unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

BEN-HUR YOSHIO MUDREK NAKAGAWA

APLICAÇÕES DE ECOTÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E COMPARAÇÃO COM TÉCNICAS TRADICIONAIS

Guaratinguetá - SP
2017

BEN-HUR YOSHIO MUDREK NAKAGAWA

APLICAÇÕES DE ECOTÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E COMPARAÇÃO COM TÉCNICAS TRADICIONAIS

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá - SP
2017

N163a

Nakagawa, Ben-Hur Yoshio Mudrek

Aplicações de ecotécnicas na construção civil e comparação com técnicas tradicionais / Ben-Hur Yoshio Mudrek Nakagawa – Guaratinguetá, 2017.

81 f. : il.

Bibliografia : f. 76-81

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

1. Construção civil. 2. Sustentabilidade. 3. Permacultura. 4. Impacto ambiental. I. Título

CDU 69

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

BEN-HUR YOSHIO MUDREK NAKAGAWA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. Antonio Wanderley Terni
UNESP-FEG

Prof. Dr. Paulo Valladares Soares
UNESP-FEG

Novembro 2017

DADOS CURRICULARES

BEN-HUR YOSHIO MUDREK NAKAGAWA

NASCIMENTO	04.02.1995 – Aripuanã / MT
FILIAÇÃO	Eduardo Seiki Nakagawa Lizete Catarina Mudrek
2013/2017	Curso de Graduação – Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista ¨Júlio de Mesquita Filho¨

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente, a minha família que confiou e acreditou em mim nesses anos de formação acadêmica e que sempre me apoiou independentemente da situação.

Dedico a todos que estiveram ao meu lado durante minha jornada acadêmica.

Dedico também a todos os leitores do presente trabalho e aqueles que praticam a sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida, luz e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência e minha família.

Aos meus pais *Eduardo* e *Lizete* que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram, me apoiaram e me deram forças nessa jornada.

Aos meus irmãos *Mariana* e *Matheus* que mesmo distantes sempre estiveram ao meu lado nas horas difíceis e me salvaram.

A República e família VamoIntão que me ensinou durante cinco anos o valor do estudo, das amizades e bons momentos que a vida oferece.

Aos meus amigos que me acompanharam por essa jornada de conhecimento e aventuras que me trouxeram ótimas lembranças e amizades que levarei para o resto da vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva pela sua orientação, dedicação e auxílio.

Aos professores da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, pelos conhecimentos e esforço investidos em mim.

–Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O presente trabalho busca traçar um panorama sobre os impactos ambientais da construção civil e apresentar um conjunto de três ecotécnicas para a diminuição desses impactos. Para a escolha das ecotécnicas foram utilizados os princípios da permacultura, um sistema de design sustentável, tendo em vista a manutenção das necessidades básicas de uma habitação: Abrigo, saneamento e energia. No aspecto construtivo da habitação foi escolhida a construção com terra crua, por ser um material de baixo impacto ambiental e ampla possibilidade de utilização. A respeito saneamento básico foi escolhido o banheiro seco, pelo fato dessa ecotécnica não utilizar água para o descarte de resíduos e ainda possibilitar a devolução de nutrientes para o solo. Na questão de energia o sistema de aquecimento solar de baixo custo foi escolhido por apresentar alta eficiência energética em relação ao chuveiro elétrico. O desenvolvimento metodológico do trabalho fundamentou-se na revisão da literatura referente ao tema e análise de documentos que abordam a questão da sustentabilidade. Esse estudo foi feito para que haja maior conscientização da população sobre o ciclo de vida de uma habitação, para quebrar alguns paradigmas que limitam a construção sustentável e para ajudar a difundir essas ecotécnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Ecotécnicas. Sustentabilidade. Impacto Ambiental. Permacultura. Biocostrução. Construção com terra crua. Banheiro seco. Aquecedor solar de baixo custo.

ABSTRACT

The current research sought to outline the environmental impacts of civil construction and present a set of three eco-techniques to reduce these impacts. In order to choose the ecotechniques were used the principles of permaculture, a sustainable design system, with a view to maintaining the basic needs of housing: Shelter, sanitation and energy. In the constructive aspect of the house was chosen the construction with raw earth, being a material of low environmental impact and ample possibility of use. Regarding basic sanitation, the dry toilet was chosen because this eco-technique does not use water for waste disposal and also allows the return of nutrients to the soil. In the matter of energy the low cost solar heating system was chosen because it presents high energy efficiency in relation to the electric shower. The methodological development of the work was based on a review of the literature on the subject and analysis of documents of sustainability. This research was done to increase the population's awareness about the life cycle of a dwelling, to break down some paradigms that limit sustainable construction and to help spread these eco-techniques.

KEYWORDS: Eco-techniques. Sustainability. Environmental impact. Permaculture. Bio-construction. Earthbag building. Dry toilet. Low cost solar heater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Impactos relativos à produção de blocos cerâmicos e de concreto: consumo energético, consumo de água e emissão de CO2 20
Figura 2 - Construção com terra, um ciclo autossustentável 21
Figura 3 - Técnicas de construção com terra 33
Figura 4 - Construção de blocos estruturais em adobe 35
Figura 5 - Modelos de blocos de terra comprimida 35
Figura 6 - Tipos de prensa para blocos de terra comprimida: CINVA-RAM, manual e automatizada 36
Figura 7 - Casa feita com blocos de terra comprimida (BTC) 36
Figura 8 – Construção de alvenaria em cobe 37
Figura 9 – Interior de casa em cobe 38
Figura 10 - Casa de *cordwood* em construção 39
Figura 11 – Construção de parede estrutural em superadobe 40
Figura 12 – Superadobe até a cobertura 41
Figura 13 - Tecido plástico (PP-T) e tela plástica (PEAD-MR) 41
Figura 14 - Hiperadobe em construção 42
Figura 15 – Construções com Taipa de pilão 43
Figura 16 – Construção de parede em taipa de pilão 44
Figura 17 - Câmaras de compostagem de um banheiro com sistema carrossel 49
Figura 18 - Vaso sanitário e compartimento com as câmaras de compostagem 50
Figura 19 - Banheiro compostável com duas câmaras 51
Figura 20 - Esquema do modelo Bason 52
Figura 21 - Banheiro compostável e componentes do tipo *Sun-Mar* 53
Figura 22 - Representação de um ASBC residencial 54
Figura 23 – Reservatório Térmico 55
Figura 24 - Projeto-tipo 59
Figura 25 - Evolução da fachada 61
Figura 26 - Planta Baixa do Banheiro Seco 64
Figura 27 - Banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural .. 65
Figura 28 - Vista interior do banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural 65
Figura 29 - Vista da parte de trás do banheiro de recipientes móveis implementado 67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008 26
Gráfico 2 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação – 2008 26
Gráfico 3 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial 28
Gráfico 4 - Curva de carga média residencial 29
Gráfico 5 - Aquecimento de água nas residências brasileiras 29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASBC	Aquecedor Solar de Baixo Custo
ASTM	American Society for Testing and Materials
BTC	Blocos de Terra Comprimidos
CIB	Conselho Internacional da Construção
CIETEC	Centro Incubador de Empresas Tecnológicas da USP
CTE	Construção com Terra Ensacada
EcoTech	Ecological Engineering Group
EPS	Poliestireno Expandido
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEC	Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado
MWh	Megawatt-hora
NASA	Agência Espacial Norte Americana
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização não governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD-MR	Polietileno de Alta Densidade em Malha Raschel
PEGAE	Programa Estadual de Gestão de Águas
PET	Polietileno Tereftalato
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
PPH	Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso
PP-T	Polipropileno Tecido
PVC	Policloreto de Vinila
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
UNESCO	United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization
USP	Universidade de São Paulo
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 OBJETIVOS 15
3 METODOLOGIA 16
4 JUSTIFICATIVA 17
4.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS 17
4.2 SANEAMENTO BÁSICO 21
4.2.1 Água 22
4.2.2 Esgoto sanitário 24
4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 26
5 PERMACULTURA 29
6 ECOTÉCNICAS 31
6.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM TERRA 31
6.1.1 Adobe e bloco de terra comprimida 33
6.1.2 Cob e Cordwood 36
6.1.3 Superadobe e Hiperadobe 38
6.1.4 Taipa de pilão 41
6.2 BANHEIRO SECO 45
6.2.1 Compostagem 45
6.2.2 Banheiro com sistema carrossel 48
6.2.3 Banheiros compostáveis com duas câmaras 49
6.2.4 Modelo Bason 51
6.2.5 Modelo Sun-Mar 52
6.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO 53
6.3.1 Reservatório 54
6.3.2 Coletor 55
6.3.3 Misturador de água quente e sistema de apoio térmico 55
6.3.4 Sistema hidráulico 55
7 RESULTADOS 57
7.1 CONSTRUÇÃO COM TERRA 57
7.2 BANHEIRO SECO 63
7.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO 68
8 DISCUSSÃO 69

8.1 CONSTRUÇÃO COM TERRA 69
8.2 BANHEIRO SECO 71
8.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO 72
9 CONCLUSÃO 74
REFERÊNCIAS 76

1 INTRODUÇÃO

A construção civil surgiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem como habitação e refúgio de perigos, sem se preocupar com a técnica e com suas consequências em primeiro momento. A indústria da construção civil é apontada pelo Conselho Internacional da Construção (CIB) como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Há também inúmeros impactos além dos relacionados ao consumo de matéria e energia, como os associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

De acordo com Beltrame(2013) as edificações consomem 34% do fornecimento mundial de água, sua operação consome mais de 40% de toda a energia produzida no mundo, e gera de 35% a 40% de todo resíduo produzido na atividade humana. Sendo uma atividade extremamente poluente e com um produto final que consome muitos recursos naturais.

Sendo assim, a incorporação de práticas de sustentabilidade na construção é uma tendência crescente no mundo. Isso significa que as construções, para ganharem status de sustentáveis, devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas. Dentre elas, a escolha de materiais que menos agridam o meio ambiente, de origem certificada e com baixas emissões de CO2; com menor geração de resíduos durante a fase de obra; que contribuam para o desempenho das edificações; que suprimam menores áreas de vegetação; que necessitem do menor volume possível de energia e água, tanto na fase de construção como na de uso; e, ainda, que possam ser reaproveitadas ao fim de seu ciclo de vida (OLIVEIRA, 2009).

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é apresentar ecotécnicas que minimizam o impacto ambiental causado pela construção civil, analisando o ciclo de vida da edificação levando em consideração o sistema construtivo utilizado, o uso da água durante e após a construção, a geração de resíduos e a eficiência energética. As ecotécnicas apresentadas são comparadas com as técnicas de construção tradicionais em termos de eficiência, economia e impactos ambientais.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa se deu através de revisões bibliográficas, consultando diversos autores em produções científicas, como artigos, livros e dissertações, assim como revistas e materiais disponíveis em internet.

Primeiramente foram apresentadas as justificativas para as escolhas das ecotécnicas, devido ao cenário atual da construção que ocorre de maneira insustentável, com o desperdício de matérias primas, geração de resíduos em alta quantidade e descarte incorreto.

A escolha das ecotécnicas foi feita com base nos princípios da permacultura, um sistema de design sustentável, levando em conta a manutenção das necessidades básicas de uma habitação: Abrigo, água e energia. Como sistema construtivo foi escolhido à construção de edificações com terra por ser um material de baixo impacto ambiental. Tratando-se de economia de água foi abordado o banheiro seco, por ser uma ecotécnica de saneamento sustentável que não utiliza água para o descarte dos resíduos. Como medida de eficiência energética foi escolhido o aquecedor solar de baixo custo por utilizar uma fonte de energia limpa e renovável como alternativa para o aquecimento elétrico.

Para a análise das ecotécnicas foi feita uma apresentação de seus elementos principais, de suas variedades e seu funcionamento, seguidas de uma pesquisa bibliográfica como forma de apresentação dos resultados. Para a construção com terra optou-se por um comparativo entre a construção com terra ensacada e a construção com alvenaria em um protótipo de um abrigo pós-desastre. Para o banheiro seco foi analisado o caso de um protótipo de banheiro seco com compartimento móvel durante um mês de uso. Para o aquecedor solar de baixo custo foi feita uma análise da economia familiar e o tempo de retorno do investimento.

Em seguida foram discutidos postos importantes a respeito da viabilidade, das vantagens e desvantagens das ecotécnicas, seguidas de uma conclusão a respeito da importância da utilização das ecotécnicas e integração das mesmas aos sistemas atuais de construção.

4 JUSTIFICATIVA

A seguir são apresentadas as justificativas das escolhas das ecotécnicas abordadas nos capítulos seguintes, com base nos problemas enfrentados atualmente no setor da construção civil em termos de impactos ambientais. A justificativa é dividida em sistemas construtivos, saneamento básico e eficiência energética, para facilitar a apresentação e o desenvolvimento.

4.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A escolha do sistema construtivo de construção com terra para edificações justifica-se pela necessidade de se combater o déficit habitacional de maneira mais sustentável do que tem sido feito até o momento e a construção com terra possui potencial para ser uma opção mais sustentável em vários aspectos. A Tabela 1 mostra como se comportou o déficit habitacional no Brasil de 2007 a 2012:

Tabela 1 - Déficit habitacional no Brasil de 2007 a 2012.

Especificação	ANO				
	2007	2008	2009	2011	2012
Déficit Total Absoluto	**6.102.414**	**5.686.703**	**6.143.226**	**5.889.357**	**5.792.508**
Déficit Total Relativo	10,8	9,8	10,4	9,5	9,1
Total de Domicílios	56.338.622	58.180.644	59.252.675	62.116.819	63.766.688
COMPONENTES					
Habitação Precária	**1.264.414**	**1.158.801**	**1.088.634**	**1.187.903**	**883.777**
Improvisados	109.421	101.100	69.432	130.905	85.550
Rústicos	1.154.993	1.057.701	1.019.202	1.056.998	798.227
Coabitação Familiar	**2.481.128**	**2.211.276**	**2.511.541**	**1.916.716**	**1.865.457**
Cômodos	200.094	175.366	216.924	221.546	170.926
Famílias Conviventes	2.281.034	2.035.910	2.294.617	1.695.170	1.694.531
Ônus Excessivo com Aluguel	**1.965.981**	**1.928.236**	**2.143.415**	**2.388.316**	**2.660.348**
Adensamento Excessivo	**390.891**	**388.390**	**399.636**	**396.422**	**382.926**

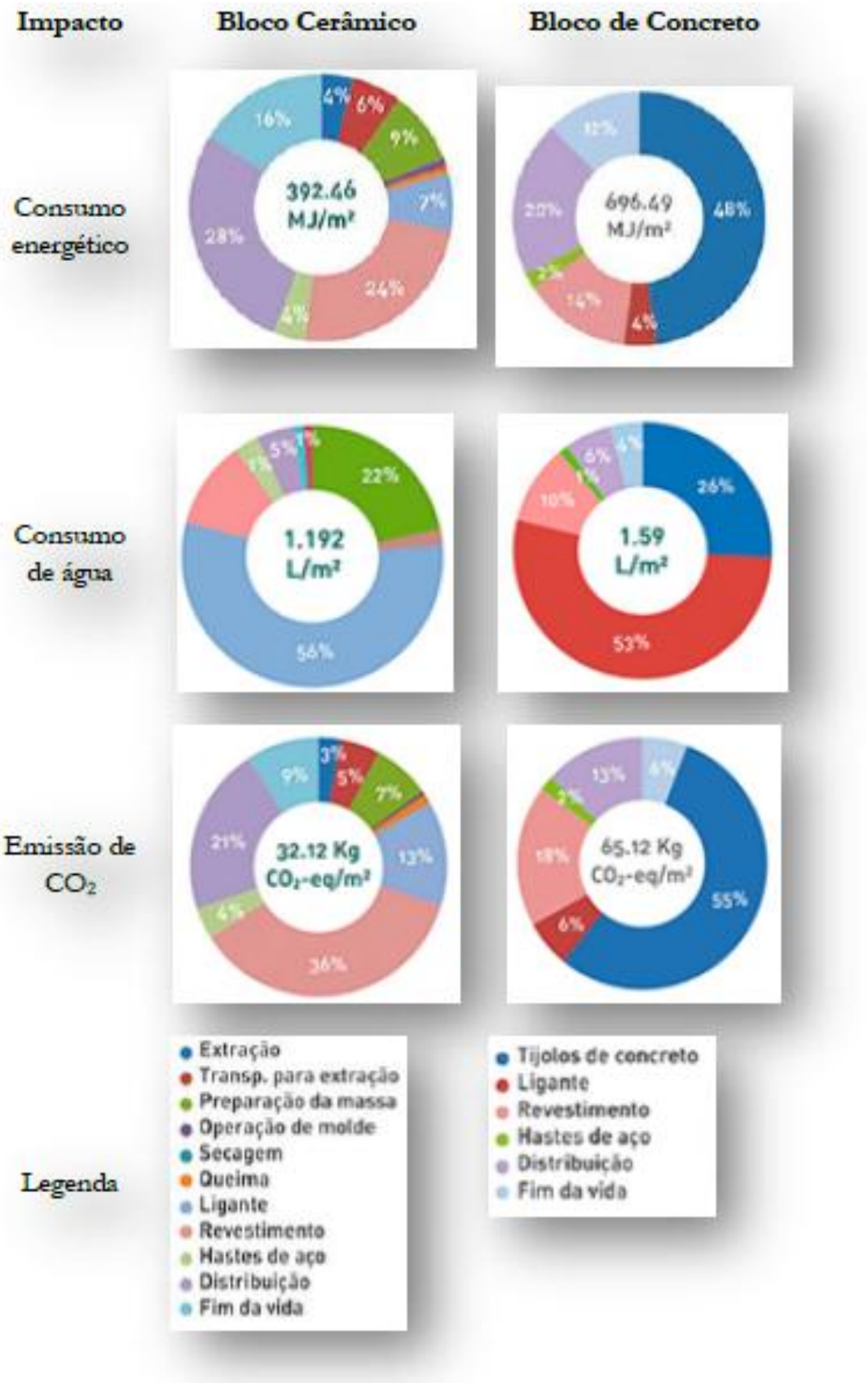
Fonte: IBGE (2007-2012)

Kennedy (2009) afirma que a maneira mais eficiente de oferecer casas confortáveis e baratas é fazer o uso de materiais de baixo custo disponíveis localmente. De maneira geral, Minke (2009) afirma que a terra ou barro, é um material frequentemente disponível nas proximidades das obras, acessível economicamente, que não apresenta efeitos danosos à saúde, que é agradável à pele e não apresenta riscos ao se manusear, diferente de materiais como o cimento e a cal. O barro também armazena e libera calor e umidade e pode balancear o clima no interior da construção.

