

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**GABRIELA KARINE LEÃO DA SILVA
SAMUEL GOMES PEREIRA**

BIOCONSTRUÇÃO COMO ALTERNATIVA CONSTRUTIVA

ANÁPOLIS / GO

2019

GABRIELA KARINE LEÃO DA SILVA
SAMUEL GOMES PEREIRA

BIOCONSTRUÇÃO COMO ALTERNATIVA CONSTRUTIVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: EDUARDO MARTINS TOLEDO

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRAFICA

SILVA, GABRIELA KARINE LEÃO DA/ PEREIRA, SAMUEL GOMES.

Bioconstrução como alternativa construtiva.

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Bioconstrução

2. Sustentabilidade

3. Adobe

4. Métodos construtivos

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Gabriela Karine Leão da; PEREIRA, Samuel Gomes. Bioconstrução como alternativa construtiva. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 60p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriela Karine Leão da Silva

Samuel Gomes Pereira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Bioconstrução como alternativa construtiva.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Gabriela Karine Leão da Silva

E-mail: gabrielakarineleao@gmail.com



Samuel Gomes Pereira

E-mail: samuelgomes.p@outlook.com

**GABRIELA KARINE LEAO DA SILVA
SAMUEL GOMES PEREIRA**


BIOCONSTRUÇÃO COMO ALTERNATIVA CONSTRUTIVA

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**WILLIAM PEREIRA DOS SANTOS JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda a vida criada, que é tão complexa e simples ao mesmo tempo, que move e inspira a novas experiências, aprendizados, reflexões, que nos leva a transcender. Agradeço a minha mãe, exemplo de ser humano, geradora constante de amor, a meus irmãos que são presentes em minha vida, a meu namorado e parceiro, e aos amigos por serem fonte de força, apoio e inspiração.

Agradeço por todo auxílio que obtive para complementar este trabalho, principalmente do orientador deste trabalho pela paciência e empatia, aos incentivadores da Bioconstrução, da minha cidade, Alexânia, Goiás, o qual fazem toda diferença, tornando o mundo um lugar melhor.

Gabriela Karine Leão da Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por proporcionar a oportunidade de me tornar Engenheiro Civil e por não me deixar desamparado em momento algum. Agradeço minha mãezinha, pela mulher maravilhosa e guerreira que é e sempre deu seu melhor em prol de felicidade e realização pessoal, não se ausentando em nenhum momento meu de fraqueza e desânimo. Agradeço também meu grande irmão Lucas, sem dúvida um grande homem no qual me inspiro e tenho grande orgulho e admiração. Agradeço meu irmão Kleber que sempre me incentivou a trilhar o caminho dos estudos e dos e do aprendizado, assim como, deu todo suporte paternal e criou boas referências de conduta e disciplina para minha evolução pessoal. Agradeço minha companheira Jéssica, por não me deixar desanimar em nenhum momento e me apoiar nos momentos difíceis. Por fim, agradeço aos meus amigos Gabriela, Thales, Vinicius, Diego, Luiz e Andressa, companheiros de jornada, sem dúvidas, bastante árduo e cansativa, a esses amigos, aos quais tenho grande estima deixo meus sinceros agradecimentos por fazerem dos dias difíceis mais felizes, criando estímulos para seguir em frente.

Agradeço em particular nosso orientador, pelo esforço em nos ajudar e nos dar a chance de concluir mais esta etapa em nossas vidas.

Samuel Gomes Pereira

RESUMO

Hoje o conceito de sustentabilidade está difundido nos mais variados campos da sociedade, e a construção civil é um dos principais temas no que tange à sustentabilidade. O presente trabalho tem como foco a bioconstrução como forma alternativa as construções convencionais, em resposta aos impactos causados atualmente pela indústria da construção. A bioconstrução faz uso de materiais e soluções tecnológicas que visam o reaproveitamento, conforto e economia das matérias primas naturais e locais. Este trabalho buscou de forma objetiva conhecer através da pesquisa bibliográfica, a contextualização da sustentabilidade no âmbito da construção civil, reconhecer o impacto que este setor causa no meio ambiente e apresentar o conceito e práticas envolvidas na bioconstrução, sendo apresentado uma habitação construída com conceitos bioconstrutivos que mostra o uso de materiais com baixo impacto ambiental, onde nota-se o bom aproveitamento dos recursos naturais encontrados na região onde está inserida a obra aliados aos processos artesanais empregados ao projeto, cumprindo os critérios de aplicabilidade deste método construtivo, possibilitando assim o sucesso ambiental da obra. E através de ensaios laboratoriais foi analisado o material usado na construção da habitação com conceito de bioconstrução, o tijolo de adobe foi submetido a análise de sua composição, que é essencial para fazer as características de resistência, para que pudesse verificar seu potencial como alternativa aos materiais usados comumente. O material de adobe analisado de uma habitação construída através do conceito de bioconstrução alcança até 1,6 MPa de resistência, mostrando que o método construtivo e os materiais de viés sustentável, são alternativas viáveis para a construção civil contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE:

Sustentabilidade. Bioconstrução. Métodos Construtivos. Adobe.

