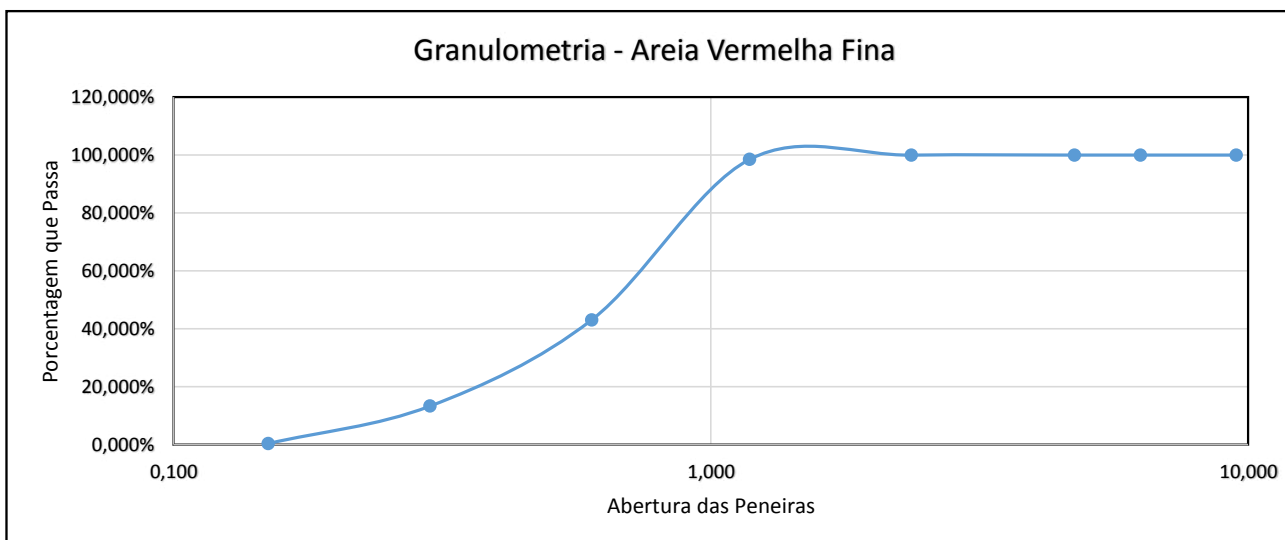


AREIA VERMELHA GROSSA	
Proporção Aproximada	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	1,00%
Areia Grossa	53,00%
Areia Média	38,00%
Areia Fina	7,00%
Argila + Silte	1,00%
Somatório	100,00%

ARENOSIDADE (%)	98,00%
------------------------	---------------

TESTE DE GRANULOMETRIA - ENSAIO DE PENEIRAMENTO			
SOLO:	SOLO 04 - AREIA VERMELHA FINA	DATA DA COLETA:	27/05/2016
LOCALIDADE:	Terras desocupadas às margens da BR-135.	DATA DO ENSAIO:	04/06/2016
CARACTERÍSTICAS:	ARENOSO	LABORATÓRIO:	IFMA - CAMPUS MONTE CASTELO

PENEIRA	ABERTURA	MASSA RETIDA(g)	MASSA RETIDA ACUMULADA(g)	% RETIDO PARCIAL	% RETIDO ACUMULADO	MASSA PASSANDO(g)	% PASSANDO
3/8"	9,500	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
1/4"	6,300	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
4	4,750	0	0	0,000%	0,000%	912,690	100,000%
8	2,360	0,17	0,17	0,019%	0,019%	912,520	99,981%
16	1,180	13,65	13,82	1,496%	1,514%	898,870	98,486%
30	0,600	505,38	519,2	55,373%	56,887%	393,490	43,113%
50	0,300	271,85	791,05	29,786%	86,672%	121,640	13,328%
100	0,150	117,98	909,03	12,927%	99,599%	3,660	0,401%
FUNDO		3,66	912,69	0,401%	100,000%	0,000	0,000%
SOMATÓRIO		912,69	-	-	-	-	-



AREIA VERMELHA FINA	
Proporção Aproximada:	
Especificação:	Porcentagem:
Pedregulho	0,00%
Areia Grossa	2,00%
Areia Média	48,00%
Areia Fina	49,00%
Argila + Silte	1,00%
Somatório	100,00%

ARENOSIDADE (%)	99,00%
------------------------	---------------

ANEXO B

Planilhas orçamentárias – CASA 01 e CASA 02

Orçamento - CASA 01

Obra	93 - INC - RESIDENCIAL LUIS BACELAR		
Unidade construtiva	2 - HABITACAO		
Tipo de obra	1 - Construção Civil		
Endereço da obra	ESTRADA DO MARACANÁ, PROX. AO MURO DA RESERVA DA VALE, VILA MARANHÃO, SÃO LUIS - MA		
BDI	0,00 %	Encargos sociais	não aplicado
Preços expressos em	R\$ (REAL)		

Código	Descrição	Un.	Quantidade orçada	Preço unitário	Preço total	
01	RESIDENCIAL LUIS BACELAR - HABITACAO				24.538,10	
01.001	PROJETOS				104,00	0,42%
01.001.000.001	PROJETOS E APROVAÇÕES	vb	0,0020	52.000,0000	104,00	
01.002	INSTALACAO DA OBRA				572,00	2,33%
01.002.001	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS				282,00	
01.002.001.001	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS - LOCAÇÃO	vb	0,0020	50.000,0000	100,00	
01.002.001.002	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS - AQUISIÇÃO	vb	0,0020	85.000,0000	170,00	
01.002.001.003	MANUTENCAO DE MAQUINAS E EQUIPAMENTOS	vb	0,0020	6.000,0000	12,00	
01.002.002	EQUIPAMENTOS DE SEGURANCA				166,00	
01.002.002.001	EPI E EPC	vb	0,0020	83.000,0000	166,00	
01.002.003	INSTALACOES PROVISORIAS				124,00	
01.002.003.001	LIGAÇÃO PROVISORIA DE ENERGIA	vb	0,0020	10.000,0000	20,00	
01.002.003.002	CANTEIRO DE OBRA	un	0,0020	52.000,0000	104,00	
01.003	SERVICOS GERAIS				2.392,90	9,75%
01.003.001	SERVICOS TECNICOS				1.456,90	
01.003.001.001	ENGENHEIRO	mes	15,0000	27,2719	409,08	
01.003.001.002	AUXILIAR DE ENGENHEIRO = TÉCNICO EDIFICAÇÕES(2X)	mes	30,0000	6,6035	198,11	
01.003.001.003	ENCARREGADO GERAL(1X)	mes	15,0000	14,0662	210,99	
01.003.001.004	ENCARREGADO DE CAMPO(2X)	mes	30,0000	8,9186	267,56	
01.003.001.005	ALMOXARIFE(1X)	mes	15,0000	4,7473	71,21	
01.003.001.006	AUX. ALMOXARIFE(2X)	mes	30,0000	3,0530	91,59	
01.003.001.007	TÉCNICO DE SEGURANÇA(1X)	mes	15,0000	5,6968	85,45	
01.003.001.008	APONTADOR DE OBRA (2X)	mes	30,0000	4,0972	122,92	
1.003.002	DESPESAS ADMINISTRATIVAS				936,00	
01.002.004.001	CONTRATO DE PRESTACAO DE SERVIÇOS - SEGURANCA	mes	15,0000	12,0000	180,00	
01.002.004.002	ALIMENTACAO DE FUNCIONARIOS	mes	15,0000	36,3000	544,50	
01.002.004.003	MATERIAL DE EXPEDIENTE / ESCRITORIO	vb	1,0000	10,0000	10,00	
01.002.004.004	MOVEIS E EQUIPAMENTO DE ESCRITORIO	vb	1,0000	16,0000	16,00	
01.002.004.005	TRANSPORTE DE FUNCIONARIOS	mes	15,0000	5,5000	82,50	
01.002.005.002	CONSUMO MENSAL DE ENERGIA ELETRICA	mes	15,0000	6,0000	90,00	
01.002.005.004	MATERIAIS ADM / LIMPEZA	vb	1,0000	13,0000	13,00	
01.004	TRABALHOS EM TERRA				257,43	1,05%
1.004.000.001	ATERRO APLOADO COM MATERIAL ARENOSO	m3	21,5320	11,6500	250,85	
1.004.000.002	ESCAVACAO DA CONTENCAO	m3	2,1720	3,0300	6,58	
01.005	FUNDACAO				1.980,91	8,07%
01.005.000.002	CONCRETO FCK = 25 MPA RADIER	m3	3,7681	329,7100	1.242,38	
01.005.000.003	TELA PRE SOLDADA Q -61	m2	66,1500	5,1600	341,33	
01.005.000.004	FORMA METALICA PARA FUNDACAO	un	0,0160	1.400,0000	22,40	
01.005.000.005	MONTAGEM DE FORMA PARA CONCRETAGEM DE RADIER	un	1,0000	13,1600	13,16	
01.005.000.006	ALVENARIA TIJOLOS CERAMICOS (01 FIADA DE UMA VEZ, E 01 FIADA DE 1/2 VEZ)	m2	10,8600	33,3000	361,64	
01.006	ESTRUTURA				805,04	3,28%
01.006.000.001	ARMAÇÃO PARA CINTA SUPERIOR E PILARES	un	1,0000	224,6400	224,64	
01.006.000.002	CONCRETO FCK = 25 MPA PARA PILARES E CITA SUPERIOR	m3	0,3295	281,7200	92,84	
01.006.000.003	LAJE PRE-FABRICADA PARA APOIO CAIXA DÁGUA E = 6 CM EM FORMA DE LOSANGO DE 2,70 X 1,70 m	un	1,0000	50,1000	50,10	
01.005.000.008	GRAUTEAMENTO DA FERRAGEM	un	1,0000	20,8400	20,84	
01.008.000.004	VERGA E CONTRA-VERGA EM CONCRETO ARMADO	m	39,2300	10,6200	416,62	
01.007	INSTALACOES				3.556,76	14,49%
01.007.001	HIDRAULICAS				1.810,92	
01.007.001.002	KIT HIDRAULICA - TUBOS	un	1,0000	147,6400	147,64	
01.007.001.003	KIT HIDRAULICA - REGISTROS	un	1,0000	102,3300	102,33	
01.007.001.004	KIT HIDRAULICA - CONEXÕES	un	1,0000	321,0000	321,00	
01.007.001.005	KIT HIDRAULICA - RESERVATORIO	un	1,0000	177,5000	177,50	
01.007.001.006	ACESSORIOS PARA MONTAGEM DOS KIT DE AQUECIMENTO	un	1,0000	37,2500	37,25	
01.007.001.007	EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO SOLAR - ATÉ 200 L INCLUSO A INSTALAÇÃO - CERTIFICADO PELO INMETRO	un	1,0000	1025,2000	1.025,20	