Em termos ambientais, o uso da terra gera impacto no momento de sua extração, como erosão, assoreamento, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, impactos sobre a flora e fauna, instabilidade de taludes e encostas, mobilização de terra, poluição do ar, sonora e visual e vibração do terreno. Mesmo assim, Minke (2009) afirma que a terra apresenta vantagens em relação a outros materiais de construção. Segundo ele, o uso do barro quase não produz contaminação ambiental em comparação com os materiais de construção industrializados. Para preparar, transportar e trabalhar a terra no local necessita-se somente 1% á 5% da energia requerida para a produção de cimento em seu uso em concreto armado e em paredes de alvenaria. A Figura 1 mostra o consumo energético, consumo de água e de CO_2 na produção de blocos cerâmicos e de concreto.

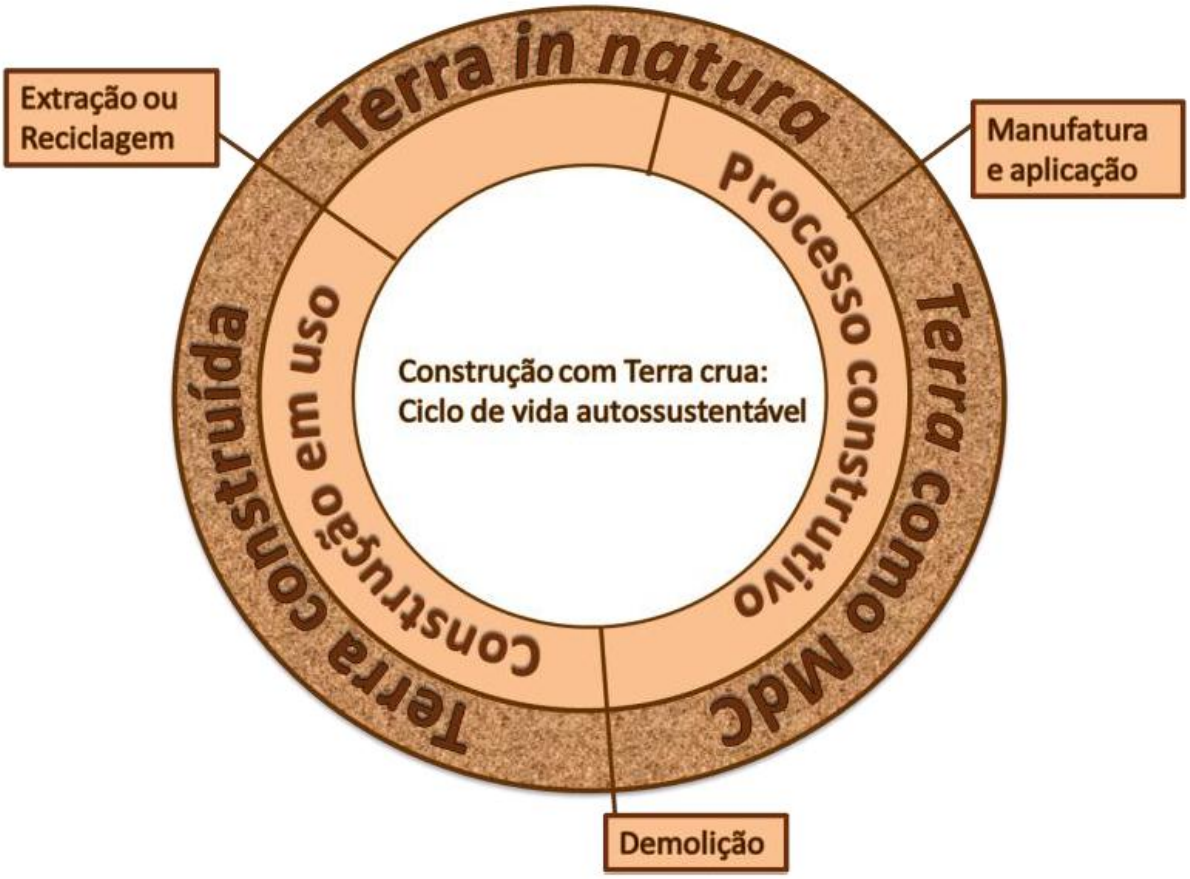
Em termos de emissões, Weimer (2005) identifica como vantagens do uso da terra crua na construção a possibilidade da extração local, economizando-se em transporte na obtenção do material e também na destinação final após demolição, uma vez que a terra crua como material de construção possui um ciclo de vida autossustentável, no sentido que as construções em terra podem ser demolidas e reconstruídas com o mesmo material. Mesmo que algumas técnicas consumam um grande volume de terra, esta pode ser reutilizada ilimitadamente, sendo necessário somente destorroá-la (MINKE, 2013b), sem gerar resíduo, sem precisar de processamento termoquímico ou da incorporação de novos materiais, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 1 - Impactos relativos à produção de blocos cerâmicos e de concreto: consumo energético, consumo de água e emissão de CO2.



Fonte: (DOS SANTOS, 2011).

Figura 2 - Construção com terra, um ciclo autossustentável.



Fonte: (DOS SANTOS, 2011).

Segundo a American Society for Testing and Materials – ASTM (2010), a fabricação de materiais para a construção em terra é substancialmente mais eficiente energeticamente por unidade de volume do que a fabricação de blocos cerâmicos de produtos à base de cimento, como alvenaria de concreto, concreto pré-moldado, ou concreto moldado *in loco.*

Quanto ao potencial de eliminar o déficit habitacional, os responsáveis pelo Programa Mundial de Patrimônio Histórico de Arquitetura em Terra da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) afirmam:

> ―Arquitetura de terra é uma das expressões mais originais e poderosas de nossa capacidade de criar um ambiente construído com recursos prontamente disponíveis (...). A disponibilidade e qualidade econômica do material significam que ele tem grande potencial para contribuir para a redução da pobreza e para o desenvolvimento sustentável" (UNESCO, 2012).

De acordo com Prompt (2008) a terra é um material abundante, existe em grande quantidade e em diferentes locais. Pode ser usada de diversas formas, como paredes de taipa, adobe, entre muitas outras. As construções de terra crua compõem ambientes agradáveis, pois

controlam a entrada e saída de calor e a umidade. Além disso, têm um impacto ambiental baixíssimo e proporcionam a possibilidade de construções belíssimas.

Dentro deste contexto, pode-se afirmar que a construção com terra crua possui um grande potencial para contribuir para a solução das problemáticas enfrentadas atualmente, contribuindo para a redução do déficit habitacional, para a redução do impacto ambiental da construção civil e para a melhoria da habitação de interesse social, rural e urbano.

4.2 SANEAMENTO BÁSICO

Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2006), saneamento ambiental é entendido como o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, ou seja, saneamento tem a finalidade de proteger e melhorar as condições da vida urbana e rural, na relação saneamento-saúde-ambiente.

No Brasil, o saneamento básico é um direito garantido pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. A lei nº. 11.445/2007 ainda estabelece nos municípios a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico como instrumento de planejamento para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, e ainda determina os princípios dessa prestação de serviços; as obrigações do titular, as condições para delegação dos serviços, as regras para as relações entre o titular e os prestadores de serviços, e as condições para a retomada dos serviços (Instituto Trata Brasil, 2012).

Fica evidente que devem haver ações integradas entre tratamento de água e esgoto para se obter resultados positivos na saúde publica e no meio ambiente, sendo que estas ações devem ser planejadas levando em consideração as necessidades e as condições locais, que irão influenciar nos resultados.

4.2.1 Água

Segundo a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2006), a quantidade de água livre sobre a terra atinge 1.370 milhões km³, sendo que 97% correspondem a água salgada, não utilizável para uso agrícola, industrial ou consumo humano. Dos 3% de água doce existente, apenas 0,3%, aproximadamente, é aproveitável, mas a maior parte encontra-se presente na neve, gelo ou em lençóis subterrâneos situados abaixo de uma profundidade de 800 metros, tornando-se inviável ao consumo humano. Da pequena proporção disponível ainda há sérios problemas de contaminação e poluição das águas, o que torna seu tratamento cada vez mais custoso e o acesso à água potável mais restrito.

Entre todos os países, o Brasil é o que mais se destaca no quesito água, pois possui cerca de 12% de toda água disponível no planeta. Sendo que 70% de todo esse volume encontra-se na região da Amazônia, 15% no Centro Oeste, 6% no Sul, mais 6% no Sudeste e apenas 3% no Nordeste. Apesar de possuir uma das maiores quantias de água doce, o país não está imune em relação aos problemas e dificuldades que envolvem esse elemento. Entretanto, mesmo sendo o país mais rico em água, sua distribuição é desigual. Há fartura em regiões pouco habitadas, como a Amazônia, e escassez nas áreas mais populosas, contando ainda com as regiões que sofrem com a seca.

De acordo com a OMS - Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000a), no mundo cerca de 1,1 bilhão de pessoas estão sem acesso ao abastecimento de água e 2,4 bilhões sem acesso ao saneamento, sendo que a maioria dessas pessoas encontram-se no continente asiático. A qualidade da água disponível às populações reflete diretamente na saúde publica, ainda conforme a OMS, a água é essencial para a sustentação da vida e o fornecimento seguro e adequado deve estar disponível a todos; melhorando o acesso a água potável é possível obter grandes benefícios à saúde.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), é recomendado um consumo médio de 50 litros diários por habitante. Entretanto existem alguns países em que esse índice não passa de 5 litros. Já em regiões mais desenvolvidas, uma pessoa chega a usar em média 400 litros de água por dia. No Brasil essa média *per capita* consumida diariamente é de 187 litros de água.

A menos que sejam tomadas medidas radicais para modificar o modo como às águas são manipuladas, as perspectivas são desanimadoras. Por volta de 2025, o mundo pode enfrentar uma grave falta de água. A consequência disso será a queda na produção de alimentos, o que levará à desnutrição, às doenças e a um desastre ecológico (CLARKE e

KING, 2003). Ainda de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2012), se continuar inalterada a tendência atual, 1 bilhão e 800 milhões de pessoas estarão vivendo com escassez absoluta de água, e 2/3 da população mundial pode passar a viver sob condições de escassez moderada, por volta de 2025.

Conforme Tundisi (2005), mesmo dependendo da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas a poluem e degradam. A diversificação dos usos múltiplos da água, o despejo de resíduos em corpos hídricos e a destruição das áreas alagadas e das matas ciliares têm produzido contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água.

Através das estimativas acima, é possível observar que a tecnologia e os sistemas de serviço de saneamento público, em particular nas nações industrializadas ricas, permitem que as pessoas usem mais água do que elas realmente necessitam. Um exemplo desse fato é a descarga de banheiro, que é considerada uma grande prova de desperdício. As médias variam de 6 a 30 litros de água usados, dependendo do tipo de descarga, considerando ainda que a água foi tratada antes de ser utilizada para esse propósito.

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP (2010), uma bacia sanitária com válvula de pressão e tempo de acionamento de 6 segundos gasta a média de 12 a 16 litros de água. Já bacias sanitárias por acionamento e com válvulas acopladas (fabricadas a partir de 2001), necessitam um tempo de acionamento 50% menor para efetuar a limpeza, neste caso pode-se chegar a volumes de 6 litros por descarga. Existe ainda o sistema da bacia com duplo acionamento, que controla a quantidade de água para cada função. Com dois botões distintos, o acionamento se dá de duas formas: com a utilização de três litros de água para a remoção de dejetos líquidos e de seis litros para dejetos sólidos. Entretanto, se a válvula estiver defeituosa ou desregulada, pode-se chegar a gastar 30 litros de água por descarga.

De acordo com Manual da PEGAE – Programa Estadual de Gestão de Águas e Esgotos, um banheiro gasta por volta de 75% da água consumida em uma residência, sendo 40% gastos pelo vaso sanitário. Com base nessas informações, é possível observar que há um grande desperdício de água em relação às descargas dos sanitários.

4.2.2 Esgoto Sanitário

De acordo com a NBR 9648 (ABNT,1986), esgoto doméstico é um despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Deste modo, caso não haja destinação adequada ao mesmo, este acaba constituindo em um perigoso risco ao meio ambiente e a foco de disseminação de doenças.

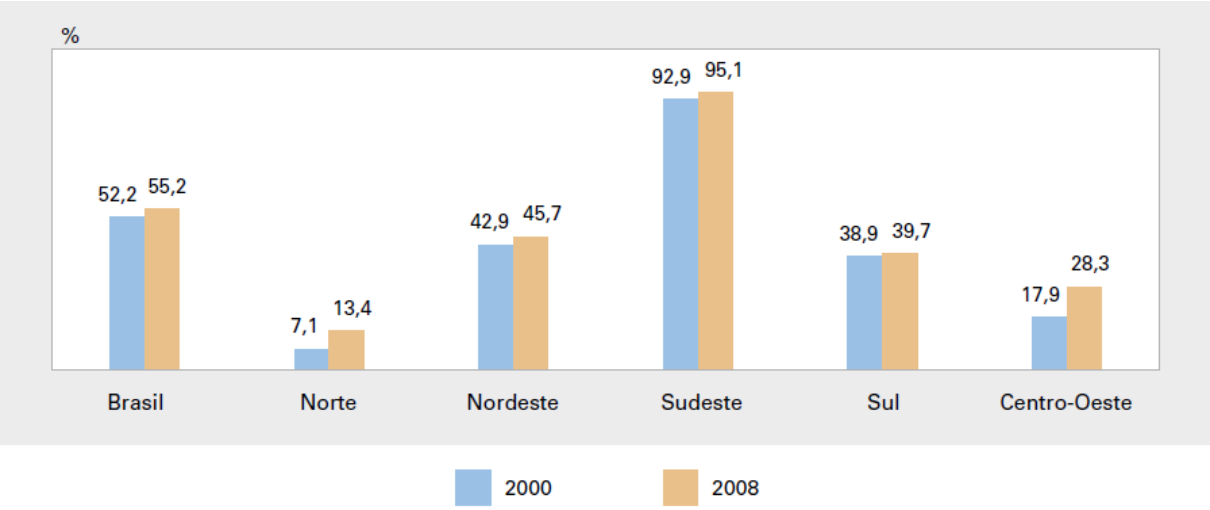
Segundo Jordão e Pessoa (1995), o esgoto doméstico compõe-se basicamente de resíduos gerados pelo homem (fezes e urina), papel, restos de comida, sabão e águas de lavagem. Contém muitos sólidos flutuantes: grandes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papéis, grãos, etc.) e microscópicos (matéria coloidal). O esgoto fresco é cinza, turvo e com pouco, mas desagradável odor. Em climas quentes, o esgoto perde rapidamente o oxigênio dissolvido, tornando-se séptico. Este tem um odor mais forte, devido à presença de gás sulfídrico.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água e 0,1 % de sólidos. Destes 70 % são sólidos orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras) e 30 % sólidos inorgânicos (areia, sais e metais). A água em si nada mais é que um meio de transporte das inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente (JORDÃO & PESSOA, 1995).

O destino final do esgoto é, geralmente, o encaminhamento a um corpo de água, muitas vezes em sua forma bruta. Em consequência desse lançamento, podem aparecer alguns inconvenientes, como o desprendimento de maus odores, a presença de sabor na água potável, a mortandade de peixes e a ameaça à saúde pública. Via de regra, tais impactos são mitigados ou evitados quando o esgoto é submetido a tratamento prévio adequado (ALMEIDA, *et al*, 2010).

Segundo os dados levantados em 2008 pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), a situação do esgotamento sanitário dos municípios, desde a última pesquisa realizada em 2000, ainda é pouco satisfatória. Em 2008, apenas a Região Sudeste registrava uma elevada presença de municípios com rede coletora de esgoto (95,1%). Em todas as demais, menos da metade dos municípios a possuíam, sendo a maior proporção observada na Região Nordeste (45,7%), seguida pelas Regiões Sul (39,7%), Centro-Oeste (28,3%) e Norte (13,4%), como mostra o Gráfico 1.

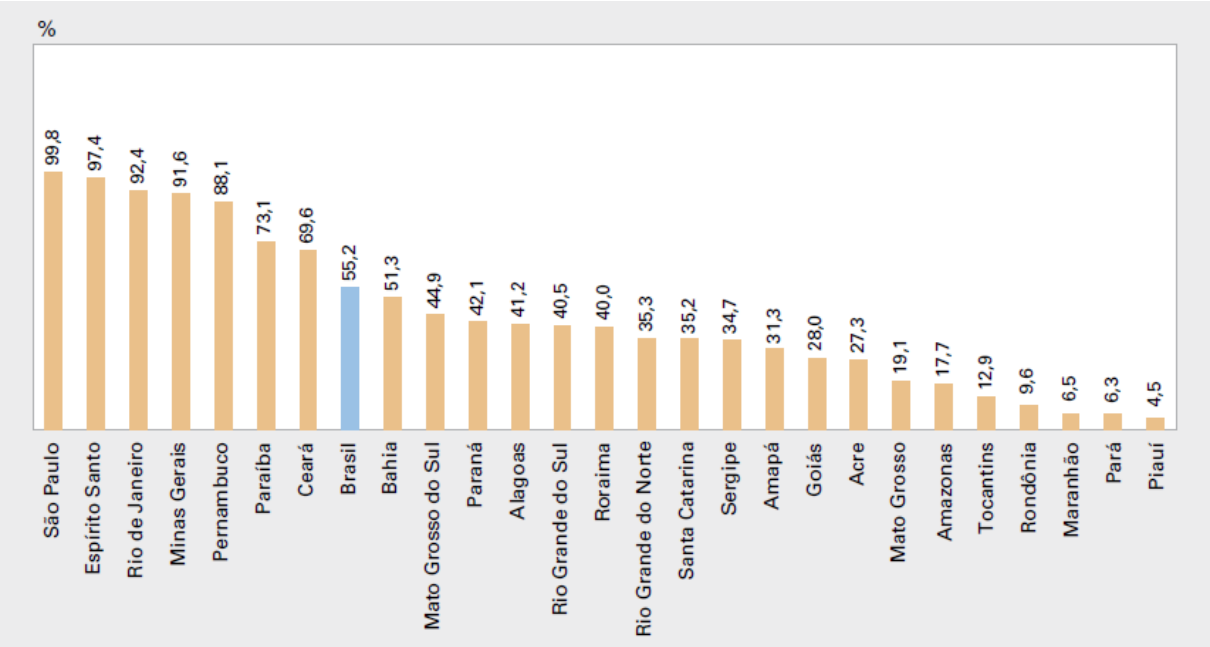
Gráfico 1 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000/2008.

De acordo com o Gráfico 2 das 26 Unidades da Federação, em apenas oito, mais da metade dos municípios possuíam rede coletora de esgoto, sendo os extremos representados pelos Estados de São Paulo (99,8%) e Piauí (4,5%).

Gráfico 2 - Percentual de municípios com rede coletora de esgoto, em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação - 2008



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

De 2000 a 2008, houve um pequeno aumento no número de municípios com rede coletora de esgoto, mas nas Grandes Regiões alguns avanços foram consideráveis. Na Região Norte, a proporção quase dobrou no período, passando de 7,1%, em 2000, para 13,4%, em 2008. Houve também um aumento significativo na Região Centro-Oeste, de 17,9% para 28,3%. Tais melhoras, porém, pouco impactaram no resultado do Brasil, porque essas duas regiões respondem por um percentual pequeno do total dos municípios brasileiros. Nas regiões com maior número de municípios – Sudeste e Sul – as melhoras foram pouco signifi cativas: no Sudeste, de 92,9% dos municípios atendidos, em 2000, passaram para 95,1%, em 2008; no Sul, de 38,9% para 39,7%, respectivamente. Na Região Nordeste, também houve pouca variação na cobertura desse serviço, que passou de 42,9%, em 2000, para 45,7%, em 2008(IBGE, 2008).