ABSTRACT

Today the concept of sustainability is widespread in the most varied fields of society, and civil construction is one of the main themes in terms of sustainability. The present work focuses on the bioconstruction as an alternative to conventional constructions, in response to the impacts currently caused by the construction industry. Bioconstruction makes use of materials and technological solutions that aim at the reuse, comfort and economy of natural and local raw materials. This work aimed to know, through bibliographic research, the contextualization of sustainability in the field of civil construction, to recognize the impact that this sector causes in the environment and to present the concept and practices involved in the bioconstruction, presenting a housing built with bioconstructive concepts which shows the use of materials with low environmental impact, where it is noted the good use of the natural resources found in the region where the work is inserted allied to the artisanal processes employed in the project, fulfilling the criteria of applicability of this constructive method, thus enabling success environmental performance of the work. And through laboratory tests was analyzed the material used in the construction of housing with concept of bio-construction, the adobe brick was subjected to analysis of its composition, which is essential to make the resistance characteristics, so that it could verify its potential as an alternative to materials commonly used. The adobe material analyzed from a housing built through the concept of bioconstruction achieves up to 1.6 MPa of resistance, showing that the constructive method and sustainable bias materials are viable alternatives for contemporary civil construction.

KEYWORDS:

Sustainability. Bioconstruction. Constructive Methods. Adobe.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Comparação do consumo de materiais naturais per-capta em nível mundial..... | 23 |
| Figura 2 - Cadeia Produtiva da Construção Civil simplificada. | 24 |
| Figura 3 - Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil..... | 27 |
| Figura 4 - Estimativa de geração de RCC em alguns países. | 28 |
| Figura 5 - Cidade de Jericó, Cidade de Çatal Huyuk. | 29 |
| Figura 6 - Mesquita em Mali. | 30 |
| Figura 7 - Mapa de distribuição geográfica de arquitetura de terra..... | 30 |
| Figura 8 - Blocos de Adobe sendo moldados. | 33 |
| Figura 9 - Casa contruída com base em argila, areia e palha | 37 |
| Figura 10 - Casa no Distrito de Olhos d' Água de adobe. | 39 |
| Figura 11 - Habitação construída através da Bioconstrução. | 41 |
| Figura 12 - Teto com iluminação natural. | 42 |
| Figura 13 - Ensaio de granulometria conjunta. | 45 |
| Figura 14 - Preparação da amostra para o ensaio. | 46 |
| Figura 15 - Amostra na máquina universal de ensaios..... | 47 |
| Figura 16 - Gráfico da análise granulométrica conjunta. | 49 |
| Figura 17 - Gráfico obtido no ensaio de compressão simples..... | 50 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Série de peneiras utilizadas | 44 |
| Tabela 2 - Medidas das amostras de adobe. | 46 |
| Tabela 3 - Análise granulométrica por peneiramento. | 48 |
| Tabela 4 - Análise granulométrica por sedimentação. | 48 |
| Tabela 5 - Classificação segundo ABNT. | 49 |
| Tabela 6 - Resultado do ensaio de compressão simples..... | 50 |

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

| | |
|----------|--|
| CBCS | Conselho Brasileiro de Construção Sustentável |
| CBIC | Câmara Brasileira da Indústria da Construção |
| CRATerre | Centro Internacional da Construção com Terra |
| UNEP | <i>United Nations Environment Programme</i> |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| ITS | Instituto de Tecnologia Social |
| IPEC | Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado |
| PRNS | Política Nacional de resíduos |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| RCC | Resíduo da Construção Civil |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| BTC | Bloco de Terra Comprimida |
| ABCP | Associação Brasileira de Cimento Portland |
| PCA | <i>Portland Cement Association</i> |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 15 |
| 1.2 OBJETIVOS | 16 |
| 1.2.1 Objetivo geral..... | 16 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.3 METODOLOGIA..... | 16 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 17 |
| | |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 18 |
| 2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL | 18 |
| 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL..... | 21 |
| 2.3 CONSTRUÇÃO COM TERRA..... | 29 |
| 2.4 TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM O USO DO SOLO | 31 |
| 2.4.1 Construção com adobe | 32 |
| 2.5 BIOCONSTRUÇÃO | 34 |
| 2.5.1 Aplicabilidade em uma habitação | 38 |
| | |
| 3 METODOLOGIA..... | 43 |
| 3.1 ENSAIO DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA | 43 |
| 3.1.1 Peneiramento | 43 |
| 3.1.2 Sedimentação | 44 |
| 3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DO ADOBE | 45 |
| 3.2.1 Preparação da amostra | 45 |
| 3.2.2 Ensaio de Resistência Mecânica a compressão | 47 |
| | |
| 4 RESULTADOS E DISCURSÕES..... | 48 |
| | |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 52 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 54 |

1 INTRODUÇÃO

A utilização intensiva de recursos naturais para a produção de materiais e produtos para suprir as necessidades humanas tem se mostrado crescente nas últimas décadas, em especial na construção civil que utiliza grande quantidade tanto de matéria prima, quanto de recursos financeiros. Em virtude disso, o desenvolvimento sustentável tem sido discutido recorrentemente em alguns setores da construção, buscando estratégias que possam envolver uma visão ecológica, social e econômica, sendo difundido métodos construtivos mais ecológicos e que causem pouco impacto ambiental.

Sendo a construção civil um dos ramos de maior crescimento, existe grande preocupação com os impactos ambientais que esse setor pode causar, segundo publicação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2014) a indústria da construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído. E visando diminuir esses impactos, a indústria da construção civil tem utilizado tecnologias que dão prioridade ao uso de recursos mais sustentáveis, podendo aliar o desenvolvimento econômico à preservação do meio ambiente.