01.007.002	SANITARIAS					722,80	
01.007.002.001	KIT SANITARIO - CASA	un	1,0000	176,3500		176,35	
01.007.002.007	CAIXA DE INSPECAO EM CONCRETO PRE-MOLDADO Ø40 CM C/ TAMPA DE CA	un	3,0000	161,0300		483,09	
01.007.002.008	CAIXA DE GORDURA EM CONCRETO PRE-MOLDADO Ø30 CM C/ TAMPA DE CA	un	1,0000	63,3600		63,36	
01.007.003	DRENAGEM					0,00	
01.007.004	ELETRICA/TELEFONICA					1.023,04	
01.007.004.002	KIT ELETRICA - FUNDAÇÃO CASA	un	1,0000	39,4700		39,47	
01.007.004.003	KIT ELETRICA - CAIXAS E ELETRODUTOS	un	1,0000	184,4200		184,42	
01.007.004.004	KIT ELETRICO FIACAO - CASA	un	1,0000	385,6400		385,64	
01.007.004.005	KIT ELETRICO - LUMINAIRAS	un	1,0000	56,1500		56,15	
01.007.004.006	KIT ELETRICOS - DISJUNTORES, INTERRUPTORES E TOMADAS	un	1,0000	185,6500		185,65	
01.007.004.007	ATERRAMENTO COMPLETO COM HASTE DE COBRE COM ALMA DE AÇO E CONECTOR	un	1,0000	21,9800		21,98	
01.007.004.008	QUADRO DE MEDIÇÃO MONOFASICO EM PVC E FRENTE ACRILICA PADRÃO CEMAR	un	1,0000	67,1300		67,13	
01.007.004.010	PADRÃO DE LIGAÇÃO DE ENERGIA CEMAR	un	0,5000	165,1900		82,60	
01.008	ALVENARIA					2.577,95	10,51%
01.008.000.002	ELEMENTO VAZADO 40X40CM	m2	0,6400	40,8900		26,17	
01.008.000.003	ALVENARIA TIJOLOS CERAMICOS 9x19x19 cm COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA NO TRAÇO 1:4	m2	83,8300	30,4400		2.551,79	
01.009	COBERTURA					2.053,22	8,37%
01.009.000.002	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA TELHADO	un	1,0000	1040,3900		1.040,39	
01.009.000.003	TELHAS CERAMICA CANAL OU COLONIAL	m2	52,6400	16,5300		870,14	
01.009.000.004	EMBOÇAMENTO CUMEEIRA	m	17,1500	8,3200		142,69	
01.010	IMPERMEABILIZAÇÕES					28,15	0,11%
01.010.000.001	LONA PRETA SOB RADIER	m2	53,8300	0,5230		28,15	
01.011	ESQUADRIAS					2.097,84	8,55%
01.011.000.002	JANELA DE ALUMINIO DE 120x120 cm	un	3,0000	178,8800		536,64	
01.011.000.003	PORTA EM ALUMINIO COM CAIXILHO E BASCULANTE - EXTERNA - 0,80X2,10 M	un	2,0000	298,9200		597,84	
01.011.000.004	PORTA DE MADEIRA KIT COMPLETO COM GUARNICOES, FECHADURA E PORTA EM COMPENSADO 0,80x2,10 M	un	3,0000	321,1200		963,36	
01.012	REVESTIMENTOS					4.029,35	16,42%
01.012.001	REVESTIMENTOS INTERNOS					1.335,60	
01.012.001.002	CHAPISCO INT. PAREDES TRAÇO 1:3 CIM. E AREIA	m2	42,8020	3,0600		130,97	
01.012.001.003	EMBOÇO INTERNO TRAÇO 1:6 CIMENTO E AREIA	m2	42,8020	15,1800		649,73	
01.012.001.004	REVESTIMENTO DE GESSO EM PAREDES INTERNAS	m2	78,9320	7,0300		554,89	
01.012.002	REVESTIMENTO CERAMICO					769,14	
01.012.002.001	REVESTIMENTO CERAMICA 30X30 - PEI IV	m2	27,8775	25,2200		703,07	
01.012.002.002	REJUNTAMENTO	m2	27,8775	2,3700		66,07	
01.012.003	REVESTIMENTO EXTERNO					1.148,24	
01.012.003.001	CHAPISCO EXTERNO FACHADA E CONTENÇÃO 1:3	m2	55,6320	4,5800		254,79	
01.012.003.002	EMBOÇO EXTERNO FACHADA E CONTENÇÃO TRAÇO 1:4 CIM. E AREIA	m2	55,6320	16,0600		893,45	
01.012.004	FORRO					776,36	
01.012.004.002	FORRO PVC REGUAS DE 20 CM (36,89 m2)	un	1,0000	776,3600		776,36	
01.013	PAVIMENTACAO					2.005,00	8,17%
01.013.001	CERAMICA					1.485,17	
1.013.001.003	PISO CERAMICA 30X30 - PEI IV	m2	53,8300	25,2200		1.357,59	
1.013.001.004	REJUNTAMENTO PARA PISO CERAMICO	m2	53,8300	2,3700		127,58	
01.013.002	CIMENTADO					519,83	
1.013.002.001	REGULARIZACAO DE BASE P/ PISOS TRAÇO1:4 CIM/AREIA	m2	38,0600	10,5300		400,77	
1.013.002.002	REGULARIZAÇÃO DO PISO DA CALÇADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3 e=3cm	m2	10,2200	11,6500		119,06	
01.014	SOLEIRAS, PEITORIS E RODAPES					308,43	1,26%
01.014.000.002	SOLEIRA EM MÁRMORE BRANCO / (15X85X2 CM) SALA E COZINHA	un	2,0000	21,2700		42,54	
01.014.000.003	PEITORIL EM MARMORE BRANCO (18X125X2 CM)	un	3,0000	39,0700		117,21	
01.014.000.004	RODAPE	m	35,4000	4,2000		148,68	
01.015	PINTURAS					1.191,28	4,85%
1.015.000.001	APLICAÇÃO DE SELADOR PAREDES INTERNAS E EXTERNAS 1 DEMÃO	m2	59,6965	4,8100		287,14	
1.015.000.002	APLICAÇÃO DE SELAGESSO NAS PAREDES INTERNAS SOBRE REBOÇO DE GESSO	m2	78,9320	6,5300		515,43	
1.015.000.003	PINTURA EXTERNA ACRILICA SOBRE REBOÇO 2 DEMAOS	m2	40,9470	7,0100		287,04	
1.015.000.004	PINTURA ACRILICA PAREDES DA COZINHA E BANHEIRO	m2	18,7495	5,1800		97,12	
1.015.000.005	NUMERAÇÃO DAS UNIDADES	un	1,0000	4,5500		4,55	

01.016	VIDROS					0,00	0,00%
01.017	LOUCAS E METAIS					412,78	1,68%
01.017.000.002	VASO SANITÁRIO C/CAIXA DESCARGA ACOPLADA	un	1,0000	168,5100		168,51	
01.017.000.003	LAVATÓRIO LOUÇA S/ SOLUNA	un	1,0000	66,4200		66,42	
01.017.000.004	TANQUE MÁRMORE SINTÉTICO 18 LITROS	un	1,0000	49,0800		49,08	
01.017.000.005	PIA COZINHA MÁRMORE SINTÉTICO 1,20 X 0,55 M	un	1,0000	62,4700		62,47	
01.017.000.006	TORNEIRA PARA LAVATÓRIO CROMADA1/2	un	1,0000	18,5800		18,58	
01.017.000.007	TORNEIRA PARA TANQUE CROMADA	un	1,0000	16,5800		16,58	
01.017.000.008	TORNEIRA PARA PIA DE COZINHA CROMADA	un	1,0000	19,0300		19,03	
01.017.000.009	CHUVEIRO EM PVC 1/2"	un	1,0000	12,1100		12,11	
01.018	DIVERSOS					21,87	0,09%
01.018.000.002	IMPLANTAÇÃO DOS MARCOS DOS LOTES	un	1,0000	5,2100		5,21	
01.018.000.003	PLANTIO DE ÁRVORES	un	1,2000	9,5800		11,50	
01.018.000.004	RAMPA DE ACESSO EM CONCRETO DESEMPENADO PARA PNE (1,20 X 3,00M X 0,06 = 0,216M³) 3% DAS UNIDADES HABITACIONAIS	m3	0,0065	281,9800		1,83	
01.018.000.005	PISO CIMENTADO - PARA PNE - AREA DE SERVIÇO (2,46 X 0,8 X 0,06 X 3%) = 0,00354 M³	m3	0,0001	348,5300		0,04	
01.018.000.006	KIT PNE (INSTALADO EM 3% DAS UNIDADES HABITACIONAIS)	un	0,0220	150,0000		3,30	
01.019	LIMPEZA					143,19	0,58%
01.019.000.002	SERVIÇO DE CALAFATE E LIMPEZA	m2	53,8300	2,6600		143,19	
Total da unidade construtiva						24.538,10	100,00%