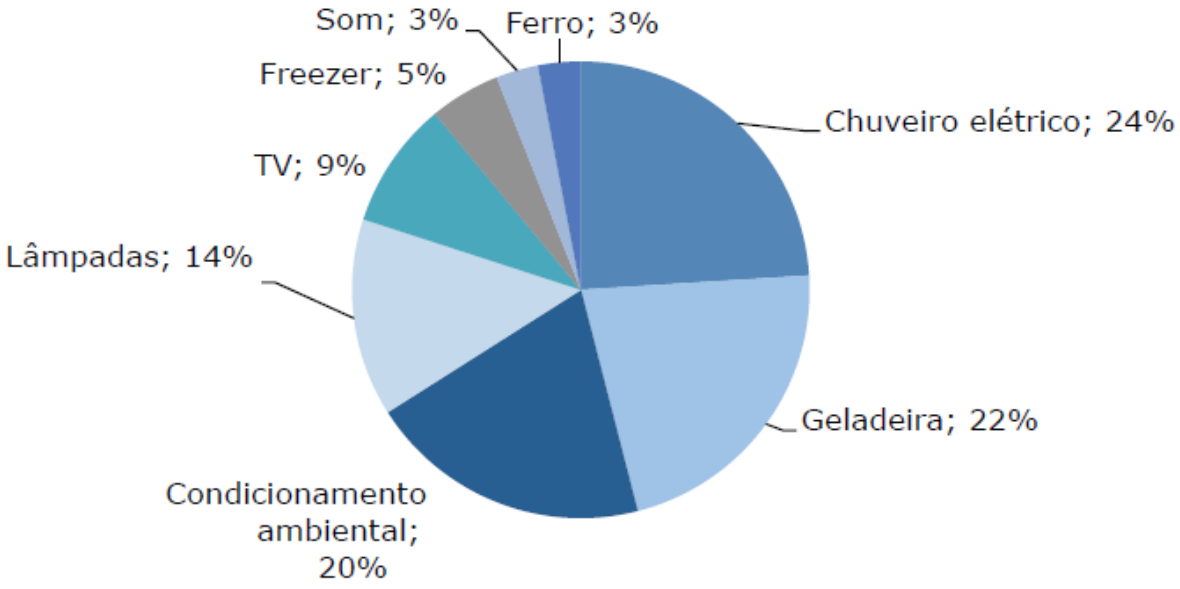
4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A radiação solar é essencial a toda a vida na Terra. Através de processos térmicos e fotovoltaicos, a energia solar tem o potencial de satisfazer a maior parte da nossa demanda por aquecimento de água e de ambientes, calor para processos industriais e eletricidade. Dentre estas aplicações, o aquecimento de água pode ser feito com facilidade por meio da utilização de aquecedores solares.

De acordo com dados da mais recente Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH), realizada em 2005 e publicada em 2007, fruto do contrato assinado entre a Eletrobras e o Banco Mundial, foi possível estimar em 24% a participação do chuveiro elétrico no consumo total de energia elétrica na classe residencial.

Isso quer dizer que, de toda a energia elétrica entregue a essa classe de consumo, quase um quarto é para aquecimento de água para banho. Avaliando uma residência pequena com quatro moradores, o chuveiro elétrico pode responder por até 45% do consumo de energia elétrica durante os meses mais frios e por cerca de 30%, quando a potência do chuveiro pode ser reduzida, num período mais quente do ano. Essa participação pode ser menor em casas onde a posse de equipamentos é mais ampla. No Gráfico 3, pode ser vista como é a participação dos eletrodomésticos mais importantes no consumo médio domiciliar no Brasil (Eletrobras Procel, 2007).

Gráfico 3 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial



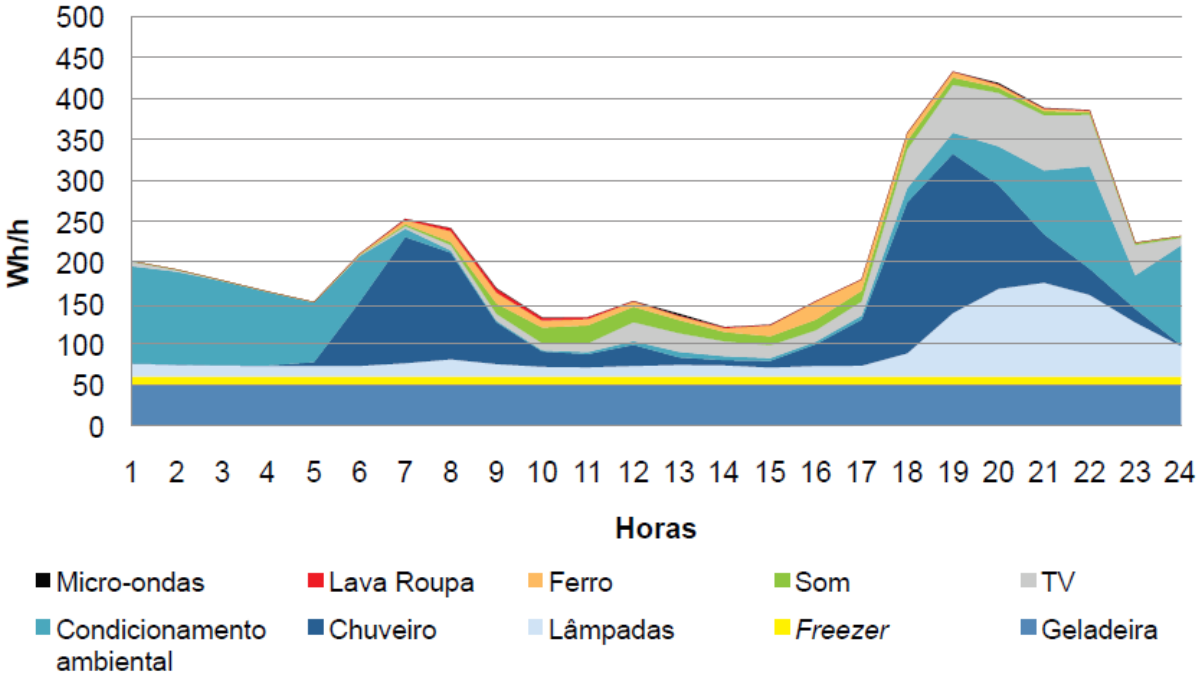
Fonte: Eletrobras Procel, (2007)

Observando o Gráfico 4 da curva de carga diária média residencial, constata-se que o chuveiro elétrico é usado praticamente em todos os períodos do dia. Porém, é no horário de ponta do sistema, período este composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga do seu sistema elétrico (Aneel Resolução Normativa no 414/2010), que se observa maior uso desse equipamento. (Eletrobras Procel, 2007)

O Gráfico 5 consolida as fontes energéticas utilizadas para aquecimento de água nas residências brasileiras, de acordo com a PPH. Apenas 0,4% do aquecimento é realizado por energia solar, 1,6% dos entrevistados não sabem ou não responderam a pesquisa, representados por NS/NR.

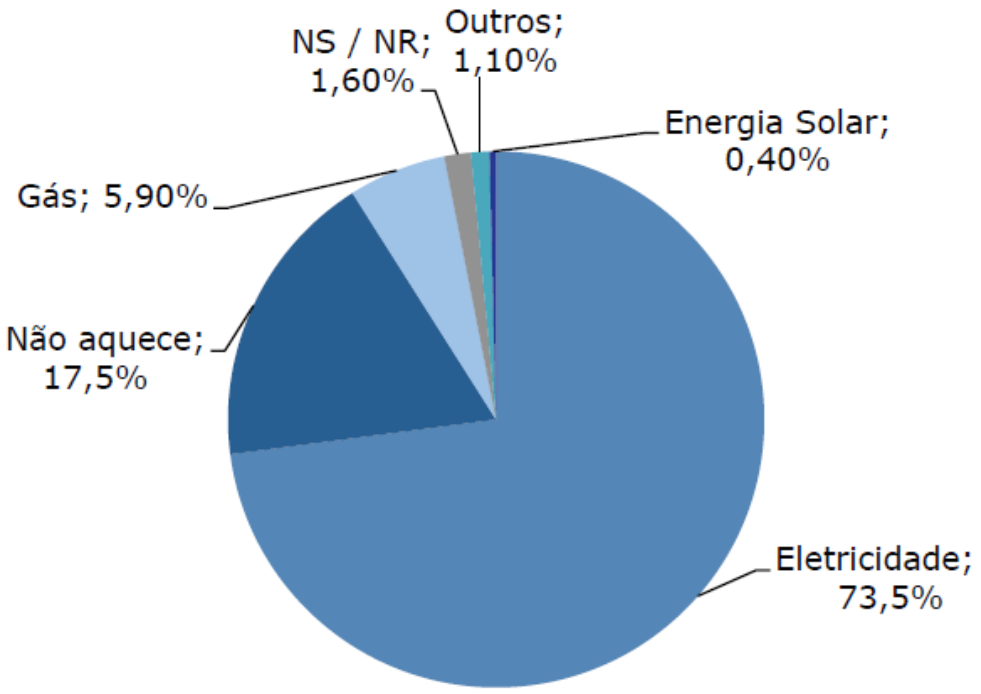
Percebe-se que o aquecimento de água na maioria das residências brasileiras é feito por chuveiros elétricos, equipamentos de grande consumo de energia elétrica ao longo de sua vida útil e que geram importantes demandas de capital para o setor elétrico.

Gráfico 4 - Curva de carga média residencial.



Fonte: Eletrobras Procel, (2007)

Gráfico 5 - Aquecimento de água nas residências brasileiras



Fonte: Eletrobras Procel, (2007)

5 PERMACULTURA

> A permacultura é o design consciente de ecossistemas de produção agrícola e de conservação energética, estabelecidos com resistência, estabilidade, dinâmica e diversidade de sistemas naturais, como florestas ou pastagens. Tais sistemas provem para a necessidade própria, não poluem ou exploram e desta forma são sustentáveis. (MOLLISON, 1990).

O termo é derivado de *Permanent Agriculture*: Agricultura Permanente ou *Permanent Culture*: Cultura Permanente; foi sintetizado por Bill Mollison e David Holmgren em meados de 1970. É um sistema de design aplicado, interdisciplinar, com metodologia baseada em princípios ecológicos para criar comunidades humanas sustentáveis, através de sistemas integrados de plantas, animais, água, edificações e de energias renováveis. Faz um resgate de técnicas e conhecimentos ancestrais e os aplica junto com conhecimentos e tecnologias modernas das áreas, principalmente, de ciências agrárias, engenharias, arquitetura e ciências sociais, todas abordadas sob a ótica da ecologia.

A Permacultura se ergue sobre quatro pilares básicos: alimento, água, energia e abrigo. Estes quatro temas são o que há de mais essencial para um ser humano sobreviver. Em outras palavras, se aplica na produção de alimentos limpos, segurança hídrica e saneamento básico, bioconstrução (construções naturais) e energias renováveis. Como é um sistema de design pode ser usado para replanejar, redesenhar funcionalmente, sistemas sociais, ambientes construídos, práticas ecológicas e agriculturais para formas de desenvolvimento mais responsáveis e conectadas com o planeta. Ou seja, planejar conscientemente paisagens de forma que imitem padrões e relações encontrados na natureza, produzindo abundância de comida para a provisão de alimentos, fibras e energia.

As técnicas de Bioconstrução são métodos de construção onde se prioriza a utilização de materiais naturais e de tecnologias populares. Além disso, a biocontrução visa a utilização de materiais ecológicos, diminuindo o impacto ao ambiente através da adaptação de técnicas da arquitetura ancestral, dentre elas algumas com alguns séculos de existência, tendo como principal característica a utilização de materiais locais, reduzindo custos com fabricação e transporte, e assim construindo habitações com custo reduzido e que ofereçam um excelente conforto térmico (SOARES, 2005).

De acordo com André Soares, permacultor e fundador do Ecocentro IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado), a Bioconstrução apresenta métodos naturais de construção que buscam a integração do homem com o ambiente através da:

- Análise do ciclo de vida de cada material utilizado;
- Análise de onde vem cada material e pra onde vai;
- Não utilização de materiais tóxicos (coadjuvantes) e descartáveis;
- Valorização dos materiais locais;
- Utilização de técnicas inteligentes de materiais de mercados industriais;
- Racionalização do uso da água e promover tratamentos naturais dos efluentes (esgoto)– reciclagem e reuso;
- Busca pela utilização de fontes de energias renováveis e trabalhar com eficiência energética através de desenhos arquitetônicos bioclimáticos.

Sendo assim a ideia central da Bioconstrução é promover um fluxo harmônico das construções com as condições e recursos disponíveis no local.

Através da descentralização dos sistemas de abastecimento de água e saneamento básico diminui drasticamente a degradação dos corpos d'água, tão comum quando aplicam-se os métodos convencionais. Quanto ao abastecimento energético as soluções são as mais criativas e eficientes que possuímos até o momento. O próprio desenho das edificações, planejado para a eficiência energética, gera grande economia, ou até a independência, de fontes de energia não renováveis.

A permacultura está diretamente relacionada com o desenvolvimento sustentável, pois procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, possibilitando que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.

Para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, é crucial harmonizar três elementos centrais: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente. Esses elementos são interligados e fundamentais para o bem-estar dos indivíduos e das sociedades.

6 ECOTÉCNICAS

Ecotécnicas são técnicas de melhor aplicabilidade de materiais, agredindo menos possível o meio ambiente. Por isso, é recomendável utilizar materiais de construção locais que são de baixo impacto ambiental, devido ao mínimo de processamento. O estudo de técnicas ecoeficientes foi realizado em busca de quantidades mínimas de utilização de energia para o funcionamento de uma moradia, mas mantendo a casa confortável para habitação. E ainda, antes de se aplicar uma ecotécnica a um ambiente, deve-se estudar sua viabilidade econômica, ou seja, se a técnica sustentável irá retornar o investimento e quanto tempo isso levará (PALMA, 2012).

A seguir serão analisadas as ecotécnicas de construção com terra, banheiro seco e aquecedor solar de baixo custo. Essas técnicas foram escolhidas devido ao seu fácil funcionamento e principalmente devido a possibilidade de incorporação de materiais recicláveis em sua construção.

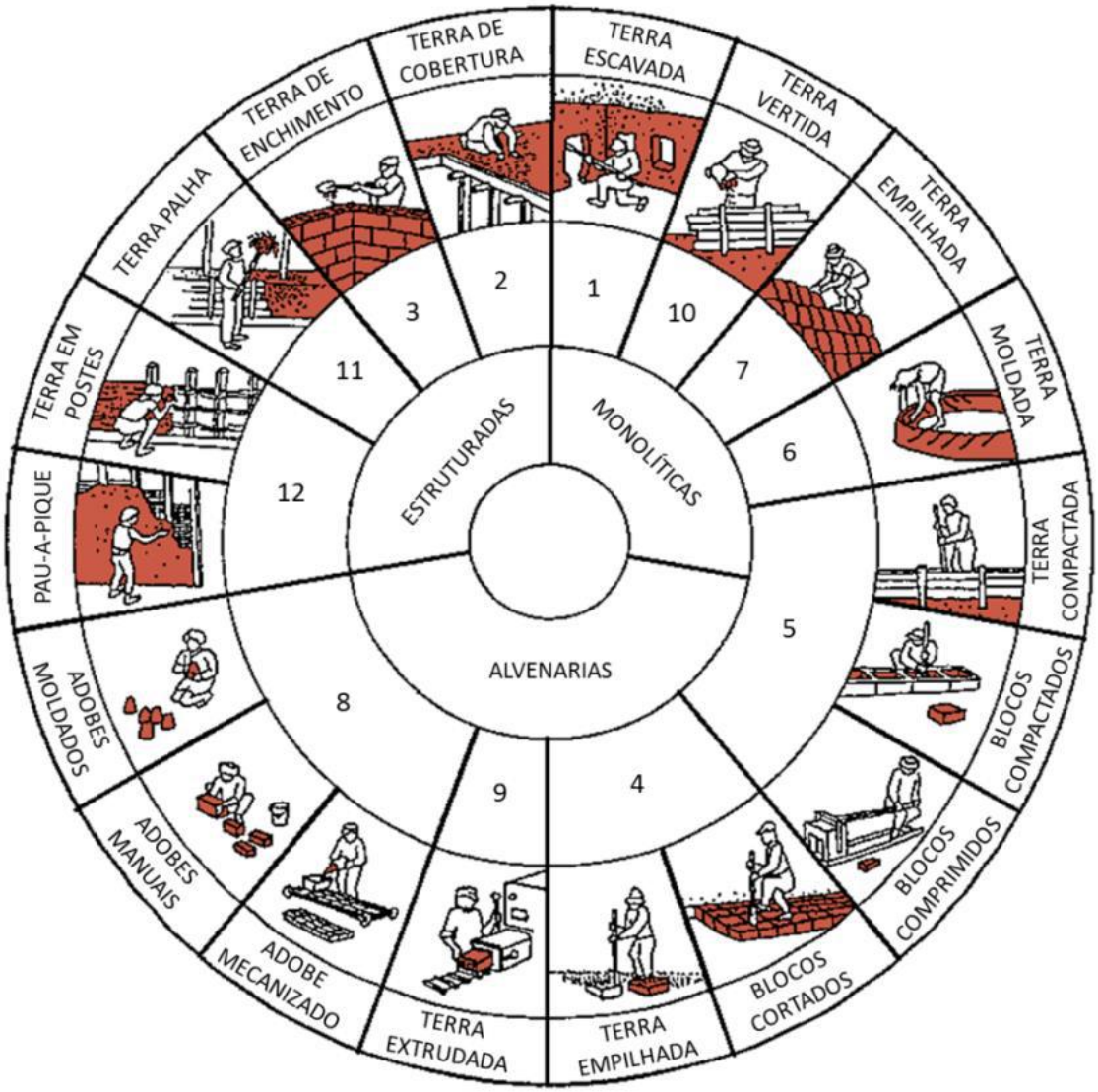
6.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM TERRA

A terra é um material de construção tão antigo como a própria humanidade. É a base de alguns dos monumentos e conjuntos arquitetónicos mais valiosos e interessantes do mundo, como a aldeia de Ait-Bem- Haddou, em Marrocos, a mesquita de Djenné, no Mali, a cidadela de Chan Chan, no Peru, ou a cidade antiga de Shibam, no Iémen, todas classificadas como património mundial pela UNESCO. A terra foi utilizada como material de construção em todos os continentes, o que lhe dá um caráter claramente universal. A sua importância ressalta também do facto de, na atualidade, cerca de 30% a 50% da população mundial vive ou trabalha em construções de terra (GONÇALVES, 2014).