E é nesse contexto contemporâneo da construção civil, voltado para sustentabilidade, que técnicas e métodos construtivos começam a ganhar visibilidade, como o caso do conceito de Bioconstrução, segundo definição do Ministério do Meio Ambiente (2008) este tipo de método consiste na construção de ambientes sustentáveis que tragam por meio de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao local e o uso materiais naturais e reutilização de resíduos. Nestes termos, a Bioconstrução se encaixa como uma ferramenta de tecnologia social, agregando como um Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções. Este modelo construtivo contrapõe as tendências da Construção Civil convencional, na qual os materiais utilizados, geralmente, são provenientes de processos de fabricação complexos que demandam grande quantidade de energia e produzem diversos resíduos.

Nesse sentido, do conceito de Bioconstrução, técnicas e materiais naturais estão sendo reintroduzidas no intuito de economizar recursos de qualquer fonte e contribuir, assim, para a sustentabilidade. Uma matéria-prima natural, que causa pouco impacto ambiental e que pode ser amplamente empregada na construção de moradias populares é o solo. Por ser um material de baixo custo, e de fácil obtenção na maioria das localidades o solo sempre teve papel importante na arquitetura ao longo da história.

Dentre as principais técnicas construtivas que utilizam o solo, temos os tijolos de adobe que geram uma menor quantidade de resíduos e tem suas matérias-primas encontradas de forma abundante. O processo construtivo é simples e de baixo custo e baseia-se em uma mistura de solo, água, compactada e curada à sombra. Segundo Motta et al. (2014) um dos benefícios da adoção desse tipo de tijolos de solo, é a redução de custos, do consumo de água, da energia, além de propulsar o desenvolvimento de novos produtos que contribuam para o mercado e para a diminuição da poluição.

Fazendo uma reflexão em torno da interação da sociedade e meio ambiente, nos leva a compreender a importância e a necessidade de pesquisas e ações frente aos grandes desafios e mudanças de origens complexas que as cidades enfrentam, nas últimas décadas, relacionados à sua sustentabilidade. Por isso este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a relevância de se adotar medidas sustentáveis no mundo atual, apresentando o conceito de Bioconstrução, seus aspectos e contribuições como método construtivo, descrevendo uma habitação construída através deste conceito, e analisando o material usado para a edificação desta construção, mostrando o potencial do material utilizado neste tipo de método, difundindo assim a Bioconstrução para fazer frente aos métodos convencionais de construção, na busca de minimizar cada vez mais os impactos nocivos na construção civil.

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido a crescente necessidade de técnicas e materiais alternativos e sustentáveis na área da construção civil, para que se minimizem os impactos causados aos longos dos anos, se faz imprescindível o desenvolvimento de técnicas construtivas e materiais que causem baixo impacto ambiental e que tenham baixo custo, como é o caso do solo, que pode ser substituído pelos materiais convencionais na área da construção civil.

Sendo de suma importância procurar soluções que reflitam a diversidade dos contextos socioeconômicos e ecológicos, multiplicando, assim, as opções de rumos para o desenvolvimento, este trabalho se justifica, pois, trará reflexões sobre o modelo de construção civil atual que causa tantos danos ambientais. Esta pesquisa contribuirá com informações importantes em relação a técnicas que possam minimizar ou eliminar esses impactos negativos causados por esse seguimento. O presente trabalho pretende voltar os estudos para a bioconstrução, que é um método utilizado na construção civil que engloba técnicas que visam a construção de casas ecológicas e sustentáveis, através de materiais de impacto ambiental mínimo, mostrando o uso deste conceito em uma construção real, abordando o material de

adobe, utilizado nessa construção, mostrando suas características como material alternativo aos materiais convencionais mais usados, sendo ainda muito necessário a difusão e estudos destes materiais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho desenvolvido irá abordar o conceito de Bioconstrução fazendo a observação de uma construção e analisando o material utilizado nesta construção: Adobe, verificando seu potencial para ser usado como opção construtiva sustentável.

1.2.2 Objetivos específicos

Para a obtenção dos objetivos gerais, serão realizados estudos e procedimentos específicos. Dentre eles, destacam-se:

- Elencar a relevância da sustentabilidade no atual cenário da construção civil, elucidando a relevância das Bioconstruções, como opção de construções sustentáveis.
- Mostrar a aplicabilidade do conceito de bioconstrução em uma casa construída.
- Realizar no material coletado: ensaios granulométricos para sua classificação e verificar através de ensaios de resistência mecânica a compressão, se o material utilizado: adobe, pode atender a construção civil.

1.3 METODOLOGIA

Com o intuito da concretização dos objetivos propostos, desenvolveram-se algumas atividades para poder embasar a viabilidade do uso de materiais usados na bioconstrução, no cenário atual da construção civil.

Com o auxílio de pesquisa bibliográficas, foi abordado o contexto da sustentabilidade na construção civil, os aspectos dos impactos ecológicos que esse setor exerce, o consumo dos recursos naturais e descarte dos materiais no ambiente e grande fluxo de resíduos produzidos pela indústria. E ainda visando a emergência de um setor sustentável, a utilização do solo para fabricação de materiais ecologicamente viáveis, sendo possível através do aporte literário de dissertações, teses, artigos científicos, publicações e Leis.

Além disso, também foi feita uma observação no distrito de Olhos d' Água, Alexânia, Goiás, onde se encontra casas construídas com o conceito de bionconstruções, no local foi analisada, uma residência unifamiliar, construída principalmente com adobe.