Orçamento - CASA 02

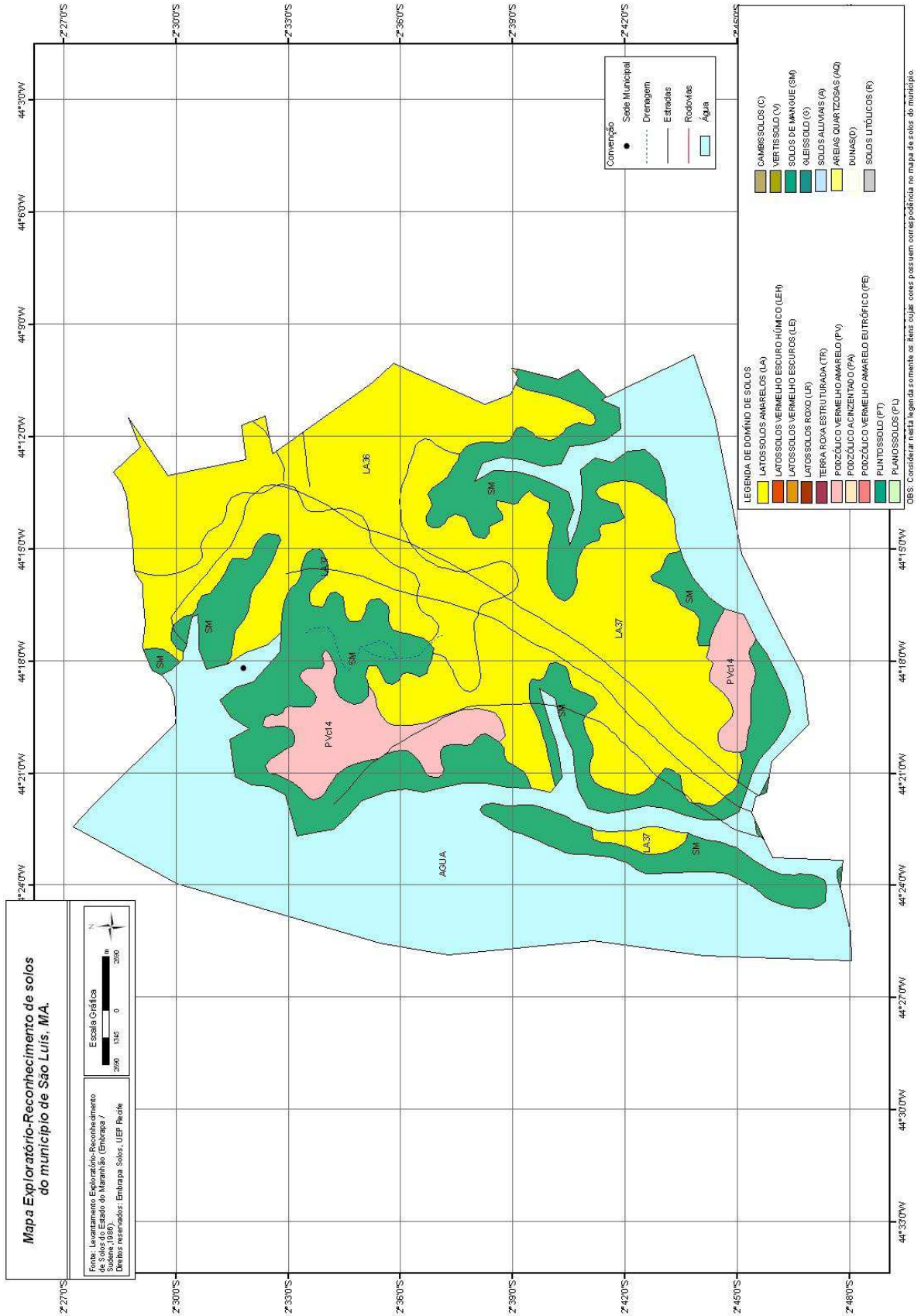
Obra	93 - INC - RESIDENCIAL LUIS BACELAR		
Unidade construtiva	2 - HABITACAO		
Tipo de obra	1 - Construção Civil		
Endereço da obra	ESTRADA DO MARACANÁ, PROX. AO MURO DA RESERVA DA VALE, VILA MARANHÃO, SÃO LUIS - MA		
BDI	0,00 %	Encargos sociais	não aplicado
Preços expressos em	R\$ (REAL)		

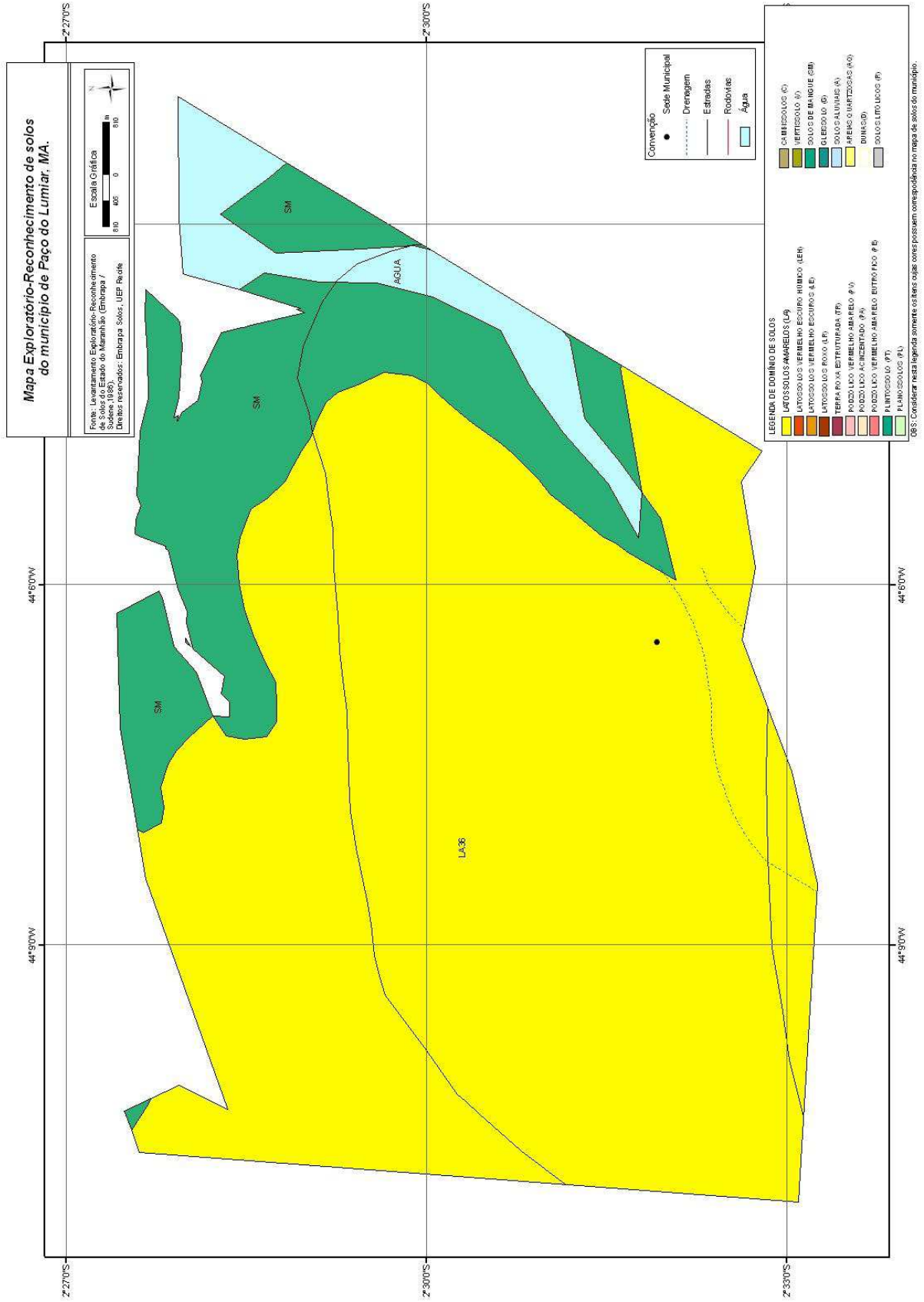
Código	Descrição	Un.	Quantidade orçada	Preço unitário	Preço total	
01	RESIDENCIAL LUIS BACELAR - HABITACAO				22.228,93	
01.001	PROJETOS				104,00	0,47%
01.001.000.001	PROJETOS E APROVAÇÕES	vb	0,0020	52.000,0000	104,00	
01.002	INSTALACAO DA OBRA				572,00	2,57%
01.002.001	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS				282,00	
01.002.001.001	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS - LOCAÇÃO	vb	0,0020	50.000,0000	100,00	
01.002.001.002	MAQUINAS E EQUIPAMENTOS - AQUISIÇÃO	vb	0,0020	85.000,0000	170,00	
01.002.001.003	MANUTENCAO DE MAQUINAS E EQUIPAMENTOS	vb	0,0020	6.000,0000	12,00	
01.002.002	EQUIPAMENTOS DE SEGURANCA				166,00	
01.002.002.001	EPI E EPC	vb	0,0020	83.000,0000	166,00	
01.002.003	INSTALACOES PROVISORIAS				124,00	
01.002.003.001	LIGAÇÃO PROVISORIA DE ENERGIA	vb	0,0020	10.000,0000	20,00	
01.002.003.002	CANTEIRO DE OBRA	un	0,0020	52.000,0000	104,00	
01.003	SERVICOS GERAIS				2.392,90	10,76%
01.003.001	SERVICOS TECNICOS				1.456,90	
01.003.001.001	ENGENHEIRO	mes	15,0000	27,2719	409,08	
01.003.001.002	AUXILIAR DE ENGENHEIRO = TÉCNICO EDIFICAÇÕES(2X)	mes	30,0000	6,6035	198,11	
01.003.001.003	ENCARREGADO GERAL(1X)	mes	15,0000	14,0662	210,99	
01.003.001.004	ENCARREGADO DE CAMPO(2X)	mes	30,0000	8,9186	267,56	
01.003.001.005	ALMOXARIFE(1X)	mes	15,0000	4,7473	71,21	
01.003.001.006	AUX. ALMOXARIFE(2X)	mes	30,0000	3,0530	91,59	
01.003.001.007	TÉCNICO DE SEGURANÇA(1X)	mes	15,0000	5,6968	85,45	
01.003.001.008	APONTADOR DE OBRA (2X)	mes	30,0000	4,0972	122,92	
1.003.002	DESPESAS ADMINISTRATIVAS				936,00	
01.002.004.001	CONTRATO DE PRESTACAO DE SERVIÇOS - SEGURANCA	mes	15,0000	12,0000	180,00	
01.002.004.002	ALIMENTACAO DE FUNCIONARIOS	mes	15,0000	36,3000	544,50	
01.002.004.003	MATERIAL DE EXPEDIENTE / ESCRITORIO	vb	1,0000	10,0000	10,00	
01.002.004.004	MOVEIS E EQUIPAMENTO DE ESCRITORIO	vb	1,0000	16,0000	16,00	
01.002.004.005	TRANSPORTE DE FUNCIONARIOS	mes	15,0000	5,5000	82,50	
01.002.005.002	CONSUMO MENSAL DE ENERGIA ELETRICA	mes	15,0000	6,0000	90,00	
01.002.005.004	MATERIAIS ADM / LIMPEZA	vb	1,0000	13,0000	13,00	
01.004	TRABALHOS EM TERRA				257,43	1,16%
1.004.000.001	ATERRO APLOADO COM MATERIAL ARENOSO	m3	21,5320	11,6500	250,85	
1.004.000.002	ESCAVACAO DA CONTENCAO	m3	2,1720	3,0300	6,58	
01.005	FUNDACAO				1.980,91	8,91%
01.005.000.002	CONCRETO FCK = 25 MPA RADIER	m3	3,7681	329,7100	1.242,38	
01.005.000.003	TELA PRE SOLDADA Q -61	m2	66,1500	5,1600	341,33	
01.005.000.004	FORMA METALICA PARA FUNDACAO	un	0,0160	1.400,0000	22,40	
01.005.000.005	MONTAGEM DE FORMA PARA CONCRETAGEM DE RADIER	un	1,0000	13,1600	13,16	
01.005.000.006	ALVENARIA TIJOLOS CERAMICOS (01 FIADA DE UMA VEZ, E 01 FIADA DE 1/2 VEZ)	m2	10,8600	33,3000	361,64	
01.006	ESTRUTURA				613,15	2,76%
01.006.000.001	ARMAÇÃO PARA CINTA SUPERIOR E PILARES	un	0,5000	224,6400	112,32	
01.006.000.002	CONCRETO FCK = 25 MPA PARA PILARES E CINTA SUPERIOR	m3	0,3295	281,7200	27,85	
01.006.000.003	LAJE PRE-FABRICADA PARA APOIO CAIXA DÁGUA E = 6 CM EM FORMA DE LOSANGO DE 2,70 X 1,70 m	un	1,0000	50,1000	50,10	
01.005.000.008	GRAUTEAMENTO DA FERRAGEM	un	1,0000	20,8400	6,25	
01.008.000.004	VERGA E CONTRA-VERGA EM CONCRETO ARMADO	m	39,2300	10,6200	416,62	
01.007	INSTALACOES				3.556,76	16,00%
01.007.001	HIDRAULICAS				1.810,92	
01.007.001.002	KIT HIDRAULICA - TUBOS	un	1,0000	147,6400	147,64	
01.007.001.003	KIT HIDRAULICA - REGISTROS	un	1,0000	102,3300	102,33	
01.007.001.004	KIT HIDRAULICA - CONEXÕES	un	1,0000	321,0000	321,00	
01.007.001.005	KIT HIDRAULICA - RESERVATORIO	un	1,0000	177,5000	177,50	
01.007.001.006	ACESSORIOS PARA MONTAGEM DOS KIT DE AQUECIMENTO	un	1,0000	37,2500	37,25	
01.007.001.007	EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO SOLAR - ATÉ 200 L INCLUSO	un	1,0000	1025,2000	1.025,20	
01.007.002	SANITARIAS				722,80	
01.007.002.001	KIT SANITARIO - CASA	un	1,0000	176,3500	176,35	
01.007.002.007	CAIXA DE INSPECAO EM CONCRETO PRE-MOLDADO Ø40 CM C/ TAMPA DE CA	un	3,0000	161,0300	483,09	
01.007.002.008	CAIXA DE GORDURA EM CONCRETO PRE-MOLDADO Ø30 CM C/ TAMPA DE CA	un	1,0000	63,3600	63,36	
01.007.003	DRENAGEM				0,00	
01.007.004	ELETRICA/TELEFONICA				1.023,04	
01.007.004.002	KIT ELETRICA - FUNDAÇÃO CASA	un	1,0000	39,4700	39,47	
01.007.004.003	KIT ELETRICA - CAIXAS E ELETRODUTOS	un	1,0000	184,4200	184,42	
01.007.004.004	KIT ELETRICO FIACAO - CASA	un	1,0000	385,6400	385,64	
01.007.004.005	KIT ELETRICO - LUMINAIAS	un	1,0000	56,1500	56,15	
01.007.004.006	KIT ELETRICOS - DISJUNTORES, INTERRUPTORES E TOMADAS	un	1,0000	185,6500	185,65	
01.007.004.007	ATERRAMENTO COMPLETO COM HASTE DE COBRE COM ALMA DE AÇO E CONECTOR	un	1,0000	21,9800	21,98	
01.007.004.008	QUADRO DE MEDIÇÃO MONOFASICO EM PVC E FRENTE ACRILICA PADRÃO CEMAR	un	1,0000	67,1300	67,13	
01.007.004.010	PADRÃO DE LIGAÇÃO DE ENERGIA CEMAR	un	0,5000	165,1900	82,60	