Ainda de acordo com a autora as técnicas tradicionais baseadas no uso da terra crua são técnicas vernaculares, pois utilizam materiais disponíveis no próprio local da construção e, de uma forma geral, recursos locais. Por essa razão, apresentam normalmente variações acentuadas de região para região, podendo mesmo haver diferenças significativas entre construções situadas em terrenos próximos. Não obstante, é possível efetuar uma classificação genérica dos seus principais sistemas construtivos.

Existem diversas técnicas construtivas de arquitetura e construção com terra, na Figura 3 é feita uma diferenciação de acordo com a forma que a terra é trabalhada.

Figura 3 - Técnicas de construção com terra.



Legenda:

1	CAVAR	4	CORTAR	7	EMPILHAR	10	VERTER
2	COBRIR	5	COMPRIMIR	8	MOLDAR	11	ENFORMAR
3	PREENCHER	6	ESCULPIR	9	EXTRUDAR	12	GUARNECER

Fonte: (DOS SANTOS, 2015)

As técnicas praticadas hoje usam a sabedoria tradicional, mas também equipamentos elétricos e materiais sintéticos. A escolha por qual técnica usar depende diretamente do tipo de solo disponível e da cultura construtiva de cada região (NEVES E FARIA, 2011).

Segundo dos Santos (2015) por serem técnicas antigas e muito utilizadas, já existem estudos, literatura e normas a cerca de estratégias para o melhor desempenho destas técnicas. Assim, será feita uma descrição sucinta de algumas destas técnicas, em suas utilizações

tradicionais e modernizações, a fim de apresentá-las e fazer um comparativo de vantagens e desvantagens.

6.1.1 Adobe e Bloco de terra comprimida

Adobe é uma das formas mais antigas de construção com terra. Construções com adobe ainda estão em uso em todos os continentes habitados. O adobe é uma mistura de argila, areia, água e palha, geralmente em formato de tijolo. A mistura da matéria-prima é colocada em fôrmas que secam ao sol e depois da cura, são retiradas prontas para o uso (BRANDÃO, 2009).

A terra empregada deverá conter, no mínimo, 10% de argila, mas o ideal são 20%. Em caso de subsolo rico em areia, deve ser utilizada uma porção de calcário (cal). Depois de preparado, o adobe é deixado ao sol para secar, o que em geral leva de 15 a 20 dias, dependendo da região e do clima. O trabalho de construção com o adobe é semelhante ao realizado com o tijolo convencional, porém, em vez de se assentar com argamassa industrial, utiliza-se argamassa de terra. É um método de construção natural muito econômico, resistente e de grande durabilidade, desde que um bom teto proteja as paredes da umidade e da chuva. Como desvantagem, aponta-se o longo tempo que leva para ser confeccionado (BRASIL, 2005a).

O adobe tem como características principais: capacidade de produzir conforto térmico, confecção simples (sem necessidade de mão-de-obra tecnicamente qualificada), rapidez de aplicação, uso de material regional e baixo custo. Além disso, é possível fazer blocos com qualquer solo, eles não exigem uma medida precisa de argila e areia (BRANDÃO, 2009).

Contudo segundo Vieira (2015) o adobe também possui alguns pontos negativos: só pode ser aplicado em ambientes propícios, que tenha argila e areia no solo e condições climáticas favoráveis, outro ponto é a vedação, que por sua vez se torna altamente necessária na aplicação dessa técnica, pois como possui palha em sua composição, isso pode propiciar a estalagem do transmissor da doença de chagas, o barbeiro. A Figura 4 apresenta o processo de construção de blocos em adobe.

Figura 4 – Construção de blocos estruturais em adobe.

Fonte: (BRANDÃO, 2009).

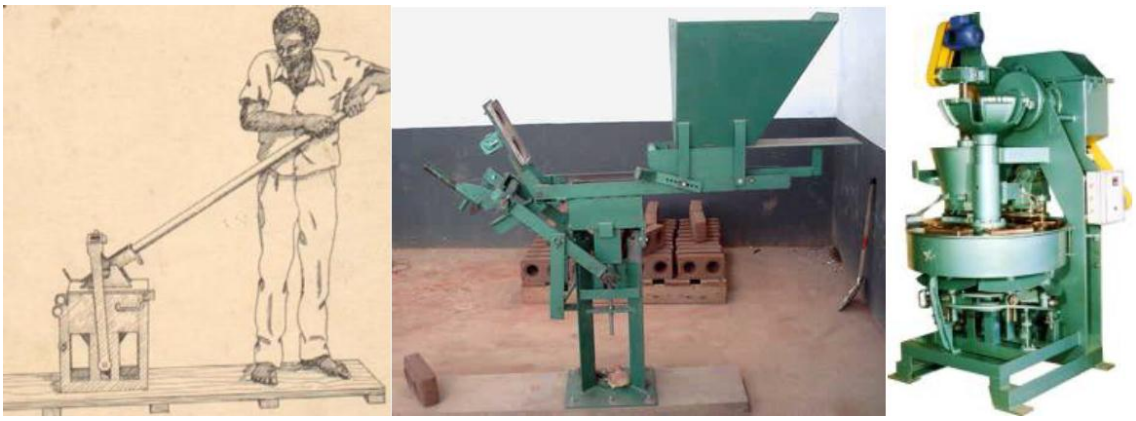
Já os blocos de terra comprimidos (BCT), ou blocos prensados são compostos de uma mistura ideal de argila, areia e água colocada em um prensa manual ou automatizada, com desmolde imediato (NEVES E FARIA, 2011). Os blocos podem ser feitos em vários formatos, conforme mostrado na Figura 5, de acordo com o uso pretendido.

Figura 5 - Modelos de blocos de terra comprimida.

Fonte: (NEVES E FARIA, 2011)

Este método passou a ser utilizado na década de 1950, após a criação uma prensa manual para fabricação de tijolos CINVA-RAM desenvolvida pelo pesquisador Colombiano, G. Ramires (BARBOSA, MATTONE E MESBAH, 2002). Atualmente existem diversos tipos de prensas manuais e automatizadas, como as da Figura 6.

Figura 6 - Tipos de prensa para blocos de terra comprimida: CINVA-RAM, manual e automatizada.



Fonte: (NEVES E FARIA, 2011).

O bloco de terra comprimida também é conhecido pelo nome 'tijolo ecológico', uma vez que não precisa ser queimado. O formato e os encaixes contribuem para se manter o controle do prumo. Já os blocos estabilizados não necessitam revestimento, gerando economia. A Figura 7 mostra uma casa feita com BTC.

Figura 7 - Casa feita com blocos de terra comprimida (BTC).

Fonte: (DOS SANTOS, 2011).

Devido à praticidade, essa tecnologia tem sido muito usada para habitações de interesse social. Hunter e Kiffmeyer (2004) afirmam que muitas comunidades do terceiro mundo foram tiradas da pobreza e do desabrigo pela introdução desta técnica.

6.1.2 Cob e Cordwoord

Cob ou cobe é um nome genérico para as técnicas de construção onde as paredes são levantadas sem formas ou moldes. O cob é uma técnica tradicional semelhante ao adobe, podendo ser aplicada a todos os tipos de climas. As paredes de cob são autoportantes, possuindo a base mais espessa que o topo (secção trapezoidal). As paredes servem como massa térmica, fazendo com que a construção tenda a ficar quente no inverno e fresca no verão. O cob é a prova de fogo, resistente a atividade sísmica e com custo de matéria-prima quase nulo. (BRANDÃO, 2009)

De acordo com Brandão esta é uma das técnicas mais fáceis de ser executada, propiciando também, uma maior variedade de formas e até mesmo a execução de ornamentos e mobiliários (como bancos, por exemplo). A Figura 8 apresenta o processo construtivo de alvenaria em cob.

Figura 8 – Construção de alvenaria em cob.

Fonte: (BRANDÃO, M.G.S., 2008).

Nesta técnica o conteúdo e a consistência da 'massa' de terra desempenham um papel importante. Considerando que as características de cada solo variam de local para local, a fim

de construir, é preciso verificar as proporções de argila do solo e areia antes de começar. O solo pode ter proporção volumétrica de até oitenta e cinco por cento (85%) de areia e quinze por cento (15%) de argila (SANTOS, LIBRELOTTO E JACINTHO, 2013a). A Figura 9 mostra o interior de uma casa construída em cob.

Figura 9 – Interior de casa em cob.

Fonte: (TRABBOLD, 2012)

A mistura para cob é feita com solo peneirado (16 partes), água (3 partes), os resíduos agrícolas ricos em sílica, tais como palhas e cascas de arroz (para secar), e outros aditivos, como a seiva de cactos e estrume (para dar liga), quando disponível. Esta mistura (até agora chamado 'mistura de terra' ou 'barro') deve ser feita em cima de uma lona resistente. Uma maneira eficaz é misturar os elementos com os pés. Fãs da técnica chamam esse procedimento de "a dança do cob". A mistura está pronta quando, puxando num lado da lona, a mistura dobrada mantém duas camadas distintas. As paredes são feitas deixando-se cair punhados de massa terra ao longo da parede. Quando eles batem na parede, devem-se enfiar os dedos, fazendo buracos, para que a próxima camada possa preencher os buracos e se aderir ao anterior (BEE, 1997).

Para ser maleável, a mistura deve estar úmida e se deve esperar a secagem de uma fiada antes de aplicar a próxima.

Cordwood, ou parede de lenha, é feita colocando-se toras curtas de madeira empilhadas e usando como argamassa uma massa de terra similar à usada no cob (SANTOS, LIBRELOTTO E JACINTHO, 2013a). A Figura 10 mostra uma parede em *cordwood.*

Figura 10 - Casa de *cordwood* em construção.

Fonte: (ECODHOME, 2011)

6.1.3 Superadobe e Hiperadobe

A técnica do superadobe foi criada pelo arquiteto iraniano Nader Khalili, em 1984. Esta técnica foi apresentada em um simpósio realizado pela Agência Espacial Norte Americana - NASA, intitulado "Bases Lunares e Atividades Espaciais do Século XXI", que reuniu arquitetos e engenheiros para a discussão da viabilidade de construções na lua. O superadobe se destacou como uma das melhores soluções arquitetônicas. Suas principais vantagens são: qualidade física por utilizar grande parte dos materiais no próprio local evitando o transporte de materiais; propiciar conforto térmico; e evitar grandes extorsões no meio ambiente na realização da construção (BRANDÃO, 2009).

O superadobe é formado por sacos de propileno e terra que contenham areia, argila e matéria orgânica. Os sacos são sobrepostos, montando o formato das paredes. Por se tratar de uma técnica simples, o superadobe não necessariamente necessita de mão-de-obra

especializada, favorecendo assim a realização de mutirões em construções que não necessitem de contratação de mão de obra, eliminando grande parte dos gastos na construção. Entretanto, mesmo não sendo necessária uma mão de obra específica, o superadobe é uma técnica que necessita de muita força e resistência física, pois a execução do processo demanda muita energia dos usuários, tanto quem leva a terra, tanto quem preenche os sacos (VIEIRA, 2015).

Segundo Vieira (2015) ainda existem outros problemas, como a dificuldade na execução do acabamento, seja com o reboco de cimento ou acabamentos naturais, e também tem a questão do deslizamento entre as camadas, pois os sacos de polipropileno proporcionam um baixo atrito, e assim precisam usar arame farpado para garantir a aderência necessária. A Figura 11 mostra o processo construtivo de uma parede em superadobe.

Figura 11 – Construção de parede estrutural em superadobe.

Fonte: (BRANDÃO, M.G.S., 2008)

Em algumas construções, segue-se com o superadobe até a cobertura, formando uma espécie de iglu, como na Figura 12. Para a cobertura pode-se utilizar outra técnica construtiva, como, telhados tradicionais de madeira cobertos por telhas. O alicerce deve ser feito com pedras ou concreto, protegendo a base da alvenaria, contra a umidade ou outras patologias (BRANDÃO, 2009).

O acabamento do superadobe (regularização das paredes) pode se feito com a mesma mistura utilizada para o preenchimento do saco, porém deve ser mais úmido (argamassa natural).

Figura 12 – Superadobe até a cobertura.

Fonte: (EARTH HOME BUILDER, 2014)

Segundo Dos Santos et. al. (2015, p. 116) –Em 2006 o engenheiro brasileiro Fernando Soneghet Pacheco, em parceria com a empresa Citropack©, alterou o tipo de sacaria, substituindo os sacos contínuos de polipropileno tecido (PP-T) por sacos contínuos de tela de polietileno de alta densidade em malha Raschel (PEAD-MR).” Os sacos de PP-T e PEAD-MR são mostrados na Figura 13.

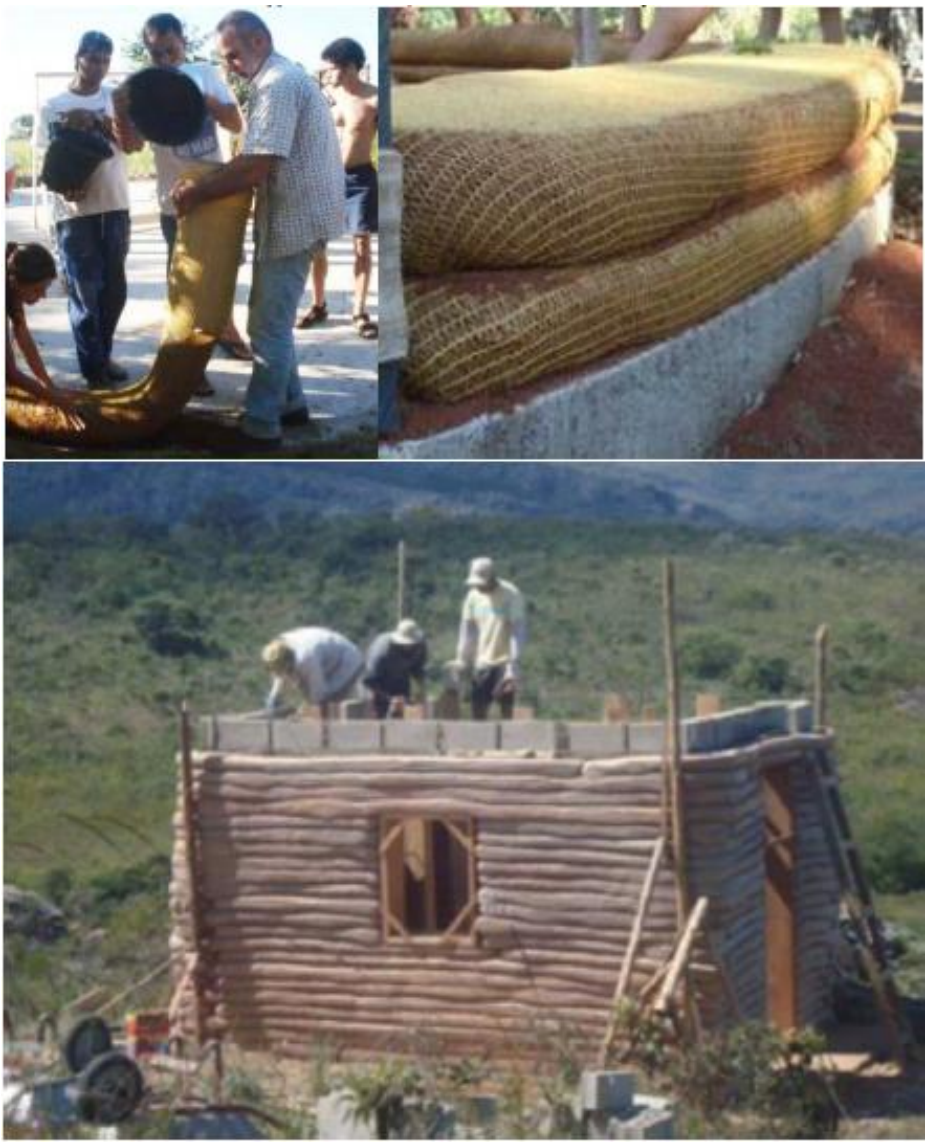
Figura 13 - Tecido plástico (PP-T) e tela plástica (PEAD-MR).

Fonte: (DOS SANTOS, 2015)

O PEAD é menos rígido, menos resistente a altas temperaturas e um pouco mais denso do que o PP (0, 941 a 0, 965 g/cm³ (PEAD) contra 0,90 a 0,92 g/cm³ (PP)). No entanto os tubos de PP tecido têm densidade maior do que os de tela de PEAD em malha Raschel. Assim, essa mudança permitiu a redução do uso de plástico, bem como a dispensa do arame

farpado e uma melhor fixação do reboco. Também resolveu o problema de a técnica não ser considerada construção com terra por comunidades que consideram construção com terra somente aquelas que usam argila como ligante, já que a argila se comunica através das fiadas. Pacheco batizou esta técnica de *hiperadobe*, fazendo menção ao *superadobe* de Khalili (DOS SANTOS, 2015). A construção em hiperadobe é mostrada na figura 14.

Figura 14 - Hiperadobe em construção.



Fonte: (EARTHBAG BUILDING, 2015); (PACHECO, 2012)

6.1.4 Taipa de pilão

A taipa de pilão é conformada por uma mistura de argila, areia, água e palha apiloadas (socadas), comprimida entre taipais, que são fôrmas de madeira ou aço desmontáveis,

removidas logo após estar completamente seca. Como resultado, tem-se uma parede de um material incombustível, com resistência comparada à do cimento, isotérmico natural e com baixo-custo. Em alguns casos, adiciona-se cal à mistura para controlar a acidez da argila, que varia de acordo com a origem do material utilizado na mistura (BRANDÃO, 2009).

Segundo Thaumaturgo (2000) essa técnica é considerada o mais sólido sistema de construção em terra crua, por conta das paredes serem construídas de forma inteira, monoliticamente.

A confecção das fôrmas é algo que requer atenção especial, pois estas devem ser resistentes para resistir até o fim da obra, o que gera custo e trabalho. A taipa também pode ser feita com fôrma perdida, ou seja, usando-se a fôrma uma única vez e deixando-a como parte integrante da parede. Esta é uma técnica razoavelmente flexível, podendo ser feita com formas retas ou curvas. (DOS SANTOS, 2015).

Atualmente, o processo de elevação das paredes (apiloamento), pode ser realizado com tecnologia mecanizada, produzindo paredes tão resistentes quanto às de concreto. A Figura 15 mostra algumas construções feitas com taipa de pilão.

Figura 15 – Construções com Taipa de pilão.

Fonte: (HEISE, 2015)

Comparada ao adobe, a taipa de pilão é muito mais resistente. Isto se dá, porque a compressão exercida sobre as camadas da parede faz com que estas, depois de secas, fiquem compactas, sólidas e impermeáveis. Além disso, a compactação faz com que as paredes

tenham baixa retração, o que evita o surgimento de trincas e rachaduras. Assim como o superadobe, apesar de não necessitar de mão-de-obra especializada, a taipa de pilão é bastante cansativa e demorada, uma vez que para o assentamento de cada fiada, são utilizados pilões para a compactação da mistura (BRANDÃO, 2009). A Figura 16 mostra o processo de construção de uma parede em taipa de pilão.