E através de ensaios laboratoriais, desempenharam-se ensaios de granulometria. Estes classificam a textura do solo e, conseqüentemente, analisam o solo do qual era constituído o adobe, na região onde o solo foi coletado, logo após realizaram-se no laboratório de materiais de construção civil, ensaios de resistência mecânica a compressão do material de adobe, para a verificação da potencialidade do material para ser usado na construção.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho contém cinco capítulos no qual dão aporte e embasamento para justificar a relevância do tema escolhido.

O primeiro capítulo é a introdução que tem como objetivo apresentar o tema ao leitor, contextualizar, justificar e proporcionar o conhecimento objetivo dos problemas analisados, neste capítulo também se encontra as metodologias usadas para a obtenção dos objetivos apresentados.

A partir do segundo capítulo inicia-se a revisão bibliográfica, começando pela apresentação do tema acerca da Construção Civil Sustentável, trazendo a contextualização dos primeiros passos da sociedade para a conscientização da necessidade da preservação do meio ambiente em que vivemos, dando especial atenção aos diversos impactos que o setor da construção civil exerce sobre o ambiente em que vivemos. Também se fala sobre o uso do solo como elemento construtivo durante toda a história da humanidade e a viabilidade do seu uso sustentável, ainda dando referência teórica ao trabalho temos a apresentação da Bioconstrução como método construtivo sustentável e de baixo impacto ambiental, justificando a necessidade da difusão acerca do assunto e sua relevância para menores danos ao meio ambiente.

Já no terceiro e quarto capítulo começa a abordagem empírica do trabalho, onde é exposto os materiais e métodos que constituem as experiências e ensaios promovidos pelo autor, baseado em estudos anteriores relacionados ao mesmo tema, nestes capítulos é apresentado os materiais e equipamentos utilizados, realização dos ensaios e amostras dos resultados obtidos e debate sobre os indicativos alcançados.

No quinto capítulo apresenta-se as conclusões encontradas durante a elaboração do trabalho e possíveis sugestões para futuras pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL

A história mostra que a construção civil sempre existiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem sem preocupação com técnicas aprimoradas em um primeiro momento, e sendo o homem dinâmico e capaz de produzir e transformar continuamente suas técnicas através de aperfeiçoamento e estudo contínuo dos resultados, proporcionou assim que ao longo do tempo a construção civil fosse responsável pela transformação do ambiente natural no ambiente construído, o qual precisa ser permanentemente atualizado e mantido.

Esse ambiente construído implica em grandes impactos ambientais onde dependem de toda uma cadeia produtiva, como extração de matérias primas, produção e transporte de materiais, concepção e execução de projetos, uso e manutenção e ao final da vida útil, a demolição, além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Todas essas etapas envolvem recursos ambientais, econômicos e tem impactos sociais que atingem cidadãos, empresas e órgãos governamentais, por isso a sustentabilidade nesse setor depende de soluções em todos os níveis.

Pelo menos desde de 1960 começaram a se colecionar evidências de que o modelo de desenvolvimento vigente apresentava problemas (AGOPYAN; JOHN, 2011). Ao decorrer das décadas, os problemas ambientais se tornavam mais notórios, e foi a partir daí que vários outros relatórios foram elaborados todos com o mesmo fundamento: preservar o meio ambiente. Para isso havia a necessidade de se alterar o padrão desenvolvimentista. E somente na década de 1970 que o conceito de Desenvolvimento Sustentável é apresentado pela primeira vez, formulado pela Comissão de Brundtland, comissão criada pela Organização das Nações Unidas, em 1983, e presidida pela primeira ministra da Noruega, Gro Brundtland, onde se originou um relatório no ano de 1987, propondo um padrão de uso de recursos naturais que atendesse as atuais necessidades da humanidade, preservando o meio ambiente, de modo que as futuras gerações poderiam também atender suas necessidades.

E foi a partir de 92 que o conceito de sustentabilidade se firmou, com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Rio 92, que foi realizada em junho de 1992. Sediada no Rio de Janeiro, encontro que reuniu representantes de 175 países e de Organizações, sendo considerado o evento ambiental mais

importante do século XX, a Rio 92 foi a primeira grande reunião internacional realizada após o fim da Guerra Fria. Como consequência três convenções: uma sobre Mudança do Clima, sobre Biodiversidade e uma Declaração sobre Florestas. E a aprovação da Declaração do Rio e a Agenda 21, sendo esta última a de maior influência no mundo sobre todas as áreas, reforçando o movimento ambientalista. Em 2012, houve o marco dos vinte anos da Rio 92, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio de Janeiro/Brasil), conhecida como Rio+20.

Mesmo com as discussões sobre desenvolvimento sustentável se tornando tão pertinentes, foi só em meados de 1990, Segundo Agopyan e Jonh (2011) que a construção civil foi colocada como uma indústria com sérios problemas de sustentabilidade. Um dos primeiros eventos científicos internacionais organizados especificamente para discutir construção sustentável, *First International Conference on Sustainable Construction*, que ocorreu em 1994 em Tampa, Flórida. O evento foi um alerta, cuja pauta foi o futuro das construções envolvendo a sustentabilidade e durante a qual foram feitas várias propostas objetivando a definição do conceito de construção sustentável. A principal preocupação deste novo conceito baseia-se em contribuir para a preservação do meio ambiente, o respeito pelos recursos naturais e a qualidade de vida do ser humano.