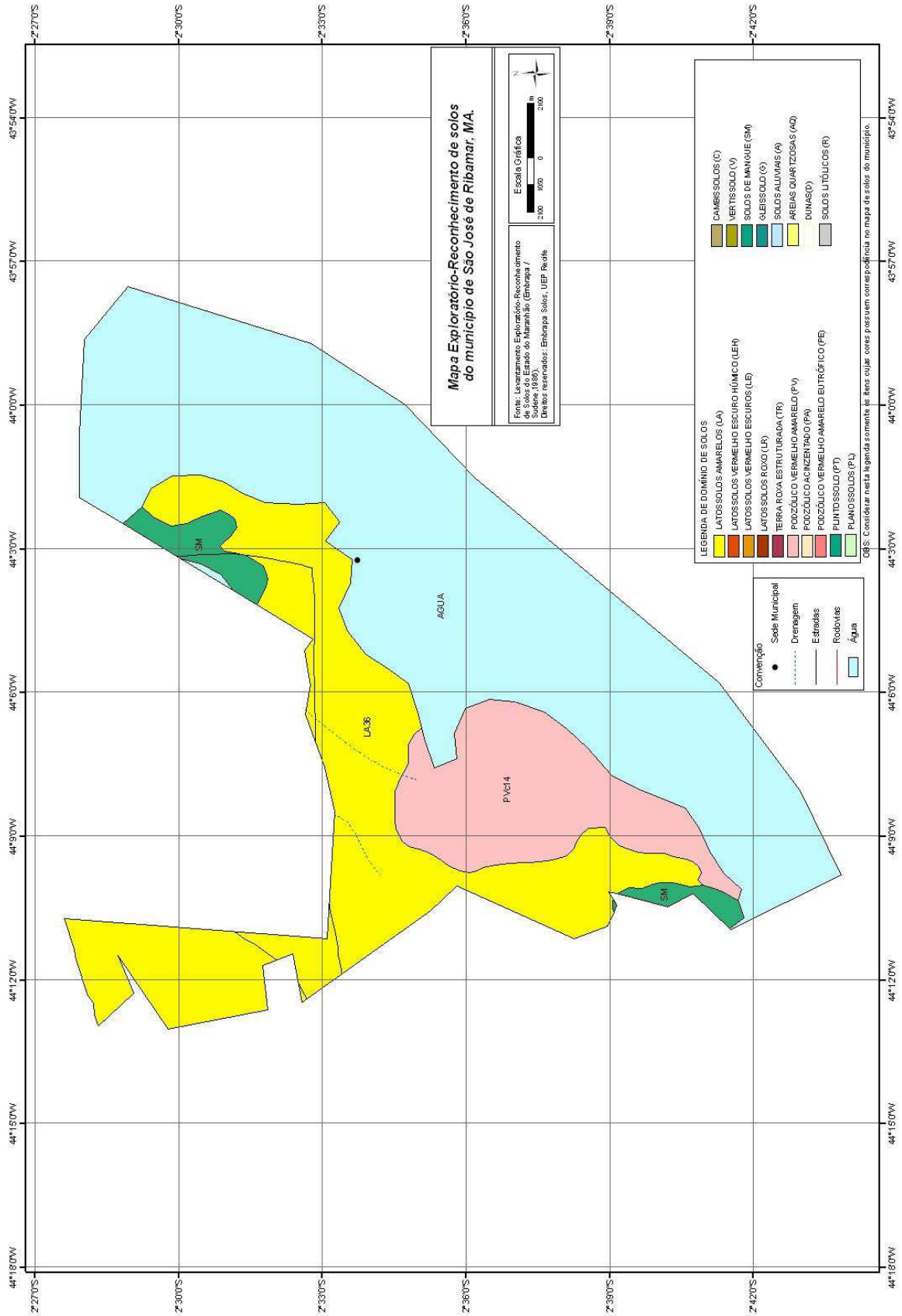
01.008	ALVENARIA					1.962,37	8,83%
01.008.000.002	ELEMENTO VAZADO 40X40CM	m2	0,6400	40,8900		26,17	
01.008.000.003	ALVENARIA TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA NO TRAÇO 1:4	m2	83,8300	23,0968		1.936,20	
01.009	COBERTURA					2.053,22	9,24%
01.009.000.002	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA TELHADO	un	1,0000	1040,3900		1.040,39	
01.009.000.003	TELHAS CERAMICA CANAL OU COLONIAL	m2	52,6400	16,5300		870,14	
01.009.000.004	EMBOÇAMENTO CUMEEIRA	m	17,1500	8,3200		142,69	
01.010	IMPERMEABILIZAÇÕES					28,15	0,13%
01.010.000.001	LONA PRETA SOB RADIER	m2	53,8300	0,5230		28,15	
01.011	ESQUADRIAS					2.097,84	9,44%
01.011.000.002	JANELA DE ALUMINIO DE 120x120 cm	un	3,0000	178,8800		536,64	
01.011.000.003	PORTA EM ALUMINIO COM CAIXILHO E BASCULANTE - EXTERNA - 0,80X2,10 M	un	2,0000	298,9200		597,84	
01.011.000.004	PORTA DE MADEIRA KIT COMPLETO COM GUARNICOES, FECHADURA E PORTA EM COMPENSADO 0,80x2,10 M	un	3,0000	321,1200		963,36	
01.012	REVESTIMENTOS					2.568,78	11,56%
01.012.001	REVESTIMENTOS INTERNOS					1.023,28	
01.012.001.002	CHAPISCO INT. PAREDES TRAÇO 1:3 CIM. E AREIA	m2	42,8000	3,0600		78,58	
01.012.001.003	EMBOCO INTERNO TRAÇO 1:6 CIMENTO E AREIA	m2	42,8000	15,1800		389,82	
01.012.001.004	REVESTIMENTO DE GESSO EM PAREDES INTERNAS	m2	78,9300	7,0300		554,88	
01.012.002	REVESTIMENTO CERAMICO					769,14	
01.012.002.001	REVESTIMENTO CERAMICA 30X30 - PEI IV	m2	27,8775	25,2200		703,07	
01.012.002.002	REJUNTAMENTO	m2	27,8775	2,3700		66,07	
01.012.003	REVESTIMENTO EXTERNO					0,00	
01.012.003.001	-	m2	0,0000	0,0000		0,00	
01.012.004	FORRO					776,36	
01.012.004.002	FORRO PVC REGUAS DE 20 CM (36,89 m2)	un	1,0000	776,3600		776,36	
01.013	PAVIMENTACAO					2.005,00	9,02%
01.013.001	CERAMICA					1.485,17	
1.013.001.003	PISO CERAMICA 30X30 - PEI IV	m2	53,8300	25,2200		1.357,59	
1.013.001.004	REJUNTAMENTO PARA PISO CERAMICO	m2	53,8300	2,3700		127,58	
01.013.002	CIMENTADO					519,83	
1.013.002.001	REGULARIZACAO DE BASE P/ PISOS TRAÇO1:4 CIM/AREIA	m2	38,0600	10,5300		400,77	
1.013.002.002	REGULARIZAÇÃO DO PISO DA CALÇADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3 e=3cm	m2	10,2200	11,6500		119,06	
01.014	SOLEIRAS, PEITORIS E RODAPES					308,43	1,39%
01.014.000.002	SOLEIRA EM MÁRMORE BRANCO / (15X85X2 CM) SALA E COZINHA	un	2,0000	21,2700		42,54	
01.014.000.003	PEITORIL EM MÁRMORE BRANCO (18X125X2 CM)	un	3,0000	39,0700		117,21	
01.014.000.004	RODAPE	m	35,4000	4,2000		148,68	
01.015	PINTURAS					1.150,15	5,17%
1.015.000.001	APLICAÇÃO DE SELADOR PAREDES INTERNAS 1 DEMÃO	m2	14,9245	4,8100		71,79	
1.015.000.002	APLICAÇÃO DE SELAGESSO NAS PAREDES INTERNAS SOBRE REBOCO DE GESSO	m2	78,9320	6,5300		515,43	
	APLICAÇÃO DE RESINA ACRILICA NAS PAREDES EXTERNAS	m2	40,9470	4,2549		174,23	
1.015.000.003	PINTURA EXTERNA ACRILICA NAS PAREDES 2 DEMAOS	m2	40,9470	7,0100		287,04	
1.015.000.004	PINTURA ACRILICA PAREDES DA COZINHA E BANHEIRO	m2	18,7495	5,1800		97,12	
1.015.000.005	NUMERAÇÃO DAS UNIDADES	un	1,0000	4,5500		4,55	
01.016	VIDROS					0,00	0,00%
01.017	LOUCAS E METAIS					412,78	1,86%
01.017.000.002	VASO SANITÁRIO C/CAIXA DESCARGA ACOPLADA	un	1,0000	168,5100		168,51	
01.017.000.003	LAVATÓRIO LOUÇA S/ SOLUNA	un	1,0000	66,4200		66,42	
01.017.000.004	TANQUE MÁRMORE SINTÉTICO 18 LITROS	un	1,0000	49,0800		49,08	
01.017.000.005	PIA COZINHA MÁRMORE SINTÉTICO 1,20 X 0,55 M	un	1,0000	62,4700		62,47	
01.017.000.006	TORNEIRA PARA LAVATÓRIO CROMADA1/2	un	1,0000	18,5800		18,58	
01.017.000.007	TORNEIRA PARA TANQUE CROMADA	un	1,0000	16,5800		16,58	
01.017.000.008	TORNEIRA PARA PIA DE COZINHA CROMADA	un	1,0000	19,0300		19,03	
01.017.000.009	CHUVEIRO EM PVC 1/2"	un	1,0000	12,1100		12,11	
01.018	DIVERSOS					21,87	0,10%
01.018.000.002	IMPLANTAÇÃO DOS MARCOS DOS LOTES	un	1,0000	5,2100		5,21	
01.018.000.003	PLANTIO DE ÁRVORES	un	1,2000	9,5800		11,50	
01.018.000.004	RAMPA DE ACESSO EM CONCRETO DESEMPENADO PARA PNE (1,20 X 3,00M X 0,06 = 0,216M³) 3% DAS UNIDADES HABITACIONAIS	m3	0,0065	281,9800		1,83	
01.018.000.005	PISO CIMENTADO - PARA PNE - AREA DE SERVIÇO (2,46 X 0,8 X 0,06 X 3%) = 0,00354 M³	m3	0,0001	348,5300		0,04	
01.018.000.006	KIT PNE (INSTALADO EM 3% DAS UNIDADES HABITACIONAIS)	un	0,0220	150,0000		3,30	
01.019	LIMPEZA					143,19	0,64%
01.019.000.002	SERVIÇO DE CALAFATE E LIMPEZA	m2	53,8300	2,6600		143,19	
				Total da unidade construtiva		22.228,93	100,00%