Figura 16 – Construção de parede em taipa de pilão.

Fonte: (BRANDÃO, M.G.S., 2008)

O Quadro 1 visa descrever através das análises feitas anteriormente, os pontos fortes e fracos de cada técnica da construção com terra.

Quadro 1 – Comparativo entre as técnicas de bioconstrução.

TÉCNICAS	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS
Superadobe	Alta capacidade de resistência aos intemperismos, devido a grossura e distribuição de peso das estruturas; Execução rápida; Baixo custo; Equilibrio na temperatura interna; Não necessita de mão de obra especializada, podendo ser executada em multirões, eliminando grande parte dos gastos.	Necessita de grande esforço físico, impossibilitando crianças e pessoas mais velhas na execução; Requer grande quantidade de terra, muitas vezes excedendo a quantidade disponível no local; Dificuldade no acabamento, sendo necessária a queima do saco para maior aderência; Deslizamento entre camadas, pois os sacos proporcionam baixo atrito, sendo necessário o uso de arame farpado; Fragilidade a umidade, por isso deve ser revestido por vedadores químicos; Limitação vertical, por conta da difícil execução da técnica em grandes alturas; Contração e rachadura do barro após secagem, ocorre pois geralmente o barro utilizado nessa técnica, tem menos argila que as outras.
Adobe	Possibilita construções em modelos praticamente iguais ao da construção convencional, substituindo os tijolos de olaria pelos de adobe; Baixo custo; Não necessita de mão de obra especializada, podendo ser executada em multirões, eliminando grande parte dos gastos. Equilibrio na temperatura interna;	Necessita-se de condições climáticas favoráveis para a confecção dos tijolos Necessita de cimento para a montagem dos tijolos na parede. Possui palha em sua composição, podendo propiciar a estalagem do ~~–b~~arbeiro", transmissor da doença de chagas.
COB	Totalmente moldável, virtude que estimula a criatividade, se tornando totalmente adequado para construções menores que compõe os interiores; Baixo Custo.	Necessita de grande quantidade de argila, muitas vezes sendo necessária a compra;
Taipa de Pilão	Resistente, pois possui paredes de 40 a 80cm de espessura; Constrói a parede inteira, favorecendo a uma melhor distribuição do peso; Pode dispensar o uso de reboco, pois as paredes ficam lisas, permitindo a aplicação da pintura.	Não pode ser executada em terrenos acidentados; Necessita de grande esforço físico, impossibilitando crianças e pessoas mais velhas na execução; Requer grande quantidade de terra, muitas vezes excedendo a quantidade disponível no local.

Fonte: VIEIRA, (2015)

6.2 BANHEIRO SECO

O banheiro compostável, também conhecido como banheiro seco ou sanitário ecológico é uma técnica de saneamento que não utiliza água para remover os dejetos, estes ficam armazenados em uma câmara onde passam por um processo de compostagem e o produto final pode ser utilizado como adubo. O composto obtido pode ser usado em jardins, ou como recurso agrícola. Esta alternativa respeita o ciclo natural dos elementos, contribui para a redução do consumo de água, e evita a contaminação desta por dejetos humanos (SÁ, 2011).

Um dos principais benefícios da utilização desta tecnologia é a solução de problemas dos sistemas hídricos sanitários, como a contaminação e desperdício de água, e a transformação dos dejetos em adubo orgânico e húmus. (TEIXEIRA e MOTTA, 2008).

Há duas formas de tratamento para os dejetos, a desidratação e a decomposição. Pela desidratação, geralmente não há mistura de fezes e urina. A urina é desviada para um coletor e as fezes são acumuladas em câmaras com adição de cinzas, cal ou terra para ajudar no processo de desidratação. No tratamento pela decomposição, ocorre um processo biológico em que microrganismos transformam as fezes em composto orgânico. Para ajudar no processo, deve ser adicionado serragem e restos vegetais. A temperatura e a oxigenação devem ser controladas para garantir as condições favoráveis a compostagem (Peasey, 2000).

6.2.1 Compostagem

Pereira Neto (2007) define compostagem como um processo biológico aeróbico e utilizado no tratamento e na estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus. Entende-se por composto orgânico o produto final da compostagem, ou seja, degradação, mineralização e humidificação de resíduos orgânicos, obtido através de processo aeróbico controlado. O processo é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos que, nas fases principais, degradação ativa e, posteriormente, maturação ou cura.

Húmus é uma substância marrom ou preta, resultado da degradação de material orgânico ou restos vegetais. É um material estável que não atrai insetos nem incomoda animais. Ele pode ser manuseado e armazenado sem problemas, e é benéfico para o crescimento de plantas. Húmus retém umidade, portanto aumenta a capacidade do solo de absorver e conter água. Diz-se que o composto contém nove vezes o seu peso em água (900%), enquanto a areia contém apenas 2%, e a argila 20% (JENKIS, 2005).

A decomposição da matéria orgânica por microrganismos ocorre pela incorporação de parte do C do tecido microbiano, enquanto o restante é liberado como CO2. O processo de decomposição também leva à conversão da forma orgânica de N a NH4 + e NO3 -. Os microrganismos utilizam parte deste N para síntese de células novas. A transformação gradual do material orgânico em matéria orgânica estável (húmus) conduz à estabilização da relação entre C e N (SÁ, 2011).

Por se tratar de um processo biológico, todos os fatores que afetam a atividade dos microrganismos, interferem no processo de compostagem. Estes fatores são a temperatura, oxigenação, relação C/N, umidade, pH e diâmetro de partícula, que estão intimamente inter-relacionados. Todos os fatores que influem no processo devem ser bem controlados para contribuir com a elevação da temperatura. O Quadro 2 mostra a temperatura e o tempo de exposição necessários para a destruição de alguns organismos patógenos.

De acordo com SÁ (2011), devem ser considerados dois aspectos importantes no projeto de um banheiro seco. O primeiro é a concepção de um sistema que permita que o material coletado na câmara permaneça em repouso por um determinado tempo, como um sistema de câmaras rotatórias, para que ocorra a degradação dos dejetos. O segundo é o aquecimento, um fator importante na desinfecção do material, que pode ser obtido por meios mecânicos ou através da instalação de chapas de aquecimento solar.

É importante que durante o uso do banheiro seco sigam-se algumas recomendações de funcionamento, evitando maus odores e contribuindo para a compostagem, no qual se destacam a separação de urina e adição de serragem.

Schönning e Stenström (2004) afirmam que o mau cheiro no banheiro será menor se a urina e as fezes forem mantidas separadas e isto resultará em um uso mais conveniente e aceitável do sanitário e manejo da excreta. O armazenamento da urina à temperatura ambiente é considerado uma opção viável de tratamento. O tempo recomendado de armazenamento a temperaturas de 4 a 20º C variam entre um e seis meses para sistemas de grande escala dependendo do tipo de cultivo a ser fertilizado. Para residências individuais, a urina pode ser aplicada diretamente a qualquer cultivo sem ser armazenada contanto que transcorra um mês entre a fertilização e a colheita, se a contaminação fecal cruzada for evitada. Deve-se evitar diluir a urina (SCHÖNNING E STENSTRÖM, 2004).

Quadro 2 - Temperatura e tempo de exposição necessária para a destruição de alguns organismos patógenos.

Organismo	**Observações**
Salmonella typhosa	Não cresce acima dos 46°C; entre 55 a 60°C morre em 30 minutos e a 60°C morre em 20 minutos.
Salmonella sp.	Morre em 1 hora a 55°C e entre 15 a 20 minutos a 60°C.
Shigella sp.	Morre em 1 hora a 55°C.
Escherichia coli	Maior parte morre em 1 hora a 55°C e entre 15 a 20 minutos a 60°C.
Entamoeba histolytica	Morre em poucos minutos a 45°C e em poucos segundos a 55°C.
Taenia saginata	Morre em poucos minutos a 55°C.
Trichinella spiralis, larvas	Morre rapidamente a 55°C; morre instantaneamente a 60°C.
Brucella abortus ou Br. Suis	Morre em 3 minutos a 62-63°C e em 1 hora a 55°C.
Micrococcus pyogenes var. aureus	Morre em 10 minutos a 50°C.
Streptococcus pyogenes	Morre em 10 minutos a 54°C.
Mycobacterium tuberculosis variedade Hominis	Morre em 15 a 20 minutos a 66°C ou momentaneamente a 67°C.
Corynebacterium diphtheriae	Morre em 45 minutos a 55°C.
Necator americanos	Morre em 50 minutos a 45°C.
Ascaris lumbricoides, ovos	Morre em menos de 1 hora por volta dos 50°C.

Fonte: SÁ, (2011)

Jenkis (2005) afirma que a urina contém muito nitrogênio e pouco carbono, sendo pouco atrativo para os microrganismos. A celulose das plantas é rica em carbono e, portanto produtos vegetais tais como palha, ervas ou mesmo papel, se picados a uma consistência apropriada, fornecerão o carbono necessário. Restos de cozinha são geralmente balanceados em carbono e nitrogênio, e podem ser adicionados diretamente à compostagem de humanure (material fecal humano e urina). A serragem (preferencialmente não torrada) é uma boa fonte de carbono para balancear o nitrogênio do humanure.

A implantação de banheiros secos compostáveis em áreas onde não existe coleta de esgoto como zonas rurais e periféricas, é uma alternativa simples, de baixo custo e que não

agride o meio ambiente. Segundo Jenkins (2005), técnicas de utilização dos dejetos humanos como adubo são utilizadas há milhares de anos pelos povos asiáticos; para eles os dejetos são vistos como um recurso natural, e não como um material residual.

Existem diversos modelos de banheiros secos que são comercializados em outros países e são adaptáveis a vários tipos de construções. No presente trabalho serão abordados: banheiros com sistema carrossel; banheiros com duas câmaras, banheiro modelo Bason e modelo Sun-Mar.

6.2.2 Banheiro com sistema carrossel

O sistema carrossel de banheiro seco, desenvolvido por EcoTech (Ecological Engineering Group) utiliza o processo biológico da compostagem rápida decomposição aeróbia por micro-organismos do ar e calor para quebrar resíduos orgânicos. A velocidade do carrossel de compostagem superior e a eficiência são o resultado de seu design patenteado, que possui quatro câmaras de compostagem rotativas mostradas na Figura 17.

Figura 17 - Câmaras de compostagem de um banheiro com sistema carrossel.

Fonte: (ECOLOGICAL-ENGINEERING, 2008)

O recipiente é constituído por um composto exterior e um recipiente interno rotativo. O recipiente interno é dividido em quatro câmaras, que são perfurados na parte inferior. Papel, excrementos, e, se desejado, resíduos de cozinha orgânicos são eliminados em uma câmara de cada vez. O líquido drena para o fundo do recipiente exterior, onde o ar aquecido, aspirado para dentro do recipiente, se evapora. O vácuo resultante assegura que nenhum odor escape para o quarto. Quando uma câmara está cheia, o próximo é transformado em posição,

assegurando que os resíduos frescos não perturbem o material de compostagem mais avançado (ECOLOGICAL-ENGINEERING,2008).

A Figura 18 mostra o vaso sanitário e o compartimento com as câmaras de compostagem do banheiro.

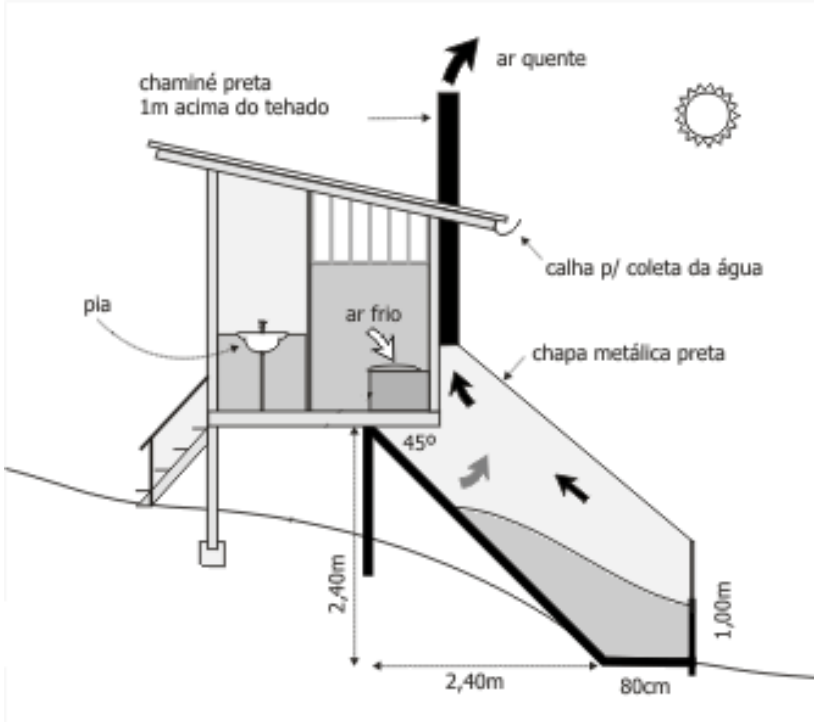
Figura 18 - Vaso sanitário e compartimento com as câmaras de compostagem.

Fonte: (ECOLOGICAL-ENGINEERING, 2008)

6.2.3 Banheiros Compostáveis com duas câmaras

No modelo com duas câmaras a cabine com os vasos sanitários está acima das câmaras de compostagem. Entre o assento sanitário e a câmara, existe uma rampa por onde descem os dejetos. A construção deve ser realizada deixando sempre as câmaras voltadas para a face Norte, aqui no hemisfério Sul, onde recebe mais irradiação solar, favorecendo o aquecimento da câmara. Na parte de traz do banheiro, onde estão as câmaras, há uma chapa metálica preta para garantir mais aquecimento do sistema. Existe também uma chaminé para a circulação do ar, que entra frio pela abertura do assento, é aquecido na câmara e sai pela chaminé. Este é o modelo mais conhecido, dentre os outros, no Brasil. (SÁ, 2011). Um esquema do modelo com duas câmaras é mostrado na Figura 19.

Figura 19 - Banheiro compostável com duas câmaras.



Fonte: (SETELOMBAS, 2006)

As câmaras precisam ser alternadas, no mínimo, a cada 6 meses, sendo esse o período recomendado à compostagem. Sempre após utilização do banheiro, deve-se adicionar uma fonte de carbono, como a serragem para absorver o excesso de líquido e evitar odores. A tampa do assento sanitário deve permanecer fechada quando não estiver em uso, para não atrair insetos.

Segundo Jenkins (2005), antes da utilização das câmaras deve-se criar uma ~~"e~~sponja biológica", uma espessa camada de material orgânico absorvente no fundo da câmara de compostagem, a uma profundidade de até 50% da sua capacidade. Esta camada será comprimida pelos dejetos depositados e pode ser constituída de palha, serragem ou fardos de feno. Esses materiais irão absorver o excesso de urina e devem ser adicionados após cada utilização, cobrindo os dejetos, para ajudar na oxigenação e promover a decomposição. Para a construção deste tipo de banheiro compostável, as medidas do sanitário devem ser definidas pelo tamanho das câmaras, de acordo com a intensidade de uso, da inclinação da rampa e da noção de conforto para as pessoas que irão usá-lo.

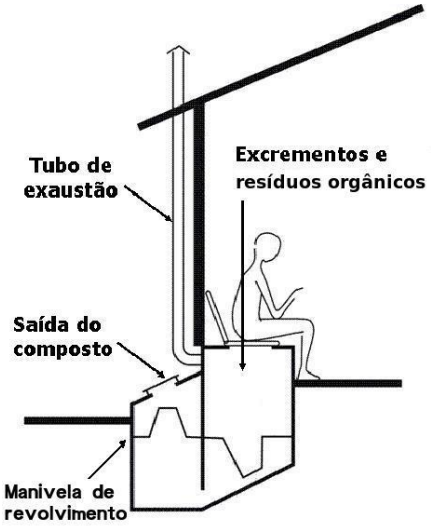
6.2.4 Modelo Bason

O Bason é um modelo criado pelo arquiteto holandês Johan van Lengen, e consiste em uma câmara semidividida, a parte da frente recebe os dejetos e outros materiais orgânicos como serragem e resíduos orgânicos domésticos, e a parte de trás é onde todo material acumulado completa o processo de compostagem (SÁ, 2011).

A construção é simples e de baixo custo, feita com placas de um centímetro de espessura com uma mistura de cimento e areia grossa e uma tela fina de plástico no meio, como os sacos de transporte de frutas e verduras. São usados moldes de madeira, dispostos sobre uma superfície regular para fabricar as placas, depois de prontas, as placas são unidas para formar a câmara juntamente com o assento sanitário. Na câmara há uma tubulação para a exaustão dos odores e uma manivela para o revolvimento do material (LENGEN, 2004). Esse também é um dos modelos mais conhecidos no Brasil, junto com o modelo de duas câmaras. O esquema do modelo Bason é mostrado na Figura 20.

Lengen (2004) ainda afirma que para facilitar a decomposição inicial, deve-se colocar no piso, antes de selar as tampas dos recipientes, uma camada de 30 cm de folhas secas, cinzas ou serragem, pois essa camada absorve os desperdícios humanos líquidos e nenhum outro líquido deve ser jogado na câmara de compostagem. Logo que entrar em funcionamento, podem aparecer moscas, e por isto todas as entradas e saídas de ar devem ter uma tela de mosquiteiro e quando não estiverem em uso, as tampas da câmara de adubo e do sanitário devem estar sempre fechadas.

Figura 20 - Esquema do modelo Bason.