Neste âmbito internacional a contribuição do Conselho Internacional para pesquisa e inovação na edificação e na construção – *International Council for Research and Innovation in Building and Constructional (CIB)* – para o tema foi muito significativa, foi em um congresso organizado pelo CIB, na cidade de Gävle, Suécia, que culminou no lançamento do texto da Agenda 21 on sustainable construction (Agenda 21 para a construção sustentável) em 1999, traduzido para o português no ano seguinte, com o apoio de outros organismos internacionais de construção civil, tornou-se um documento de caráter universal. Um dos objetivos da Agenda 21 é a de servir, inicialmente, como um alerta a todos os setores da Indústria da Construção Civil dos problemas ambientais com que interagem a da urgência em programar ações eficazes para combatê-los. O texto também serve como orientação para a formulação de diretrizes, políticas e normativas para todos os setores, a fim de que elas se tornem mais favoráveis, pretendendo chegar à construção sustentável.

É certo que os problemas principais de sustentabilidade são globais e servem para todos os países. No entanto, as prioridades sociais e ambientais, bem como os recursos disponíveis, são diferentes. Procurando contribuir com os países em desenvolvimento destacando essa abordagem de forma mais direta, o CIB patrocinou, juntamente com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – *United Nations Environment Programme*

(Unep) – a elaboração de um texto mais apropriado, elaborado por profissionais da África do Sul, da Índia e do Brasil, a Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento – Um documento para Discussão) seria uma proposta de uma agenda de pesquisa para promover a sustentabilidade na construção local, bem como contribuir para divulgar o conhecimento dessa abordagem, mostrando que a sustentabilidade pode ser viável, mesmo em países com economia não consolidada.

Entrando no cenário brasileiro, de acordo Agopyan e Jonh (2011) os conceitos de sustentabilidade na Construção Civil chegaram ao país com um certo atraso. O Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, promoveu um Simpósio, que pode ser considerado um marco inicial da preocupação sobre construção sustentável no Brasil, no qual, pela primeira vez, o tema foi abordado de maneira ampla. As conclusões do texto são similares aos demais mas destaca-se a necessidade de um esforço coletivo, com redes sinérgicas entre os setores da construção e suas entidades representativas, e incluindo também o governo.

Ainda no Brasil, em resposta a preocupação acerca do tema, foi que em 2007 foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) com o objetivo de contribuir para a geração e difusão de conhecimento e de boas práticas de sustentabilidade na construção civil. Adota uma visão sistêmica da sustentabilidade, com foco no setor da construção civil e suas inter-relações com o setor financeiro, o governo, a academia e a sociedade civil. Adicionalmente, a entidade se relaciona com importantes organizações nacionais e internacionais que se dedicam ao tema, sob diferentes perspectivas, a partir da ótica ambiental, de responsabilidade social e econômica dos negócios (CBCS, 2018). Lançando subsídios para a promoção da construção civil sustentável, juntamente com o governo e outras organizações ambientais.

Indubitavelmente, o setor da construção civil tem papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável. No que diz respeito a desenvolvimento sustentável, o conceito transcende a sustentabilidade ambiental, para ir de encontro a sustentabilidade econômica e social, que mostra a importância de dar valor à qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades. Os desafios para o setor da construção no Brasil e no mundo são diversos, em resumo, basicamente se apoiam na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do meio ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído, é possível encontrarmos segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018), as seguintes recomendações:

- Mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições;
- Busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis;
- Gestão ecológica da água;
- Redução do uso de materiais com alto impacto ambiental;
- Redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais.

E ainda há vários problemas no âmbito nacional, que seria a construção e o gerenciamento do ambiente construído, que devem ser encarados dentro da perspectiva de ciclo de vida.

O tema da construção sustentável caminha para duas direções distintas. De um lado, pesquisas em tecnologias alternativas disseminam o resgate de materiais e tecnologias vernáculas com o uso da terra crua, da palha, da pedra, entre outros materiais naturais, pouco processados e para serem organizados em ecovilas e comunidades alternativas. De outro lado, empresários apostam em empreendimentos ecológicos, com as certificações, tanto na edificação quanto urbano. No entanto, muito edifícios que recebem o rótulo de ecológicos refletem apenas esforços para reduzir a energia incorporada e são, em muitos outros aspectos, convencionais, tanto na aparência quanto no processo construtivo. É preciso analisar e questionar os benefícios que estes rótulos dados a esses empreendimentos, que são desenvolvidos para outra realidade podem trazer, especialmente para países como o Brasil que ainda não resolveram seus problemas mais básicos como pobreza e desigualdade social.

A construção sustentável no Brasil já é um tema bem discutido, tanto nas lideranças empresariais quanto na academia. Os órgãos governamentais que se mostram a retaguarda do tema, falta ainda, ao país, que os princípios da construção sustentável sejam de fatos colocados efetivamente em prática pelo governo (AGOPYAN; JOHN, 2011).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Todo setor da economia depende do fluxo constante de materiais, em um ciclo que começa na extração de matérias-primas naturais, e segue sucessivas etapas de transformações industriais, transporte, montagem, manutenção e desmontagem final.

A vida moderna demanda enormes quantidades de materiais e cresce cada vez mais. Atualmente são extraídos cerca de 60 bilhões de toneladas de matérias-primas naturais (AGOPYAN; JOHN, 2011), esse ritmo extrativo não pode ser mantido indefinidamente, pois vivemos num sistema fechado, que é a Terra, a extinção dos recursos naturais é um problema que vem sendo discutido constantemente, e atualmente buscam-se meios que possam evitar esse fim.

Apesar de em 2017, o setor da construção civil ter apresentado a maior queda dos últimos tempos ainda sim, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2014), o setor representa em torno de 6 % de todo o PIB Brasileiro. Esta porcentagem reflete o grande papel que o setor tem diante a economia brasileira e na sua função de proporcionar o ambiente construído.