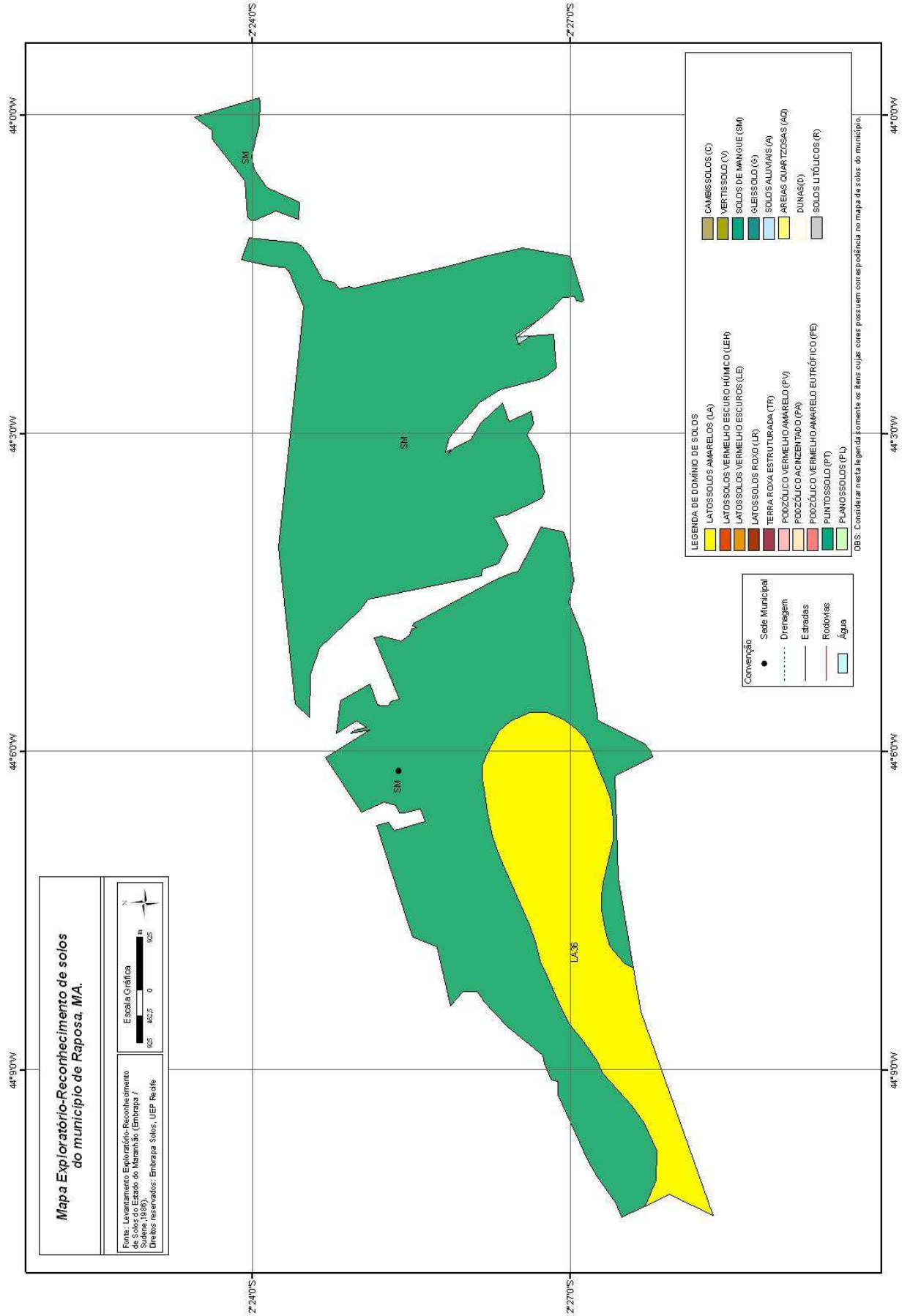
ANEXO C

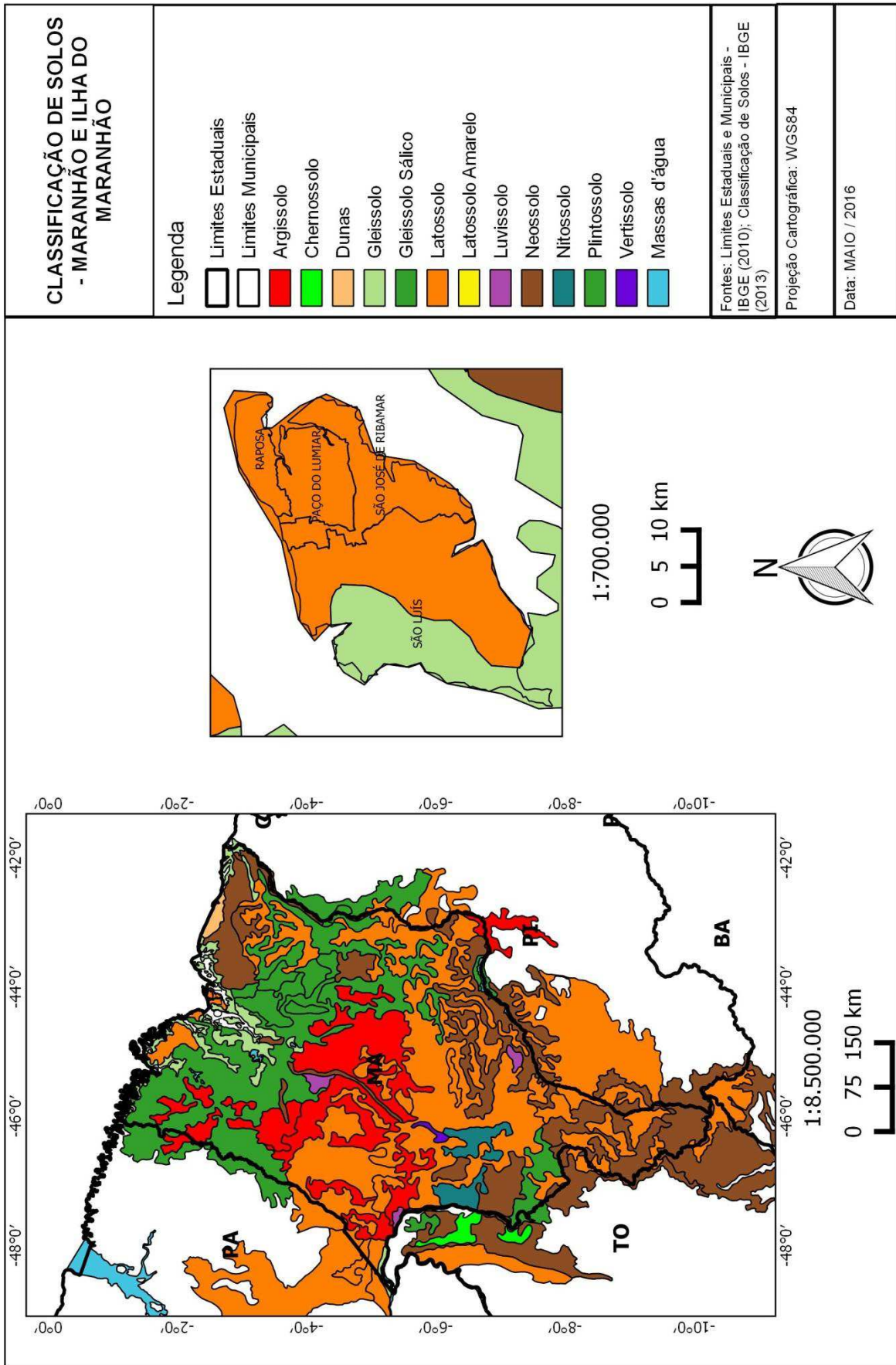
Mapas dos solos da Ilha de São Luís





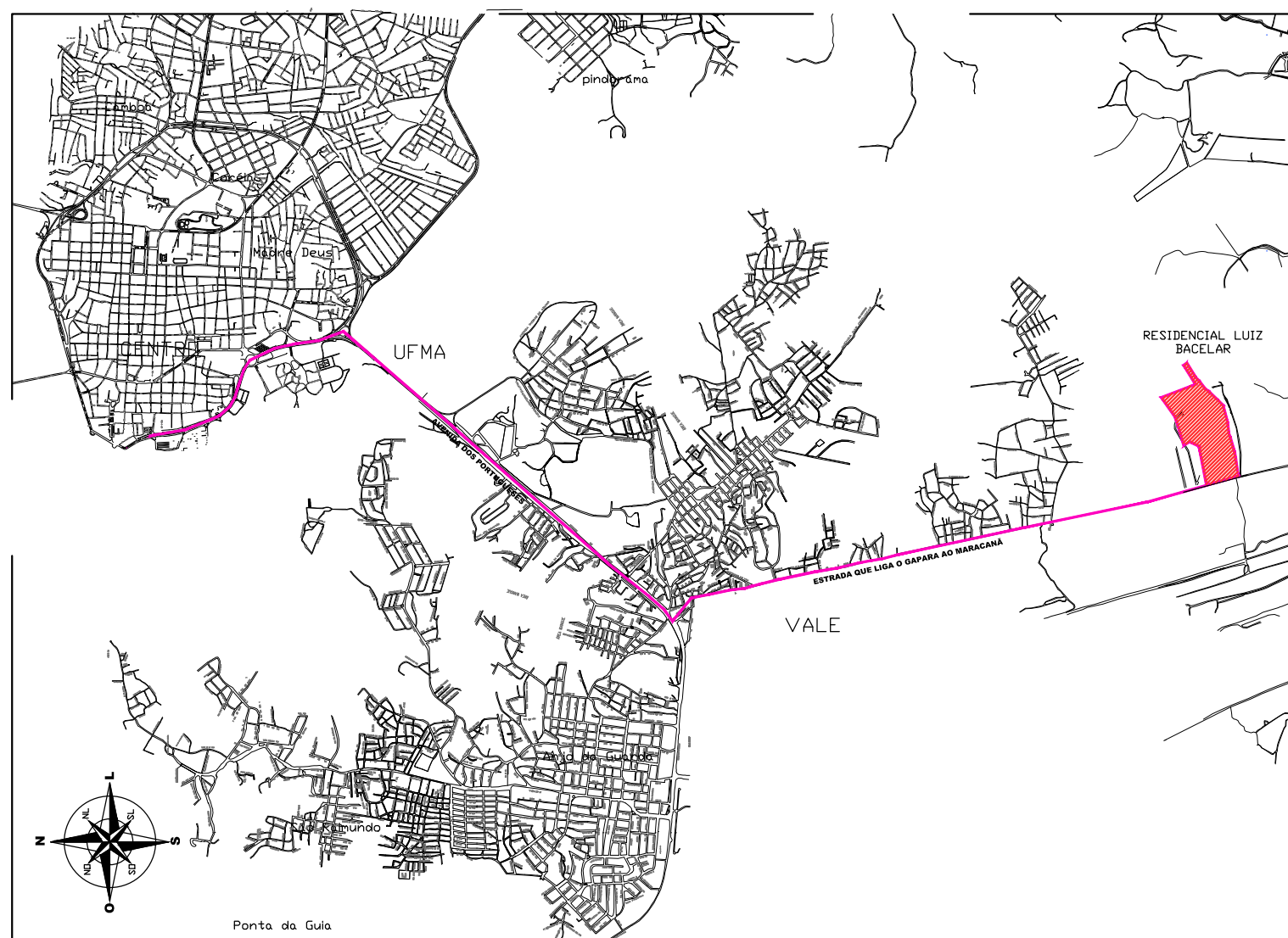






ANEXO D

Projetos arquitetônicos – Residencial Luís Bacelar



— DISTANCIA PERCORRIDA DO EMPREENDIMENTO EM RELAÇÃO BAIRRO CENTRAL DO MUNICIPIO É DE 9,0 km, VIA AVENIDAS.
 — MENOR DISTÂNCIA ENTRE OS DOIS PONTOS 10,0KM