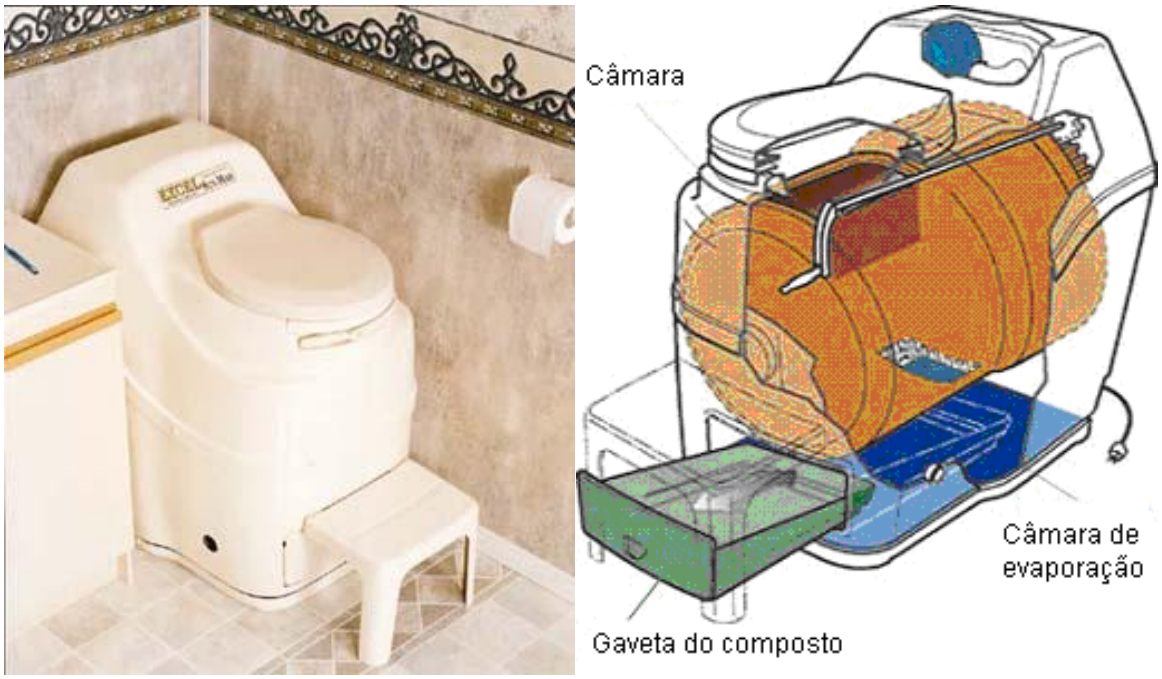
Fonte: (SÁ, 2011)

6.2.5 Modelo Sun-Mar

Existem modelos de banheiros secos compostáveis que são comercializados em outros países, como o modelo *Sun-Mar*, com um sistema que garante todos os fatores para que ocorra o processo de compostagem, o oxigênio é fornecido por um sistema de ventilação e pela rotação da câmara; a umidade é obtida diretamente dos dejetos; o material orgânico, fonte de carbono, é adicionado manualmente, sendo mais utilizada a serragem; o calor é gerado pela própria compostagem, assistida por aquecimento elétrico; e os microrganismos já estão contidos nos dejetos e no material orgânico adicionado(SÁ, 2011).

Dentro da unidade há um vácuo parcial, o ar é continuamente arrastado para dentro do vaso, o que evita odores no banheiro. Além disso, a ação de girar a câmara de compostagem, através de uma manivela, resulta na oxigenação do composto, garantindo a degradação aeróbica livre de odores. O excesso de líquido da câmara passa através de uma tela de inox para a câmara de evaporação onde há um aquecedor. O composto final, após passar por uma peneira, fica na parte de baixo do vaso sanitário, onde há uma gaveta de remoção (SUN-MAR, 2008). A Figura 21 mostra o Banheiro Sun-Mar e seus componentes.

Figura 21 - Banheiro compostável e componentes do tipo *Sun-Mar*.



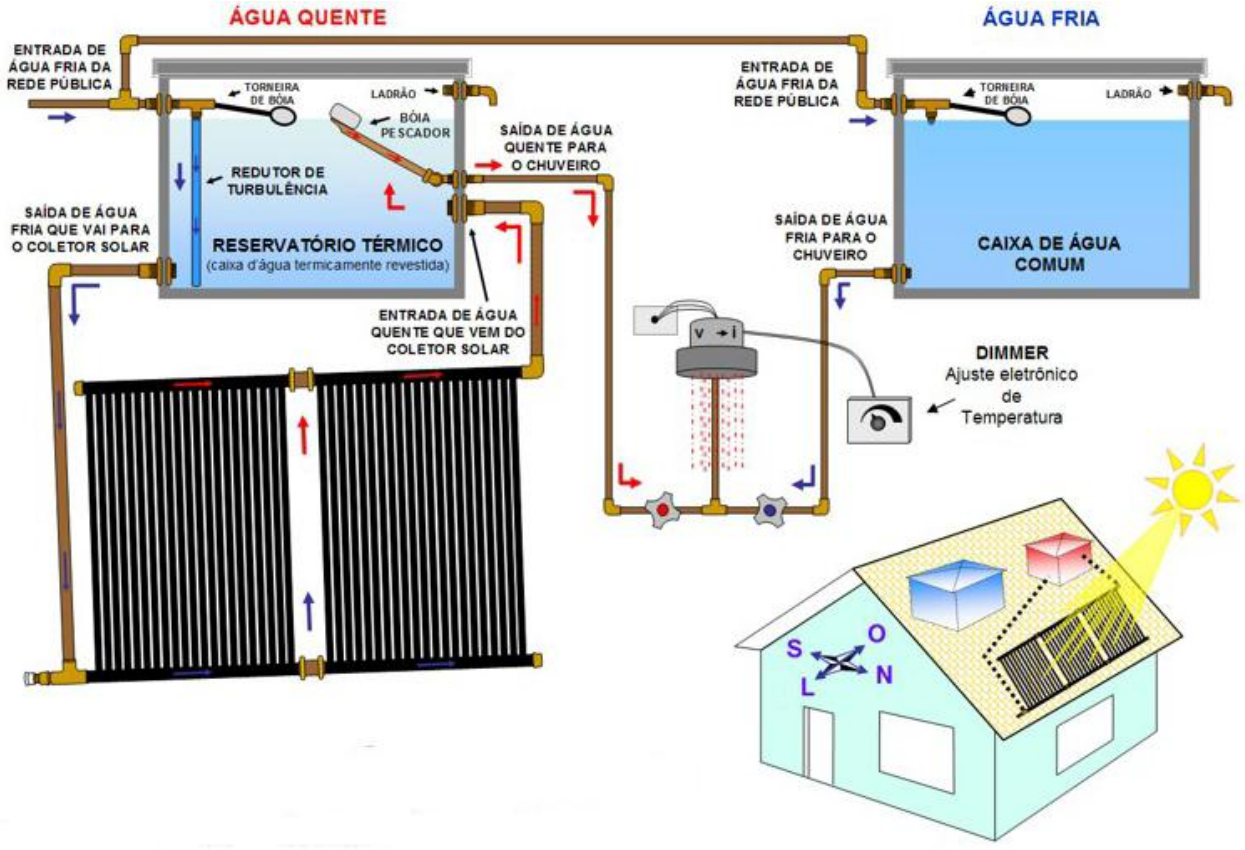
Fonte: (SUN-MAR, 2008)

6.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

O sistema Aquecedor Solar de Baixo Custo(ASBC) tem o mesmo princípio de funcionamento do sistema tradicional de aquecimento solar de água, diferencia-se somente pelo tipo de material utilizado e da possibilidade de autoconstrução.

O funcionamento do ASBC se inicia quando a energia solar irradiante, luz e Infravermelho, incidem sobre a superfície preta dos coletores. A energia absorvida transformasse em calor e aquece a água que está no interior dos coletores. A água aquecida diminui a sua densidade e começa a se movimentar em direção à caixa, dando início a um processo natural de circulação da água, chamado de termossifão. Para tanto o reservatório deve estar mais alto que os coletores. Esse processo é contínuo, enquanto houver uma boa irradiação solar ou até quando toda água do circuito atingir a mesma temperatura(SOCIEDADE DO SOL, 2009). O esquema de funcionamento do ASBC é mostrado na Figura 22.

Figura 22 - Representação de um ASBC residencial.



Fonte: (URBANO, 2012)

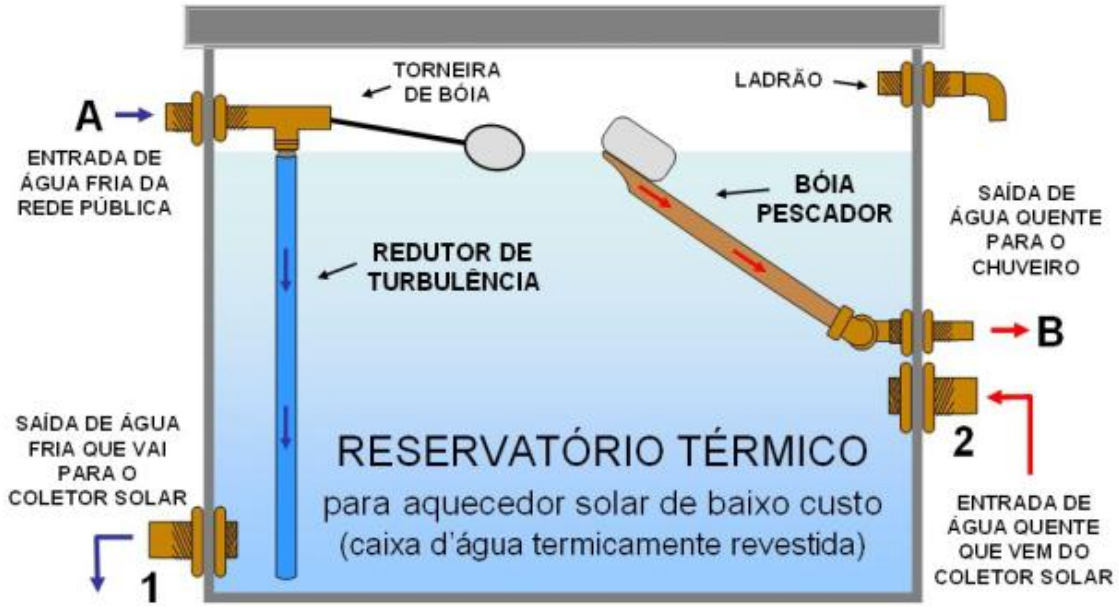
A operação do sistema ASBC pode ser explicada com maior facilidade se analisar todo o sistema em quatro partes fundamentais:

6.3.1 Reservatório

Tem a função de armazenar a água aquecida pelo coletor solar. Em seu interior ficam dois componentes típicos do ASBC. O primeiro é a torneira de bóia associada a um tubo vertical, que serve para levar água fria ao fundo da caixa. O segundo componente é o pescador, que serve para levar ao chuveiro a água que fica na camada de água mais alta e mais quente dentro da caixa. Os componentes são mostrados na Figura 23.

Além da caixa de água tradicional, outros recipientes industrializados tais como; o tambor de plástico ou a caixa de EPS (isopor) revestida interiormente com filme plástico pneumático (à prova de vazamento), podem servir como reservatório. Independente do tipo de recipiente utilizado, todos devem receber um isolamento térmico externo para minimizar as perdas de calor nas laterais e na tampa superior. Mas conhecemos aplicações sem isolamentos, já que isso depende muito das necessidades térmicas do usuário (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

Figura 23 – Reservatório Térmico.



Fonte: (URBANO, 2012)

6.3.2 Coletor

O coletor solar tem a função de aquecer água. Com a incidência da luz solar em sua superfície exposta ao sol, a água armazenada em seu interior aquece e diminui de densidade, tornando-se mais leve que a água fria. Assim, a água presente no interior dos coletores se movimenta para o reservatório e simultaneamente a água estocada no reservatório flui em direção ao coletor (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

Os coletores do ASBC são fabricados com placas de forro de PVC. Os coletores ASBC se diferem dos outros por não utilizarem caixa e cobertura de vidro, que permitem a obtenção do efeito estufa (aquecimento adicional).

A obrigatória ausência da cobertura de vidro não permite que a água aqueça demais, o que afetaria a integridade dos componentes de PVC, que tem limite de temperatura. Isto traz vantagens como: redução do perigo da água quente ferir crianças e a possibilidade do uso de tubos de PVC de água fria, entre outras (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

6.3.3 Misturador de água quente e sistema de apoio térmico

O misturador permite que a água aquecida pela energia solar chegue ao chuveiro. Caso a água aquecida esteja a uma temperatura abaixo do desejado, o usuário complementa o aquecimento por meio do acionamento de um *dimmer* (controlador da energia fornecida pelo chuveiro elétrico). Nos sistemas tradicionais o apoio térmico normalmente fica instalado no reservatório térmico e o conjunto misturador tradicional necessita de tubulação prévia quente/fria(SOCIEDADE DO SOL, 2009).

6.3.4 Sistema hidráulico

A tubulação pode ser feita com tubos comerciais de PVC marrom, considerando a natural limitação térmica do coletor solar ASBC. Isto evita a utilização mais complexa e custosa dos tubos de cobre.

Visando à democratização da tecnologia de aquecimento de água pela via solar, surgiram pesquisas em novas tecnologias e alternativas para a substituição dos materiais comuns aos aquecedores convencionais por materiais econômicos, tornando o sistema de aquecimento acessível principalmente à população de baixa renda.

A partir de 1999 a Organização Não Governamental (ONG) Sociedade do Sol, que tem como objetivo a disseminação da tecnologia termossolar para todo o território brasileiro e está incubada no Centro Incubador de Empresas Tecnológicas da USP (CIETEC), desenvolveu um modelo de coletor solar que integra um sistema de aquecimento solar chamado ASBC – Aquecedor Solar de Baixo Custo. O ASBC é montado em processo de autoconstrução, com base em manuais de montagem disponibilizados gratuitamente no site da ONG, que também desenvolveu um coletor feito de garrafas do tipo PET e embalagens de leite.

7 RESULTADOS

Para os resultados foi feita uma pesquisa bibliográfica de casos de construções com terra ensacada e banheiro seco. Para o sistema de aquecedor solar de baixo custo foi revisada uma análise econômica familiar e o tempo de retorno dos gastos com o sistema de aquecimento.

7.1 CONSTRUÇÃO COM TERRA

Para caracterizar os resultados sobre a construção com terra e compara-los com os métodos construtivos convencionais foi utilizada a pesquisa realizada por Dos Santos (2015). A pesquisa é experimental em função da aplicação na construção de terra ensacada de uma sacaria ainda não explorada cientificamente e a observação de sua influência no processo construtivo e no desempenho da edificação. A pesquisa foi realizada por meio do procedimento metodológico de prototipagem. Para avaliação estrutural do protótipo foi adotada uma abordagem observatória, exploratória e experimental, de caráteres quantitativo e qualitativo, cujo levantamento informacional foi realizado através dos instrumentos metodológicos levantamento teórico em canais formais, coleta de dados em canais informais e prototipagem, a fim de alcançar os objetivos da pesquisa (DOS SANTOS, 2015).

Segundo a autora a primeira fase da concepção do projeto-tipo foi a escolha da finalidade da edificação. Consideraram-se as limitações de tempo e recursos, que apontavam para uma edificação pequena. Foram consideradas também as linhas de pesquisa já existente no PósARQ/UFSC. Dentre elas está a linha de pesquisa em intervenção e recuperação pós-desastre, abordada através do desenvolvimento da logística humanitária e da concepção de abrigos. Assim, contemplando-se a possibilidade de que esta pesquisa pudesse fornecer informações também para esta importante causa, o partido arquitetônico adotado foi o de abrigo pós-desastre, uma vez que a CTE já foi usada para este fim.

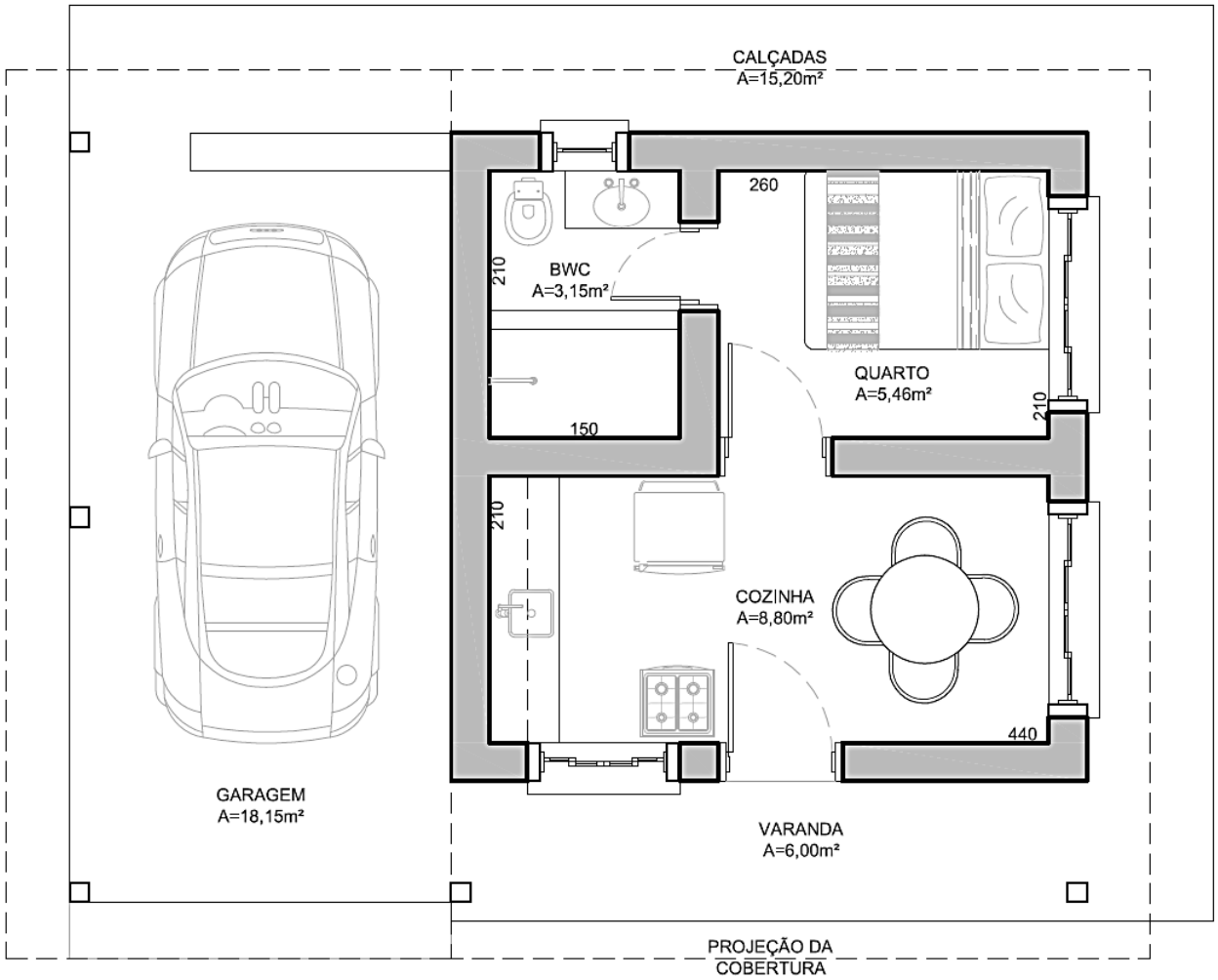
Para escolher entre as técnicas de construção em terra ensacada, foram acessadas as vantagens e desvantagens das mesmas. A técnica "superadobe" (terra ensacada em tecido plástico) foi escolhida por ser atualmente a técnica mais divulgada. O projeto visou também à incorporação de mobiliário embutido, aproveitando as caraterísticas da CTE.

Quanto ao formato, apesar das formas arredondadas, em domo e catenárias terem forte apelo estético e conferirem estabilidade à construção com terra ensacada, a autora optou por trabalhar tipologias ortogonais pelos seguintes motivos:

- Maior facilidade na instalação de aberturas e tubulações;
- Maior adaptação aos móveis disponíveis no mercado;
- Maior facilidade na inserção de madeiramento para os móveis embutidos;
- Maior facilidade na instalação do telhado convencional;
- Maior compatibilidade com a arquitetura, os terrenos e os costumes do local de escopo.