Sendo, portanto, a construção civil um dos maiores setores na economia, produz todo o ambiente construído, conseqüentemente utiliza abundantemente dos recursos naturais não renováveis, desde a matéria-prima natural que é necessária à construção até a energia que é consumida durante todo o processo. Segundo Sjöström (1996, apud JOHN, 2000) estima-se que a construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos no planeta.

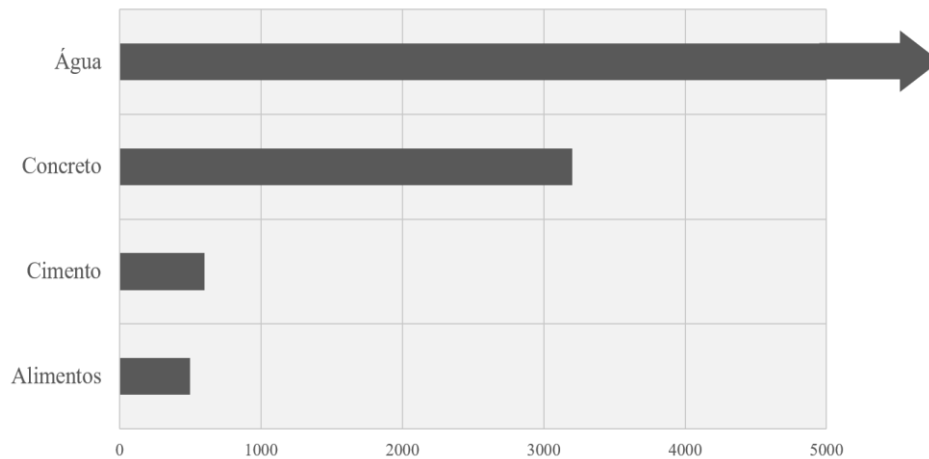
O ambiente construído, tem enorme extensão e não pode ser miniaturizado. A sua construção demanda uma enorme quantidade de materiais. O cimento Portland é o material artificial de maior consumo pelo homem (AGOPYAN; JOHN, 2011) sendo atualmente uma quantidade superior ao consumo de alimentos, como pode-se ver na Figura 1, onde foram compilados pelos autores dados de várias fontes para a elaboração do comparativo.

Como o cimento não é utilizado isoladamente, mas em combinação de grandes quantidades de agregados e água, ainda segundo Agopyan e Jonh (2011) cerca de 1/3 dos recursos no Brasil vão para a produção de materiais cimentícios.

Este volume de matérias compreende somente aos materiais que chegam até o canteiro, a inclusão dos resíduos gerados nas indústrias e extração de matérias-primas destinadas a fabricação dos materiais e componentes para a construção civil aumentaria em muito o volume.

A melhoria e ampliação do ambiente construído com o emprego de volume proporcionalmente inferior de recursos naturais é certamente o maior desafio da construção civil. Um dos desafios do futuro é desmaterializar a construção, reduzindo os impactos ambientais. Este desafio exigirá do setor um grande esforço de inovação.

Figura 1 - Comparação do consumo de materiais naturais per-capta em nível mundial.



FONTE: Adaptação de AGOPYAN; JOHN, 2011.

A melhoria e ampliação do ambiente construído com o emprego de volume proporcionalmente inferior de recursos naturais é certamente o maior desafio da construção civil. Um dos desafios do futuro é desmaterializar a construção, reduzindo os impactos ambientais. Este desafio exigirá do setor um grande esforço de inovação.

O consumo de materiais é proporcional a grande quantidade de resíduos gerada, o que chamamos de resíduos da construção civil (RCC) é apenas uma parcela do que toda a cadeia produtiva gera. Cada processo de mineração ou industrial que alimenta a atividade de construção e manutenção contribui para o todo.

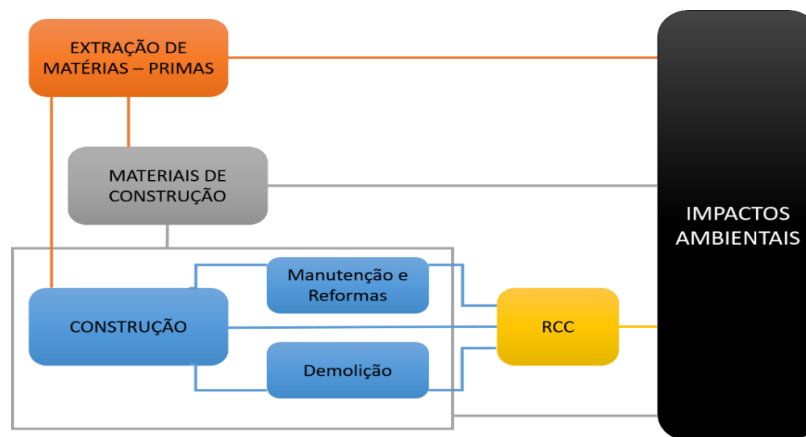
A construção civil é um ramo que está sempre crescendo, pois existe sempre uma demanda por construções de residências, estradas, indústrias, etc. O que torna claro que as ações desenvolvidas por essas empresas são, também, essenciais à população, ao desenvolvimento das cidades, e para a economia do país. No entanto, a construção civil gera inúmeros impactos ao meio ambiente, desde as etapas necessárias a construção, até sua demolição. E todo produto ao longo de seu ciclo de vida, mesmo os naturais como rochas, o solo e a madeira, exerce diferentes impactos no ambiente, não existem materiais que não tenham qualquer impacto ambiental.