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

SEM ESCALA

Proprietário: LN INCORPORAÇÕES IMOBILIARIA LTDA.

Empreendimento: RESIDENCIAL LUÍS BACELAR

Título: PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

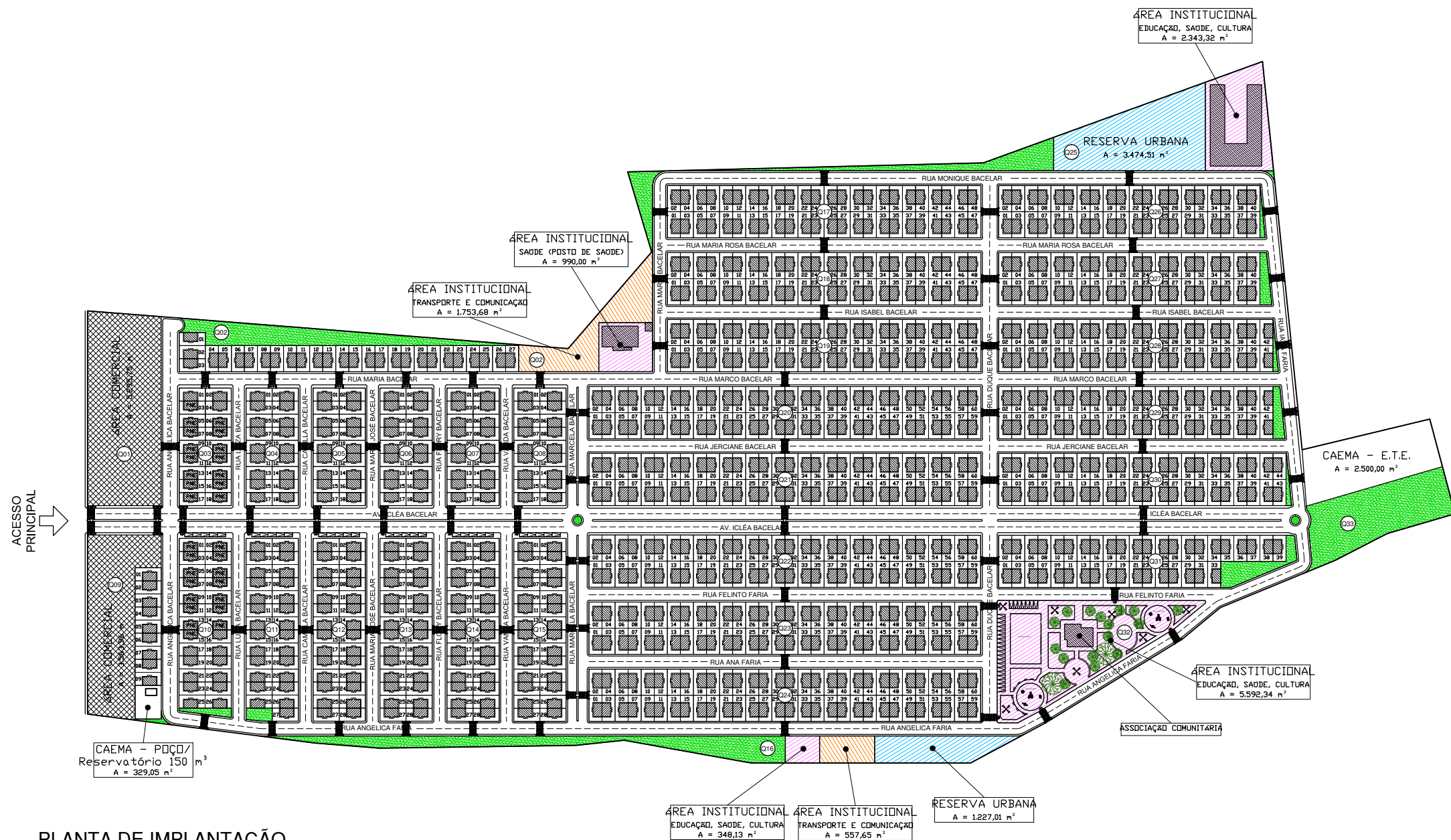
Endereço: Estrada do Maracanã, Gapara, São Luís - MA

Escala: 1/100

Resp. Técnico: Débora S.