A escolha da autora foi em incluir no abrigo transicional os ambientes: cozinha conjugada, quarto, banheiro e varanda. O Projeto-tipo é mostrado na Figura 24.

Figura 24 - Projeto-tipo.



Fonte: (DOS SANTOS, 2015)

O Quadro 3 mostra as especificações adotadas para o sistema construtivo.

Quadro 3 - Especificações do sistema construtivo.

Elemento	**Discriminação**
Fundações	Sapata corrida em hiperadobe estabilizado química e mecanicamente: quatro fiadas de terra ensacada com adição de estabilizante (cimento) proporção 4:1, compactadas.
Contrapiso	Concreto, traço 1:2:3 (cimento: areia lavada média: brita 2)
Estrutura e vedação	Elemento vertical em hiperadobe estabilizado mecanicamente.
Instalações hidrossanitárias	Tubulação em PVC, instalações hidráulicas aparentes.
Instalações elétricas	Eletrodutos e quadro de distribuição em PVC, fiação de cobre de 2,5; 4,0 e 6,0 mm.
Amarração	Cinta de amarração em hiperadobe estabilizado granulométrica, química e mecanicamente.
Vergas e contravergas	Moldura em madeira para as portas e em concreto armado para as janelas.
Esquadrias	Janelas de aço galvanizado e portas de madeira.
Pisos	Cerâmico.
Revestimento áreas molhadas	Azulejo até 1,50m de altura na parede do balcão da cozinha e até o teto no banheiro.
Revestimento quarto	Rebocos de terra.
Revestimento cozinha conjugada	Chapisco e reboco de cimento e areia (1:4), tinta acrílica à base de água.
Mobiliário embutido	Bancadas de granito, pias de aço inox, prateleiras de madeira.
Cobertura	Telha de material reciclado (recortes de tubo de pasta de dente).

Fonte: DOS SANTOS, (2013)

A evolução da construção e seu resultado podem ser vistos na Figura 25.

Figura 25 - Evolução da fachada.

Fonte: (DOS SANTOS, 2015)

O protótipo foi avaliado após um ano da construção segundo alguns dos requisitos gerais de desempenho quanto à segurança estrutural para edificações habitacionais descritos pela norma ABNT NBR 15.575:2012, partes 1, 2 e 4 relativos aos elementos verticais em terra ensacada. Os resultados da avaliação são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Desempenho do protótipo quanto aos requisitos gerais de segurança estrutural.

Requisitos gerais de segurança estrutural segundo a norma ABNT NBR 15.575:2012.	**Desempenho do protótipo no requisito até a data de avaliação (04/2015)**
a) não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;	Atende ao requisito.
b) prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;	Atende ao requisito.
c) não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida, caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;	Atende ao requisito.
d) não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;	Atende ao requisito com ressalvas.
e) não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais.	Atende ao requisito com ressalvas.
f) cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação.	Não foi avaliado.

Fonte: ABNT, (2013a)

De acordo com Dos Santos(2015), o protótipo teve bom desempenho nos requisitos de habitabilidade: estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; conforto tátil. Durante o ano em que o protótipo foi observado, não foram identificadas infiltrações de nenhuma ordem. Já os requisitos de desempenho térmico foram avaliados pelo proprietário, que declarou em entrevista:

‗É uma casa confortável, uma casa que mantém uma temperatura totalmente compatível (com o clima), inclusive muito mais isolada termicamente que qualquer construção que eu já tenha visto.'

Sobre a cobertura:

‗As telhas de material reciclado deram resultado até bastante surpreendente com relação ao isolamento térmico, porque eu imaginava que a casa ia ficar muito quente porque ela não tem forro e ainda assim ela não absorve calor e mantém uma temperatura agradável pra quem tá dentro da casa.'

O custo da construção do protótipo como construído foi de aproximadamente R$ 30.700,00. O custo por área construída ficou entre os valores de habitação popular e de habitação simples estimados para a região para o mês, como pode ser visto na Tabela 2:

Tabela 2 - Custos de execução do protótipo

Custos	**Valores**
Material	R$ 14.703,45
Mão de obra até a cobertura	R$ 7.000,00
Mão de obra instalações e acabamentos	R$ 9.000,00
Mão de obra total	R$ 16.000,00
Custo total	R$ 30.703,45
Custo por área construída, sem varandas (R$/m²).	**1126,80**
CUB da região RP1-Q 03/2014 (R$/m²) c/ des.	1043,18
CUB da região R1 03/2014 (R$/m²) c/ des.	1278,15

Fonte: DOS SANTOS (2015), e Sinduscon (2014)

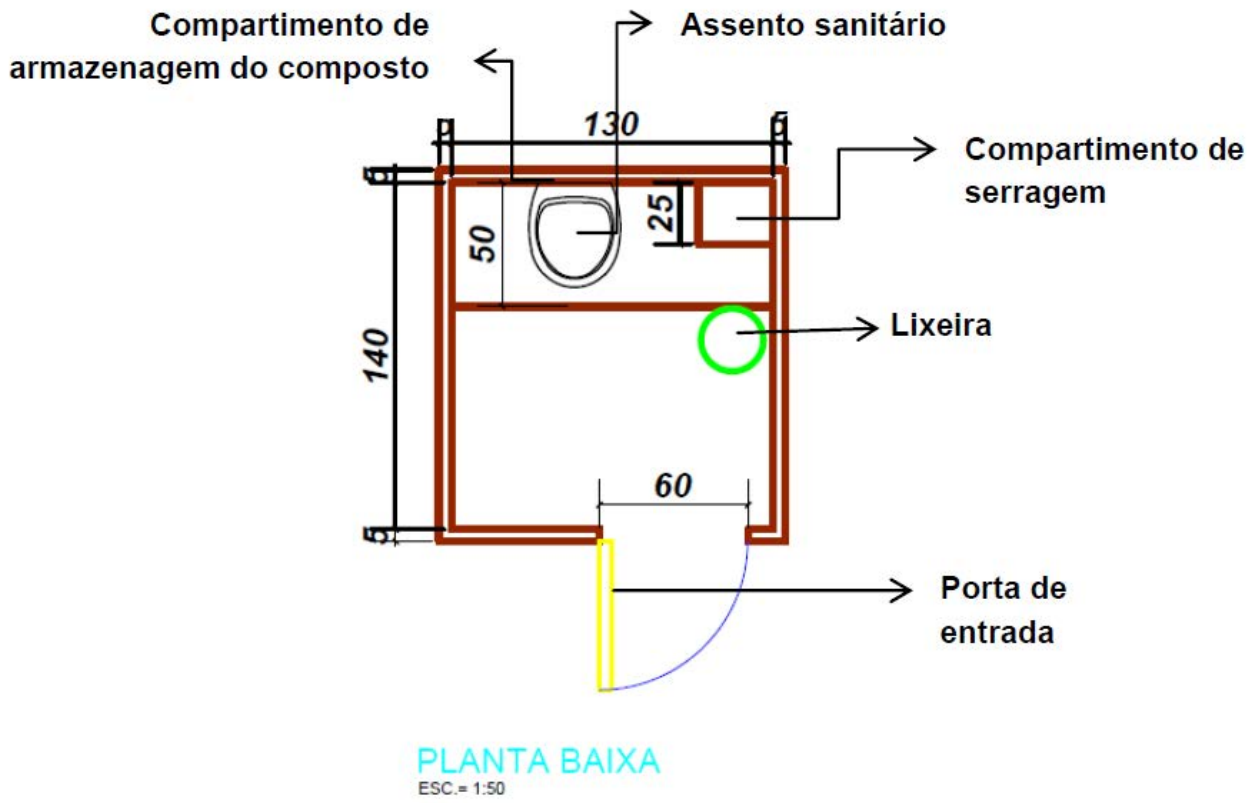
A comparação com o CUB é ilustrativa, já que se trata de projetos e materiais muito diferentes, mas pode servir de orientação para futuros projetos e construções.

7.2 BANHEIRO SECO

Para a análise do banheiro seco foi revisada a pesquisa de Amatuzi et. al(2013). O estudo analisou um banheiro seco construído em uma propriedade rural localizada no município de Santa Helena – PR, no distrito de Sub-Sede, próximo à BR 495, coordenadas geográficas 24º46‟54.37”S 54º16‟30.43”O.

Segundo Amatuzi et. al(2013) na propriedade foi construído um banheiro de compartimentos móveis feito com madeira, nas dimensões de 1,30 m de largura e 1,40 de comprimento, conforme Figura 26 e 27. Em seu interior se encontram o assento sanitário e o compartimento que abriga a serragem, mostrado na Figura 28. Na parte de trás do banheiro foi colocado um tambor de plástico onde o material fecal ficou armazenado até ser disposto nos vasos de compostagem, conforme mostra a Figura 29.

Figura 26 - Planta Baixa do Banheiro Seco



Fonte: (AMATSUZI et. al, 2013)

Figura 27 - Banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural.

Fonte: (AMATSUZI et. al, 2013)

Figura 28 - Vista interior do banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural

Fonte: (AMATSUZI et. al, 2013)

O banheiro implementado foi usado diariamente por uma família de 5 pessoas que sempre após cada uso do banheiro despejaram 1 caneca de 100 gramas de serragem sobre os dejetos servindo como fonte de carbono para os dejetos. Após 1 mês de uso o compartimento que abrigava os dejetos (barril de 8 litros) foi esvaziado e como destino final para esse composto foi empregado a compostagem, que ocorreu da seguinte forma: os dejetos com a serragem foram distribuídos em 16 recipientes com a adição de diferentes substratos (cinzas, esterco de cavalos, restos de alimentos e urina) como mostra a Tabela 3. A compostagem durou um período de 60 dias. (AMATUZI et. al,2013).

Tabela 3 - Tipos de Tratamentos empregados na compostagem.

TRATAMENTO	SUBSTRATO UTILIZADO	REPETIÇÕES POR TRATAMENTO
T1	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas restos de alimentos	4
T2	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas de excremento animal (cavalos)	4
T3	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas de cinzas	4
T4	500 gramas de fezes com serragem e 500 ml de urina	4

Fonte: Amatuzi et. al(2013)

De acordo com a autora os recipientes (vasos de compostagem) foram expostos ao sol durante o dia e guardados em ambiente fechado durante a noite (dentro do próprio banheiro). Não ficaram expostos à chuva. Efetuou-se o monitoramento semanal da temperatura, utilizando-se um termômetro digital. O reviramento do composto foi realizado manualmente a cada 7 dias com o auxílio de uma pá, para facilitar a aeração e contribuir com a compostagem. Os vasos de compostagem foram regados 1 vez a cada 15 dias.

O banheiro implementado na propriedade rural foi usado no período de um mês pelos cinco integrantes da família. Durante o tempo de uso do banheiro foi feita a separação de urina, essa foi armazenada em tambores durante um mês e aplicadas em pequenos arbustos e árvores na propriedade. Foi constatado que não houve maus odores oriundos dos excrementos do banheiro, possivelmente devido à adição de serragem que serviu de fonte de carbono, equilibrando a relação C/N, inibindo odores. As figuras 29 mostra alguns aspectos operacionais do banheiro seco implementado (AMATUZI et. al,2013).

Figura 29 - Vista da parte de trás do banheiro de recipientes móveis implementado.

Fonte: (AMATSUZI et. al, 2013)

Ainda de acordo com Amatuzi et. al(2013), no término dos 60 dias de compostagem, foram coletados 500 gramas de cada um dos 16 vasos de compostagem e enviados para o laboratório A3Q Análises de Qualidade – Cascavel-PR, no qual foram avaliados os seguintes parâmetros: Carbono Orgânico Total (COT), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio Total (NT), pH, relação COT/NT e foi feita a análise microbiológica de coliformes termotolerantes. A Tabela 4 abaixo apresenta os resultados obtidos para cada tratamento e cada parâmetro avaliado:

Tabela 4 – Valores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), pH, relação COT/NT e coliformes termotolerantes (CTT).

TRATAMENTOS		MO ($g.dm^{-3}$)	COT ($g.dm^{-3}$)	N_{total} (%)	pH	Relação COT/ N_{total}	CTT (UFC/g est.)
T1	1	355,43	206,65	1,78	7,94	11,61	$6,5 \times 10^4$
	2	273,41	158,96	1,37	7,64	11,60	$8,6 \times 10^4$
	3	307,58	178,83	1,54	7,64	11,61	$4,7 \times 10^4$
	4	259,74	151,01	1,30	7,58	11,62	$4,0 \times 10^3$
T2	1	192,16	111,72	0,96	8,00	11,17	$4,3 \times 10^5$
	2	267,69	155,63	1,33	8,54	11,70	$1,5 \times 10^4$
	3	164,27	95,50	0,82	7,85	11,64	$1,5 \times 10^5$
	4	134,75	78,34	0,67	8,39	11,69	$2,8 \times 10^5$
T3	1	198,22	115,24	0,99	9,67	11,64	$<1,0 \times 10^1$
	2	259,74	151,01	1,29	9,79	11,70	$<1,0 \times 10^1$
	3	252,90	147,03	1,26	9,76	11,66	$<1,0 \times 10^1$
	4	252,90	147,03	1,26	9,76	11,67	$<1,0 \times 10^1$
T4	1	300,75	174,85	1,50	7,28	11,66	$9,6 \times 10^3$
	2	157,03	91,29	0,79	7,38	11,56	$<1,0 \times 10^1$
	3	161,16	93,70	0,80	7,19	11,71	$5,0 \times 10^3$
	4	276,42	160,71	1,38	7,22	11,64	$<1,0 \times 10^1$

Fonte: Amatuzi et. al(2013)

Segundo Amatuzi et. al(2013) a empregabilidade de qualquer um dos tratamentos é indiferente para melhorar da compostagem, porém nas amostras que foram empregadas as cinzas observou-se a redução quase que total dos coliformes termotolerantes, mostrando-se o substrato que mais apresentou resultados positivos. Sobre os aspectos construtivos e operacionais, constatou-se que o banheiro foi bem aceito pelas pessoas, pois não apresentou

odores. A quantidade de serragem empregada (100 gramas) equilibrou a relação COT/NT de 11/1 de acordo com os resultados laboratoriais, o que possivelmente inibiu o odor.

Diagnosticou-se também a economia de água feita no período de uso do banheiro seco, já que evitou as descargas do banheiro convencional. Teixeira et al afirmam que os sanitários convencionais gastam em média 13 litros de água a cada descarga, podendo chegar a 30 litros se estiver desregulada. Realizou-se o controle de cada uso do banheiro, totalizando 43 usos. Pela média de água utilizada na descarga do banheiro convencional, de 13 litros, podemos obter o valor em litros de água economizada nesse período, que foi totalizado em 559 litros de água. Em um ano esses valores poderiam chegar a 6.708 litros, podendo ser destinada para outros fins mais nobres, como o consumo humano e preparo de alimentos.

7.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

O aproveitamento da energia solar por meio de coletores solares para aquecimento de água na classe residencial foi analisado sob a economia familiar segundo a ONG Sociedade do Sol.

Segundo Sociedade do Sol(2013), o chuveiro elétrico fica ligado em média cerca de 40 minutos (0,66 horas) por dia, atendendo a uma família média de 3,8 pessoas. A potência média anual do chuveiro é de 5,00 KW. Em um ano, o chuveiro é responsável por um consumo familiar é de (365 dias x 5,0 KW x 0,66 horas) = 1204 KWh. Pode-se estimar com boa segurança que cerca de 40 milhões de famílias usam o chuveiro elétrico para seu banho (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

O efeito sobre a economia familiar com o uso de um aquecedor solar de baixo custo pode ser notado transformando o consumo elétrico evitado em economia familiar. O ASBC poderá produzir uma economia de cerca de R$ 388,00 para cada família média, por ano (1204 Kwh por família por ano x 0,75 de eficiência x R$ 0,43 por Kwh cobrado pela distribuidora de energia). Isto resulta num retorno financeiro de 9 meses após início de uso do ASBC, admitindo o seu custo em R$300,00/unidade (fonte: Sociedade do Sol).

O valor médio de um aquecedor solar convencional de 100 L disponível no mercado é em torno de R$1200,00, cerca de 4 vezes o valor de um aquecedor de baixo custo de mesmo volume.

8 DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos são feitas nesse capitulo algumas discussões á respeito da viabilidade, das vantagens, desvantagens e dos problemas enfrentados no Brasil com as ecotécnicas analisadas.

8.1 CONSTRUÇÕES COM TERRA

As técnicas da terra crua despertam interesse no âmbito da construção atual, devido a uma série de fatores:

- As vantagens ambientais que proporciona:
- O baixo consumo de energia associado ao fabrico dos materiais e até ao seu transporte, quando se usam materiais locais, que permite a cada vez mais procurada e necessária redução da ~~"p~~egada de carbono". Esta redução poderá decorrer da utilização generalizada da terra a toda a construção ou de uma utilização apenas parcial, por exemplo, só em paredes interiores.
- A facilidade de reciclagem que, no caso dos elementos de terra não estabilizada, pode envolver apenas a simples desagregação e englobar 100% do material.
- As enormes possibilidades arquitetônicas dos materiais de terra, que têm um caráter estético particular e extremamente atual.
- As reclamadas características de conforto térmico, hídrico e acústico que a terra proporciona, decorrentes da sua baixa condutividade térmica, da sua higroscopicidade (que favorece a regulação da humidade relativa dos ambientes) e da massa significativa das paredes de terra (que proporciona grande inércia térmica e bom isolamento acústico).
- A renovação do ar, pois as casas de terra crua favorecem a ventilação através de suas próprias paredes - caso não recebam nenhum tratamento selante, como revestimentos ou tintas. A argila crua, quando não foi levada a altas temperaturas para o seu cozimento e sua cristalização mantém vazios entre suas moléculas, o que confere ao material a sua característica de porosidade e permite a passagem do ar através dele. Essa propriedade faz da casa de terra um exemplo de arquitetura biologicamente saudável, pois a ~~"r~~espiração" das paredes proporciona constante renovação do ar.

Duas das maiores limitações normalmente apontadas aos sistemas construtivos de terra crua são a baixa resistência sísmica e a sensibilidade à ação da água. Essas limitações têm que ser devidamente consideradas e avaliadas face às condições específicas de cada local. Poderão eventualmente ser ultrapassadas ou minimizadas, por exemplo, com recurso a disposições construtivas como:

- Reforço das paredes de terra com estrutura de madeira ou mesmo associação destas paredes a uma estrutura de betão ou de aço em zonas sísmicas.
- Utilização de fundações, embasamentos, coberturas e revestimentos que permitam uma adequada proteção em relação à água.

O custo da construção de terra crua poderá variar com as técnicas em causa e as circunstâncias locais, nomeadamente com o preço da mão de obra e o conhecimento técnico disponível. O custo pode ser uma das grandes vantagens da construção de terra, mas, em sociedades modernas, principalmente em condições de autoconstrução.