O conjunto de processos que acompanha a construção civil acaba por fazer parte de importantes impactos ambientais que degradam significativamente a qualidade de vida do ambiente urbano, a cadeia de ações que geram esses impactos ambientais, apresenta-se na Figura 2, um esquema geral da cadeia produtiva da construção civil, que se divide em duas: produção de materiais de construção e construções de edificações, esta subdividida em reforma e demolição, ambas tendo o setor de materiais de construção como início de seu processo

produtivo, e em consequência a produção de RCC, e tendo como seu último aspecto os impactos ambientais, este último, na verdade, sendo desencadeado por todo o processo desde o início.

A influência do impacto de cada material depende de condições locais, como: detalhes do processo produtivo, natureza do combustível utilizado, distâncias e modalidades de transporte, detalhes de projeto, condições de exposição durante o uso, manutenção e práticas a serem adotadas após a vida útil dos materiais.

Figura 2 - Cadeia Produtiva da Construção Civil simplificada.



FONTE: Adaptação de KARPINSK et al, 2009.

A partir da percepção do nível dos desgastes ambientais, faz-se necessário trabalhar um projeto de desenvolvimento global, mesmo que regional, que contemple a dimensão ambiental no sentido de conceber um novo e mais eficaz método de administrar os recursos do ambiente para aquela região.

Um dos impactos a ser citado é o consumo de energia, na construção e na obtenção dos materiais, particularmente os edifícios desde a construção até sua fase de uso, as cidades edificadas consomem entre 60% e 80% de toda a energia global (UNEP, 2018). Outros fatores importantes que influenciam na energia incorporada nos materiais é a distância e o meio de transporte. O conteúdo de energia por unidade de materiais não constitui um indicador do impacto ambiental, porque existe diferença de eficiência entre os diferentes materiais para a mesma função. Aspecto considerado também é que diferentes materiais vão apresentar diferentes durabilidades. Desta forma a durabilidade elevada pode compensar o levado consumo de energia e vice-versa.

São vários os impactos listados, dentre os mais discutidos estão os efeitos das obras de construção e de extração de matérias primas na destruição da flora, fauna, paisagem. Um

importante elemento que também sofre o impacto da indústria civil é a água, embora abundante no planeta, é predominante não potável. Menos de 1% do total da água é potável e acessível ao consumo humano, sendo que em grandes cidades mesmo fora de regiões desérticas ou semidesérticas a água potável é produto escasso e caro (JOHN, 2000).

Segundo Agopyan e John (2011) o consumo de cimento ultrapassa o consumo de alimentos, portanto, o impacto deste produto no meio ambiente é proporcional, a indústria do cimento é responsável por aproximadamente 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa e por aproximadamente 5% das emissões de CO₂. Estima-se que cerca de 0,7 a 1 tonelada de CO₂ é produzida para cada tonelada de clínquer dependendo de tipo de combustíveis utilizados (GASQUES et al., 2014). Sendo o cimento só mais um agravante entre outros para a degradação do meio ambiente.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2014), considera os seguintes impactos como prioritários para uma metodologia de Análise de ciclo de vida simplificado, que seja viável na construção civil brasileira:

- Mudanças Climáticas: emissões de gases como CO₂, CH₄, NO_x, HCFC que diminuem a capacidade de emissão de energia de onda longa do globo terrestre para o espaço, provocando aquecimento.
- Uso de recursos naturais: Consumo das reservas de produtos não renováveis ou explosão de produtos renováveis sem manejo acima da capacidade de recomposição.
- Consumo de energia: Categoria que analisa a eficiência no uso de energia bem como a contribuição para o esgotamento de fonte de energias não renováveis.
- Geração de resíduos: Acumulação de resíduos com o risco de contaminação ambiental e desperdício de recursos naturais.
- Consumo de água: Consumo de água na atividade, contribuição para o stress hídrico da região e as consequências em capacidade de suporte de vida.

Os principais impactos ambientais são relacionados aos resíduos na produção de materiais e componentes, na atividade de canteiro, durante a manutenção e demolição, a enorme quantidade de resíduos produzida pela indústria da construção civil tem sido notícia frequente porque vem há tempos causando sérios problemas urbanos, sociais e econômicos. O gerenciamento desses resíduos torna-se mais complicado quanto maior for a quantidade produzida, esta questão será desenvolvida adiante.

A geração de resíduos da construção civil é confrontada por problemas que requerem definições pertinentes com base nas legislações e normas técnicas referentes ao tema para um

melhor entendimento do mesmo. Os RCC representam um grave problema em muitas cidades brasileiras. Estima-se que são gerados aproximadamente 5kg de resíduos para cada 1kg de material utilizado (JOHN, 2000).

O fluxo de materiais ao longo do ciclo de vida gera resíduos, desde o processo de extração e fabricação até a execução da obra, fase de uso/manutenção e fase de demolição/desconstrução de edifícios. Esses resíduos gerados na indústria da construção civil se mostram uma grande problemática, visto que eles representam um problema que sobrecarrega os sistemas de limpeza pública municipais, no Brasil, os RCC podem representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (IPEA, 2012).

A partir da Resolução Conama nº 307/2002, o gerador tornou-se responsável pela segregação dos RCC em quatro classes diferentes, devendo encaminhá-los para a reciclagem ou uma disposição final. A resolução também determina a proibição do envio a aterros sanitários e a adoção do princípio da prevenção de resíduos. A Resolução do Conama nº 307/2002 propõe a seguinte definição para RCC em seu Artigo 2º.

resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (Brasil, 2002, Artigo 2º, inciso I).