Data: 04/08/11

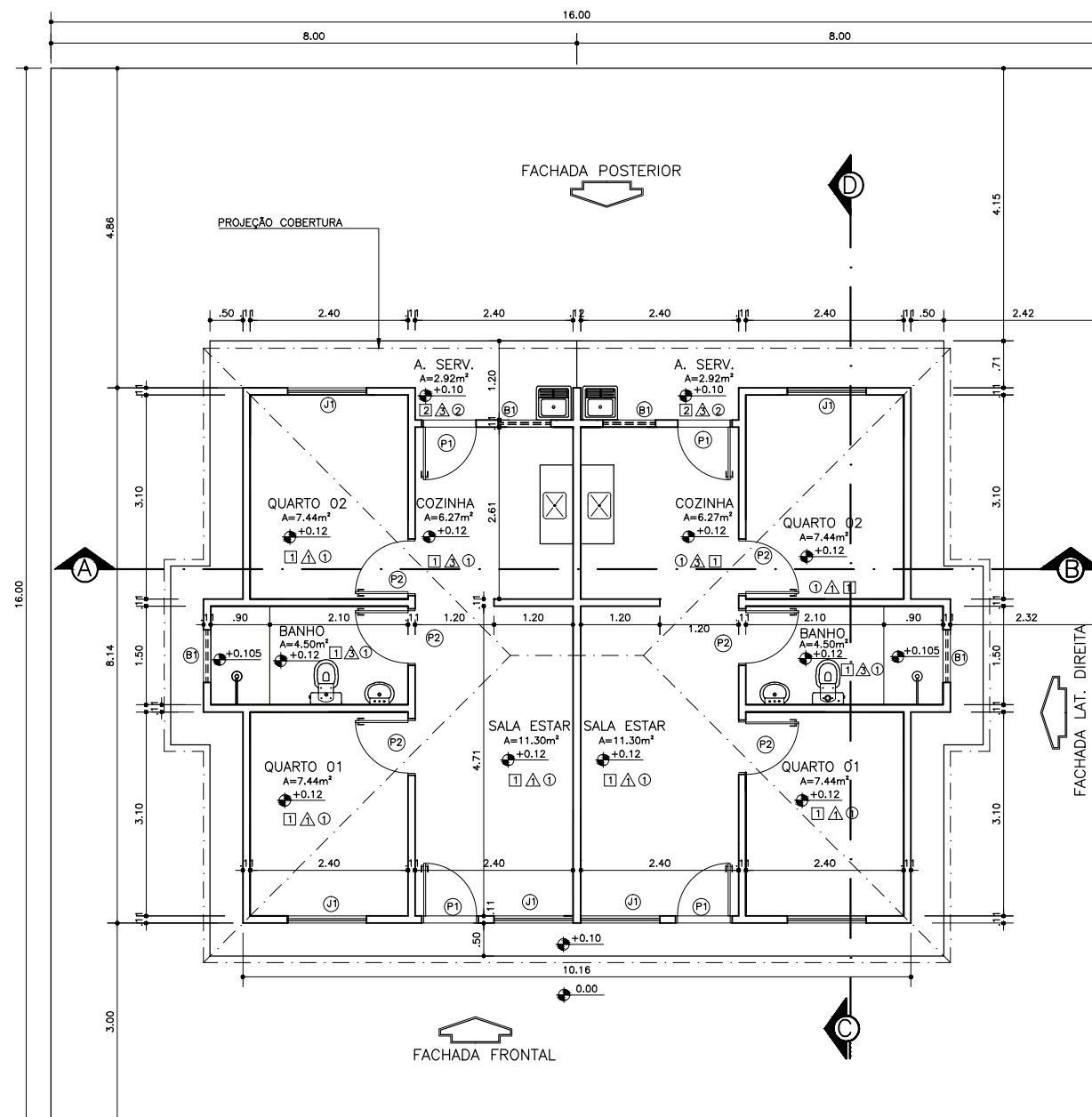
Prancha: 01/05



PLANTA DE IMPLANTAÇÃO
SEM ESCALA

QUADRO RESUMO CONSTRUTORAS		
CONSTRUTORAS	Residências modelo padrão	Residências modelo PNE
K2 ENGENHARIA	485 casas - 48,5%	15 casas - 1,5%
L.N. INCORPORAÇÕES	485 casas - 48,5%	15 casas - 1,5%
TOTAL	970 casas - 97%	30 casas - 3%
TOTAL GERAL	1000 casas - 100%	

Proprietário: LN INCORPORAÇÕES IMOBILIARIA LTDA.		
Empreendimento: RESIDENCIAL LUÍS BACELAR		
Título: IMPLANTAÇÃO GERAL		
Endereço: Estrada do Maracanã, Gapara, São Luís - MA	Escala: 1/100	
Resp. Técnico: Débora S.	Data: 04/08/11	Prancha: 02/05



PLANTA BAIXA

ESC. 1/100

QUADRO DE ÁREAS (POR UNIDADE)	
ÁREA TOTAL DO TERRENO	= 128,00m ²
ÁREA DE CONSTRUÇÃO	= 42,39m ²
ÁREA ÚTIL	= 38,12m ²
ÁREA LIVRE	= 89,80m ²

QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
□	PISO
1	CERÂMICO COMERCIAL 30x30 COM RODAPÉ 7CM
2	PISO CIMENTADO
△	PAREDE
△	PINTURA PVA
△	PINTURA ACRÍLICA
△	REVESTIMENTO CERÂMICO 30x30 h=1,50m E PINTURA ACRÍLICA ATÉ O FORRO
○	TETO
①	FORRO EM PVC
②	TELHADO APARENTE

QUADRO DE ESQUADRIAS (POR UNIDADE)				
PORTAS				
N°	DIMENSÕES(m)	QUANT.	TIPO	
P1	0.80x2.10	02	PORTA DE ABRIR (ALUMÍNIO E VIDRO)	
P2	0.80x2.10	03	PORTA DE ABRIR (MADEIRA)	
TOTAL		05		
JANELAS				
N°	DIMENSÕES(m)	QUANT.	PEITORIL(h)	TIPO
J1	1.20x1.20	03	0.90	JANELA DE CORRER (ALUMÍNIO E VIDRO)
B1	0.80x0.40	02	1.70	BASCULANTE DE ELEMENTO VAZADO
TOTAL		05		

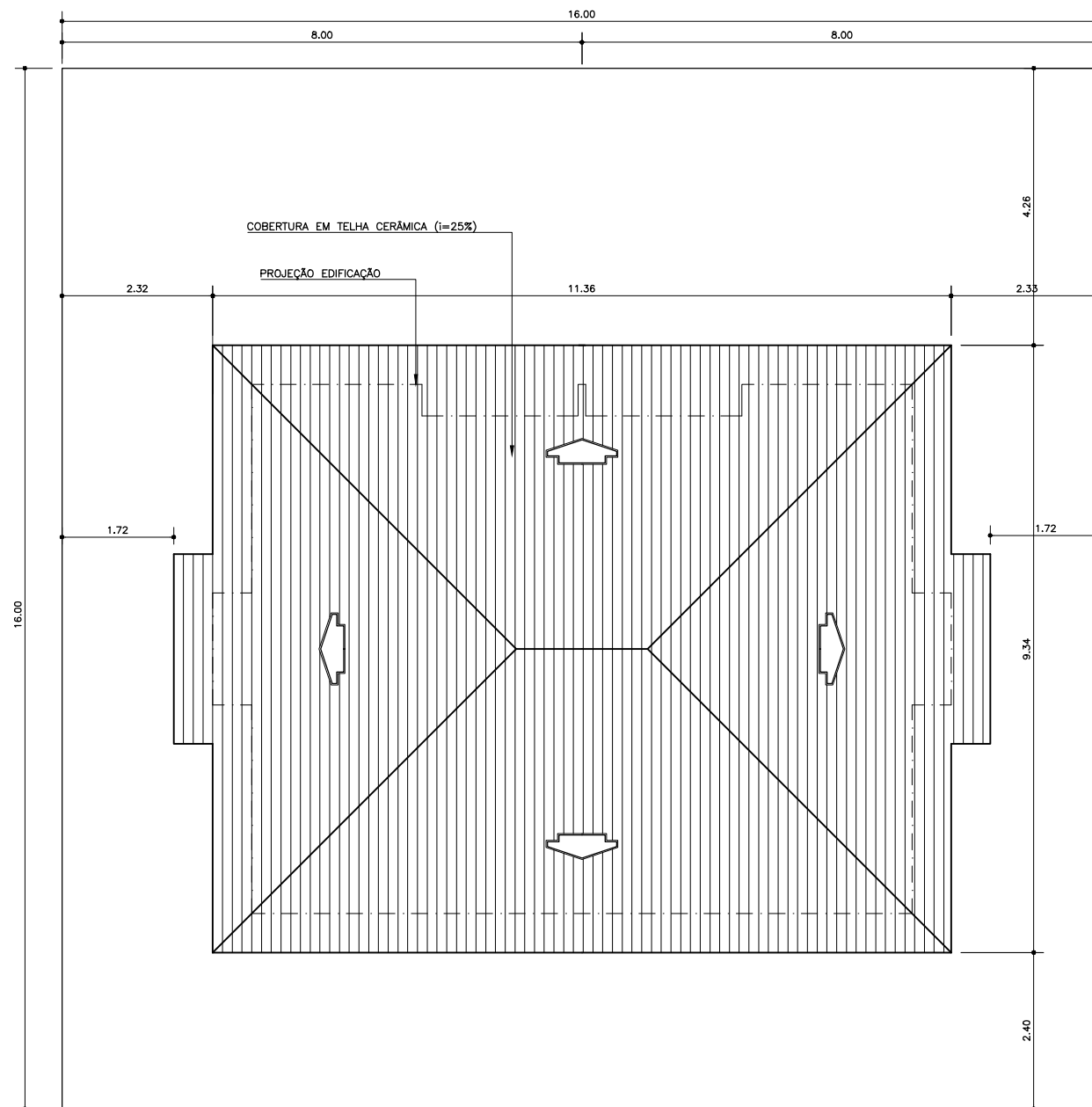
Proprietário: LN INCORPORAÇÕES IMOBILIARIA LTDA.