No Brasil ainda existe o preconceito contra as casas de terra crua que deve-se à vários motivos. Entre eles estão a associação destas casas, principalmente as de pau-a-pique, à idéia de pobreza, desde a época de sua colonização. Contudo sabe-se que é possível construir casas de alto padrão utilizando-se esta, bem como outras técnicas de construção em terra crua.
Também existe a ideia de insalubridade relacionada a essas casas que é algo baseado em fatos fundamentados. A relação das casas de terra crua com a Doença de Chagas é algo que de fato existe e deve receber especial atenção por parte das autoridades e da população. O melhor conhecimento destas técnicas pode auxiliar os profissionais de saúde no combate a doença, já que o desconhecimento dessas técnicas é um dos maiores fatores de decadência e insalubridade dessas casas.

Existem hoje vários códigos relativos à construção de terra, documentos de tipo normativo, tais como os indicados a seguir:

- As normas da Nova Zelândia que, além da taipa, adobe e BTC, focam também a terra vazada;
- O código alemão *Lehmbau Regeln* da DLV, uma associação não-governamental para a construção de terra, que foi o primeiro código publicado na União Europeia.
- A norma do Zimbabué *Code of Practice for Rammed Earth*, que foca a taipa.
- O manual da Standards Australia, *The Australian Earth Building Handbook*, sobre adobe, taipa, BTC e terra vazada.

- O código do novo México *Earthen Buildings Materials Code*, sobre taipa, adobe e BTC.
- O manual espanhol *Bases Para el Diseñõ y Construcción con Taipial* do Ministerio de Obras Públicas e Transportes, sobre taipa e adobe.

8.2 BANHEIRO SECO

Os sistemas convencionais de saneamento consomem grandes quantidades de água para transporte dos dejetos. Em lugares que enfrentam a diminuição e a escassez dos recursos hídricos a adaptação das tecnologias de saneamento para formas mais sustentáveis torna-se cada vez mais necessária. Especialmente em países em desenvolvimento, em que a escassez da água é frequentemente acompanhada por problemas adicionais, como a falta de recursos econômicos para tratamento adequado de efluentes e fornecimento de serviços de água e saneamento (ZIMBELMANN e LEHN, 2007).

Para Kvanström *et al.* (2004), *"saneamento sustentável é aquele que protege e promove a saúde humana, sem contribuir com a degradação ambiental ou redução dos recursos naturais, é tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável"*.

Malisie (2008), lista os seguintes critérios para que um sistema de saneamento seja sustentável:

- Prevenir doenças: um sistema de saneamento deve ser capaz de destruir ou isolar patógenos;
- Acessível: um sistema de saneamento deve ser acessível a todas as pessoas, principalmente as mais pobres;
- Proteger o ambiente: deve prevenir a poluição, retornar os nutrientes ao solo e conservar os recursos hídricos;
- Aceitável: deve ser esteticamente aceitável e compatível com valores culturais e sociais;
- Simples: deve ser facilmente gerenciado mesmo com limitações de capacidade técnica local, institucional ou econômica.

Dentro desses critérios estão as formas de saneamento seco, que minimizam o uso da água ou dispensam esse uso. Os benefícios diretos e indiretos do saneamento seco e a

contribuição para o desenvolvimento sustentável, segundo Zimbelmann e Lehn (2007), são os seguintes:

- Opera sem o uso de água, portanto não produz efluentes: o uso da água pode ser limitado somente para necessidades básicas. Isto é de especial interesse onde a água é escassa e o potencial de regeneração dos recursos hídricos é baixo. Especialmente em comunidades rurais, que são mais dependentes das autoridades centrais e do fornecimento de canalizações e sistemas de tratamento. Ajuda a reduzir a contaminação da água e do solo ou a carga de efluente despejada em corpos hídricos sem o tratamento adequado. Portanto, há menos riscos de disseminar patógenos na água.
- Pode facilmente ser usado dentro de sistemas de recuperação de nutrientes (fechando o ciclo dos nutrientes: o material pode ser separado na fonte; nutrientes recuperados podem ser reusados na agricultura, jardins ou para produção de energia; a urina separada é rica em fósforo e pode substituir fertilizantes químicos e permitir a diminuição da exploração de alguns recursos naturais limitados, como o fósforo);
- Resíduo orgânico, excretas humanas e animal podem ser tratadas por processos de compostagem ou para produção de energia: se suficientemente sanitizado, o composto ou material desidratado pode ser aplicado na agricultura sem qualquer risco para saúde. O material compostado ajuda a manter ou melhorar a fertilidade do solo. Isto ajuda no aumento da produção agrícola e melhora o rendimento das famílias produtoras. Novas oportunidades de rendimento e melhores condições de vida previnem o êxodo rural. Sólidos desidratados ou compostados podem ser utilizados na produção de biogás. Energia gerada pode retornar a comunidade.

O saneamento seco é uma tecnologia flexível suficiente para ser ajustada e projetada conforme as necessidades individuais. O tratamento descentralizado é possível assim como a coleta convencional para tratamento centralizado.

8.3 AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO(ASBC)

O ASBC, tal como está sendo concebido, tem condições de competir com as vantagens energéticas e econômicas do chuveiro elétrico. Melhor ainda, de formar um conjunto de mútua melhora unindo ambas as tecnologias.

A ideia básica de qualquer aquecedor solar é a de pré-aquecer água para que sistemas térmicos posteriores assumam a função de calibradores da temperatura da água. No caso da união ASBC, que permite a água é pré-aquecida, deixa para o chuveiro a função de temperar a água ao gosto do usuário.

Como o ASBC prevê um custo muito baixo, ele pode ser pago em pouco tempo pela economia em energia elétrica. Para maximizar a economia, o sistema elétrico do chuveiro precisa ser adequado.

A indústria nacional, ao produzir em massa e com segurança o chuveiro elétrico, permitiu que o banho quente chegasse até o brasileiro menos afortunado, fazendo do ato do banho um ato de cidadania, ajudando este brasileiro a sentir-se mais integrado à sociedade da qual ele faz parte.

A isto se soma o conhecido fator de que o banho quente é uma das melhores e mais eficientes formas de reduzir tensões do ser humano, oferecendo um melhor equilíbrio psicológico à nossa população, além do seu benefício mais óbvio, que é de oferecer condições de higiene ideais para evitar a disseminação de uma série de doenças.

9 CONCLUSÃO

As ecotécnicas apresentadas neste estudo, quando utilizadas de forma a garantir que a consolidação de cidades respeite a capacidade suporte dos elementos naturais existentes, podem contribuir para a melhora da qualidade de vida no meio urbano e no meio rural, fazendo do projeto um instrumento de controle ambiental em busca de uma maior sustentabilidade.

O sistema de construção de edificações com terra se mostra uma alternativa que pode combater o déficit habitacional de maneira sustentável, é uma opção de menor custo com possibilidades arquitetônicas de alto padrão e baixo impacto ambiental. Esse sistema construtivo ainda precisa ser normatizado para que possa ser difundido, proporcionando habitações seguras e de qualidade aos usuários.

O banheiro seco como alternativa de tratamento de resíduos e economia de água apresenta um ótimo desempenho. É uma proposta simples que possibilita o retorno dos nutrientes ao solo, promove a descentralização do sistema de tratamento de resíduos e possibilita a utilização da água para propósitos mais nobres.

O aquecedor solar de baixo custo é uma forma de complementar o aquecimento de água residencial aproveitando o elevado índice de insolação do Brasil. Por ser um sistema simples, a possibilidade de autoconstrução diminui seu preço de custo e proporciona um curto tempo de retorno desse investimento. Além de proporcionar economia de energia aos usuários esse sistema também diminui os picos de demanda para o setor elétrico.

Procurar compreender os problemas contemporâneos de forma sistêmica, interligada e interdependente é a maneira mais adequada de garantir o conforto à população, considerando que os valores humanos e ambientais sejam levados em conta no processo de decisão do planejamento.

Desta maneira, a adoção dessas técnicas em projetos construtivos deve ser mesclada, devem-se aliar técnicas ancestrais, bom senso e tecnologia para alcançar resultados satisfatórios. É preciso utilizar o que há de melhor em cada técnica, com o que há de mais moderno nas técnicas atuais de construção, pois os conceitos estão em constante mudança.

Não é preciso buscar soluções complexas, basta apenas uma mudança no modo de pensar em relação à maneira como se constrói. É preciso analisar o ciclo de vida dos insumos de utilizados, desde sua extração e fabricação até o fim da sua vida útil.

As técnicas devem sempre ser utilizadas buscando a qualidade de vida da população, respeitando a capacidade de suporte dos elementos naturais, promovendo assim o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. **Arquitetura entre outras coisas.** 2009. Disponível em: <http://arqdeboraalmeida.blogspot.com.br/2009/12/restaurante-dalva-e-dito.html>. Acesso em: 06 set. 2017.

AMATUZI, Barbara; BOTEGA, Jéssica Luiza; CELANTE, Luana Salete. **Implementação de banheiro seco como proposta de saneamento ecológico**. 2013. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2392 / E2392M**: standard guide for design of earthen wall building systems1. Pennsylvania, USA. 2010.

ANICER; FUNDACER. **Avaliação do ciclo de vida do produto cerâmico**. 2014. Disponível em: <http://anicer.com.br/acv/>. Acesso em: 02 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13553:2012:** materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos. . Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:2012:** Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2:2012:** Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648:** Estudo de Concepção de sistemas de esgoto sanitário: Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R.; MESBAH, A. Blocos de concreto de terra: uma opção interessante para a sustentabilidade da construção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 44., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte. 2002.

BEE, B. **The cob builders handbook.** You can hand-sculpt your own home, Editorial Groundworks Murphy, USA, 1997.

BELTRAME, E. S. **Meio ambiente na construção civil**. 2013. Disponível em: <http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2017.

BLONDET M.; Villa Garcia M. G.; Brzev S., Rubiños A. **Earthquake-resistant construction of adobe buildings:** a tutorial. Second Edition, Abril 2011 – The World Housing Encyclopedia (WHE). Citing Rael R., Earth Architecture, Princeton Architectural Press, New York, NY, 2009. Disponível em <http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial.pdf.>. Acesso em: 14 out. 2017.

BRANDÃO, M.G.S. **Ecologia urbana:** potencialidades e possibilidades: sustentabilidade na construção civil. Monografia (Especialização em Engenharia Urbana). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRANDÃO, M.G.S. **Bioconstrução:** aplicabilidade no meio rural como forma de desenvolvimento sustentável e possibilidades de uso no ambiente urbano . Maringá, 2009.

BRASIL**. Agencia Nacional das Águas** - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Água: fatos e tendências. Brasília: ANA / Cebeds, 2009. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100312110010_Revista_Fatos_e_Tendencias_2009.pdf.>. Acesso em: 12 out. 2017.

BRASÍLIA. **Resolução normativa ANEEL**. nº 414/2010 de 09 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. **O atlas da água.** O mapeamento completo dos recursos mais preciosos do planeta. Publifolha. São Paulo, 2003.

CONSTRUCTION INDUSTRIES DIVISION (CID) OF THE REGULATION AND LICENSING DEPARTMENT. **New méxico earthen building materials code.** Santa Fé, 2006.

DOS SANTOS, Clarissa Armando. **Construção com terra no Brasil:** panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada. Florianópolis, SC, 2015. 290 p.

EARTH HOME BUILDER. **United earth builders**, 2014. Disponível em: <http://www.unitedearthbuilders.com/#!earth-home-builder/c1bkm>. Acesso em: 06 ago. 2017.

ECODHOME. **Construção com terra crua.** 2011. Disponível em: <http://www.ecodhome.com.br/blog/construcao-com-terra-crua/>. acesso em 13 ago. 2017.

ECOLOGICAL-ENGINEERING. **EcoTech carousel composting toilet system.** Disponível em: <http://www.ecologicalengineering.com/carousel.html> Acesso em: 12 set. 2017.

ELETROBRAS PROCEL. **Energia solar para aquecimento de água no Brasil**: contribuições da Eletrobras Procel e parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. 240 p.

ERCOLE, L. A. S. **Sistema modular de gestão de àguas residuárias domiciliares:** uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FJP, F. J. P. **Déficit habitacional no Brasil:** anos 2011 e 2012. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações - CEI: 17 p. 2014.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

GONÇALVEZ, Teresa Diaz; Gomes, Maria Idália. **Construções de terra crua:** potencialidades e questões em aberto. Lisboa, Dez, 2014.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Traité de construction en terre.** Marseilles: Parenthèses, 1989.

HUNTER, K.; KIFFMEYER, D. **Earthbag building:** the tools, tricks and techniques. Gabriola Island, BC: New Society Publishers: 257 p. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf .> Acesso em: 16. out. 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual de saneamento**: Entendendo Saneamento Básico Ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. Disponível em: <www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 22 ago. 2017.

IPOEMA, instituto de Permacultura. **Introdução a permacultura.e-book.** Brasília, 2016. Disponível em: <http://ipoema.org.br/>. Acesso em: 04 out. 2017.

JENKINS, J. C.. **The humanure handbook**: a guide to composting human manure. 3.ed. United States: Jenkins Publishing. 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** São Paulo. CETESB. 1975. 544 p.

KENNEDY, J. **Building without borders:** sustainable construction for the global village. New Society Publishers, 2009. ISBN 1550923102.

KVANSTRÖM E.; BRACKEN, P.; YSUNZA, A.; KÄRRMAN, E.; FINSSON, A.; SAYWELL, D. **Sustainability criteria in sanitation planning.** WEDC INTERNATIONAL CONFERENCE, Vientiane, Lao 2004.

LENGEN, J. V. **Manual do arquiteto descalço.** Livraria do Arquiteto. Rio de Janeiro, 2004.

MARTINHO, M. G. M.; GONÇALVES, M. G. P. **Gestão de resíduos.** Universidade Aberta. Lisboa, 2000.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. **Bases para el diseñõ y construcción con taipial.** Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, 1992.

MINKE, G. **Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra.** Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, 2001.

MOLLISON, B.; HOLMGREN, D. **Permaculture one:** a perennial agriculture for human settlements. Tagari Publications, Australia, 1978.

NEVES, C.; FARIA, O. B. **Técnicas de construção com terra.** Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 19 p.

OLIVEIRA, C. N. **O Paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações.** 2009. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Santa Catarina, 2009.

ONU/UNICEF. **Joint monitoring programme for water supply and sanitation**, 2000.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Country protocol for developing the WHO quality of life (WHOQOL**): HIV/Aids module. MNH/PSF/97.3. WHO, Genebra, 1997.

PACHECO, F. S. **Hiperadobe passo a passo**. Flutuar Engenharia, 2012.

PALMA, Lívia Rodrigues da. **Ecotécnicas aplicáveis á construção civil no Brasil.**: [s.n], 2012. 47f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2012.

PEASEY, A. **Health aspects of dry sanitation with waste reuse.** Water and Environmental

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 81p.

SÁ, Maira Cristina de. **Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis**. Limeira, SP : [s.n.], 2011.

SANTOS, C. A. D.; LIBRELOTTO, L. I.; JACINTHO, C. Building with earth: Brazil‘s most popular raw earth building techniques and the opinion of experienced builders. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 14., 2013a. **Anais…** Brasil, 2013.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T. A. **Guidelines on the safe sse of srine and faeces in ecological sanitation systems .** EcoSanRes Programme, Stockholm Environment Institute. Sweden, 2004.

SETELOMBAS. **Sanitário compostável**. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br/2006/04/20/sanitario-compostavel/>. Acesso: 18 out. 2017.

SIQUEIRA, DÉBORA ABRAHÃOP, 1983 - **Estudo de desempenho do aquecedor solar de baixo custo**. 2008. 125 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Uberlandia, 2008.

SOARES, A. **Soluções sustentáveis**: construção natural. Ecocentro IPEC - Instituto de Permacultura do Cerrado. Pirinópolis: Mais Calango Editora, 2007.

SOCIEDADO DO SOL. **Manual de instrução e montagem experimental do ASBC.** Versão 3.0 – jul. 2009. Disponível em: < http://www.sociedadedosol.org.br/ >. Acesso em: 27 out. 2017.

STANDARD NEW ZEALAND. **NZS 4298:1998.** New Zealand standards: materials and workmanship for earth buildings. 1998.

STANDARDS ASSOCIATION OF ZIMBABWE. **Standard code of practice for rammed earth structures.** Harare, 2001.

SUN-MAR. **The environmental solution.** Disponível em: <http://www.sunmar.com/tech_how.html>. Acesso em: 17 out. 2017.

TEIXEIRA, M. B.; MOTTA, A. L. T. S. Sanitário seco compostável, uma alternativa viável de saneamento ambiental. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 5., 2008, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro. 2008

TERRESTRES, E. B.-C. D. **Caderno de instrução CI 10-7/1**: logística de subsistência. Brasília: Ministério da Defesa, 2005. 47 p.
SOCIEDADE DO SOL. **Aquecedor solar de baixo custo**. 2013. Disponível em: <http://www.sociedadedosol.org.br/projetos/asbc/>. Acesso em: 18 set. 2017.

THAUMATURGO, Claudia Gonçalves da Silva. **Conceitos e reconceitos relativos às construções em terra crua.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz, Subárea Saneamento e Saúde Ambiental. Ministério da Saúde. Março, 2000. UFV, 2007. 81p.

TRABBOLD, FERNANDO. **Casa de cob:** bioconstrução: construindo com barro. 2012. Disponível em: <http://branndd.blogspot.com.br/2013/07/referencia-bibliografica-em-blog.html>. Acesso em: 07 out. 2017.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos. RiMa, IIE, 2005. 248p.

UNESCO. **World heritage earthen architecture programme**, 2012. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/earthen-architecture/>. Acesso em: 06 set. 2017.

URBANO, EDISON. **Aquecedor solar de água feito com tubos de PVC.** Versão 1.2. Nov. 2012.

VIEIRA, Arthur A. **Bioconstrução:** uma revisão bibliográfica do tema e uma análise descritiva das principais técnicas. 2015. 47 p. Projeto final em Gestão Ambiental (Graduação em Gestão Ambiental). Faculdade UnB de Planaltina, Universidade de Brasília. Planaltina/DF, 2015.

VOLHARD F.; Röhlen U. **Der lehmbau regeln.** 2009

WALKER P. **The australian earth building handbook.** Sydney Australia. 2001. HB 195.
WEIMER, G. **Arquitetura popular brasileira.** São Paulo: Martins Fontes, 2005.

WATSON, L.; MCCABE, K. The cob building technique**:** past, present and future. **Informes de la construcción**, v. 63, n. 523, p. 59-70, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global water supply and sanitation assessment 2000 report.** 2000a Disponível em:<http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/Globassessment/Global1.htm#Top>. Acesso em: 22 set. 2017.

ZIMBELMANN, M.; LEHN, H. **Contribution of dry sanitation to the MDGs and a sustainable development .** Institute for Technology Assessment and Systems Analysis Germany, 2007.