Empreendimento: RESIDENCIAL LUÍS BACELAR

Título: CASA PADRÃO – PLANTA BAIXA

Endereço: Estrada do Maracanã, Gapara, São Luís – MA Escala: 1/100

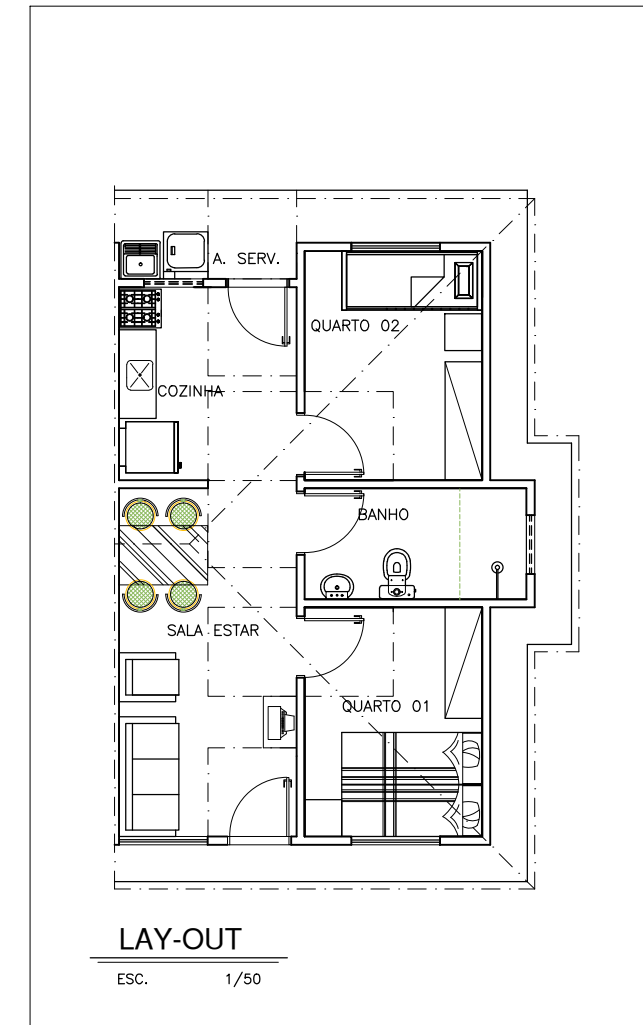
Resp. Técnico: Débora S. Data: 04/08/11 Prancha: 03/05



PLANTA DE COBERTURA

ESC. 1/100

QUADRO DE ÁREAS (POR UNIDADE)	
ÁREA TOTAL DO TERRENO =	128,00m ²
ÁREA DE CONSTRUÇÃO =	42,39m ²
ÁREA ÚTIL =	38,12m ²
ÁREA LIVRE =	89,80m ²



LAY-OUT

ESC. 1/50

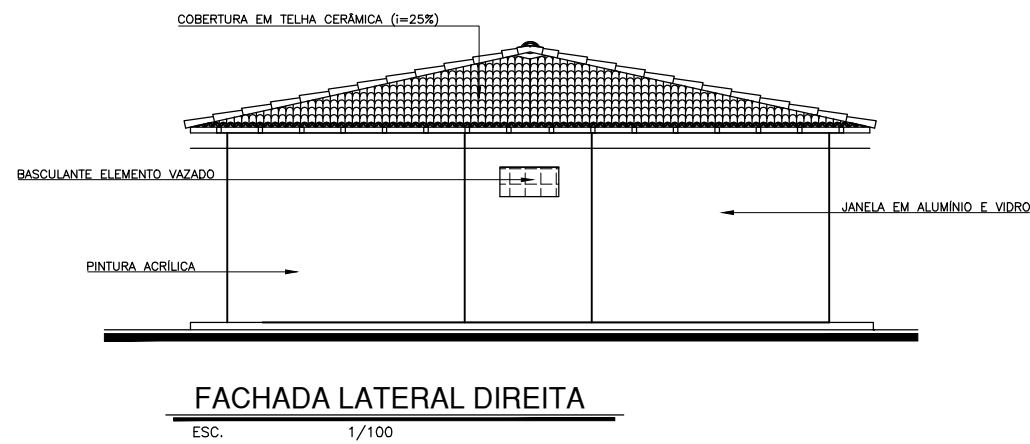
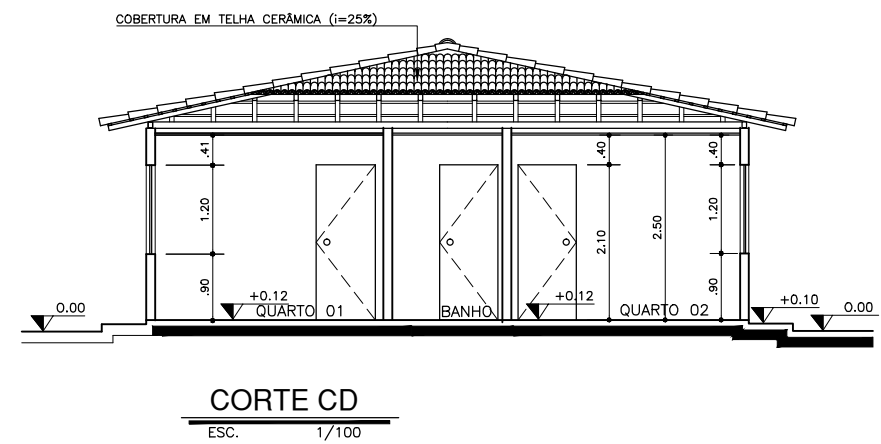
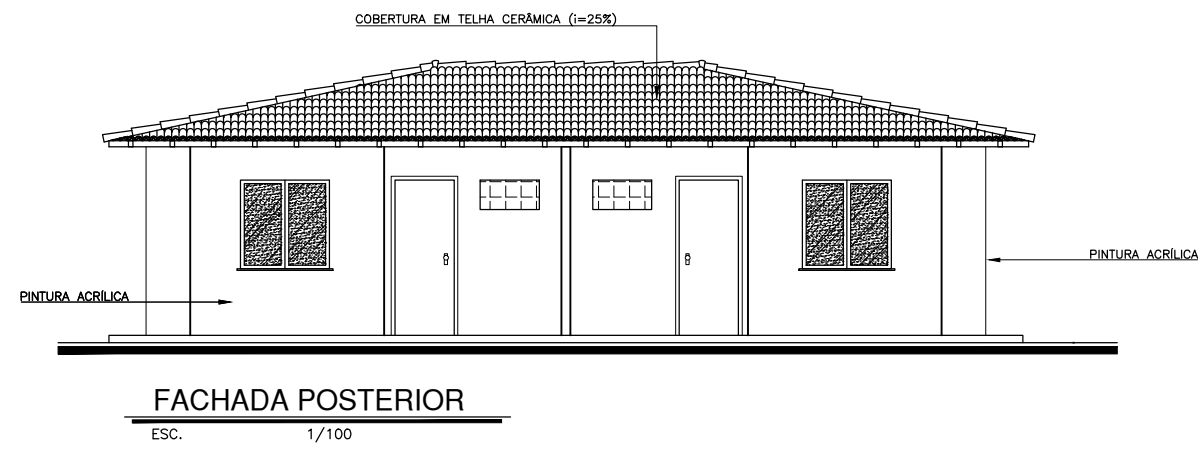
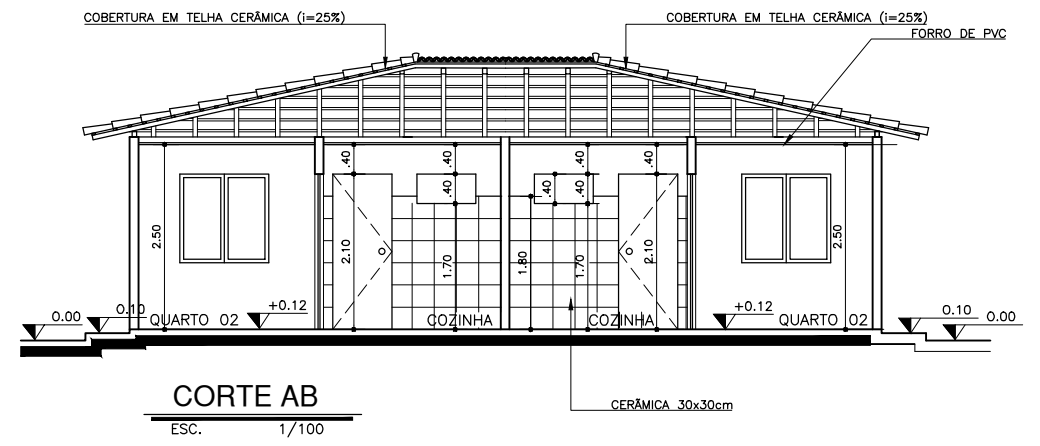
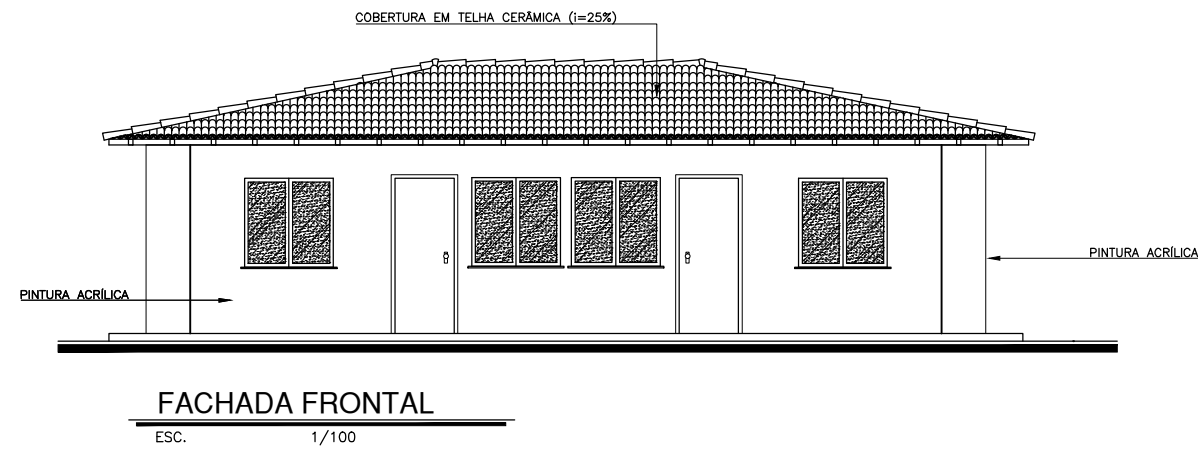
Proprietário: LN INCORPORAÇÕES IMOBILIARIA LTDA.

Empreendimento: RESIDENCIAL LUÍS BACELAR

Título: CASA PADRÃO – PLANTA DE COBERTURA E LAYOUT

Endereço: Estrada do Maracanã, Gapara, São Luís – MA Escala: 1/100

Resp. Técnico: Débora S. Data: 04/08/11 Prancha: 04/05



Proprietário: LN INCORPORAÇÕES IMOBILIARIA LTDA.

Empreendimento: RESIDENCIAL LUÍS BACELAR

Título: CASA PADRÃO – FACHADAS E CORTES

Endereço: Estrada do Maracanã, Gapara, São Luís – MA

Escala: 1/100

Resp. Técnico: Débora S.

Data: 04/08/11

Prancha: 05/05

Julyana da Silva Lima
Orientador: Prof^o Msc. David Col Debella
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2016.1



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**



**ARQUITETURA
E URBANISMO
U E M A**