Ainda na Resolução do Conama nº 307/2002, os resíduos sólidos são classificados como:

I - Classe A - Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras. (Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos; blocos e tubos de concreto e argamassa).

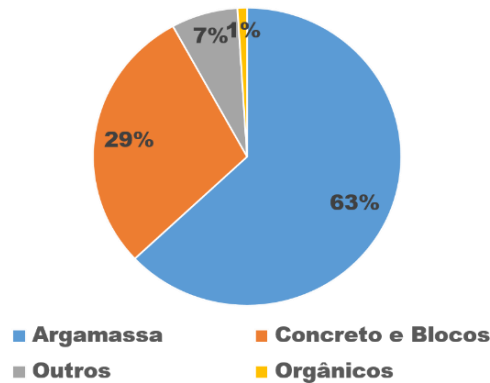
II - Classe B – Estes são os resíduos recicláveis para outros locais, como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - São os resíduos no qual não se encontraram tecnologias ou realizações economicamente viáveis que possibilitem a sua reciclagem ou recuperação (Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com substância que o classifique como D)

IV - Classe D: Aqueles compostos ou em contato de materiais/substâncias nocivos à saúde. (Solvente e tintas; telhas e materiais de amianto; entulho de reformas em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados).

De todo o RCC recolhido no Brasil a maior quantidade produzida seria do resíduo de Classe A. Como pode ser visualizado em pesquisa apresentada pelo O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Figura 3.

Figura 3 - Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil.



FONTE: Adaptação de IPEA, 2012.

A indústria da construção civil é tão grande que seria impossível deixar o destino dos resíduos gerados por ela a encargo dos responsáveis por cada obra. Por isso existem normas e leis para regulamentar os resíduos que sobram diariamente.

A primeira lei a se destacar é Lei 6.938/81 que instituiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Este sendo presidido pelo Ministro do Meio Ambiente. Os RCC estão sujeitos à legislação federal referente aos resíduos sólidos, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras. Sendo a Resolução CONAMA 307/2002 um marco regulatório para a gestão dos RCC, sendo regulamentados também pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) realizou uma análise da estimativa nacional, fazendo comparação entre o Brasil e outros países, como mostra a Figura 4.

No Brasil a geração de resíduos ultrapassa 31 milhões de t/ano, encontra-se abaixo de outros países, tais como Japão, Estados Unidos, Itália e Alemanha. Mesmo assim os dados em relação ao manejo dos RCC ainda são alarmantes. Dos 5.564 municípios brasileiros, 4.031 municípios (72,44%) apresentam algum tipo de serviços de manejo dos RCC. Contudo, apenas 392 municípios (9,7%) possuem alguma forma de processamento dos resíduos sólidos da construção civil (IPEA, 2012).

No Brasil, equiparado a países europeus, a diferença se dá justamente no tratamento dos resíduos recolhidos e seu preparo para a reutilização e reciclagem dos mesmos. As diretrizes e políticas são rígidas nesta questão. Atualmente a União Europeia institui quota mínima de

reciclagem e preparação para reutilização de resíduos urbanos para que seja de 70% até 2030, e somente 5% dos resíduos podendo ser depositados em aterros (FERREIRA, 2017).

Figura 4 - Estimativa de geração de RCC em alguns países.

| País | Quantidade anual | | Fonte |
|----------------|------------------|---------------------|--|
| | Em milhões t/ano | Em kg/habitante/ano | |
| Suécia | 1,2 - 6 | 136 - 680 | Tolstoy, Borklund e Carlson (1998) e EU (1999) |
| Holanda | 12,8 - 20,2 | 820 - 1.300 | Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999) |
| Estados Unidos | 136 - 171 | 463 - 584 | EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994) |
| Reino Unido | 50 - 70 | 880 - 1.120 | Detr (1998) e Lauritzen (1998) |
| Bélgica | 7,5 - 34,7 | 735 - 3.359 | |
| Dinamarca | 2,3 - 10,7 | 440 - 2.010 | Lauritzen (1998) e EU (1999) |
| Itália | 35 - 40 | 600 - 690 | |
| Alemanha | 79 - 300 | 963 - 3.658 | |
| Japão | 99 | 785 | Kasai (1998) |
| Portugal | 3,2 - 4,4 | 325 - 447 | EU (1999) e Ruivo e Veiga (<i>apud</i> Marques Neto, 2009) |
| Brasil | 31 | 230 - 760 | Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro <i>et al.</i> (2001) e Pinto e González (2005) |

FONTE: IPEA, 2012.

É necessário não só a coleta e disposições desses resíduos, mas também se faz imprescindível a tratamento e reciclagem dos materiais oriundos da construção civil. A reciclagem de RCC acarreta em vários benefícios tanto para a população quanto para o meio ambiente. Esta prática fomenta em redução do consumo de energia se tornando um fator importante para que a execução da construção civil resulte em uma atividade cada vez mais sustentável, de modo que reduzam a emissão de gases poluentes em função da produção de diversos materiais.

A segregação de resíduos em diferentes fases viabiliza esse processo de tratamento e reciclagem, permite controlar impactos associados e reduz o custo da gestão, pois viabiliza a comercialização de frações, como plástico, metais e papel, e reduz os riscos de saúde associados a reciclagem. Já foi comprovado que a segregação na origem é economicamente viável e traz satisfação a equipe da obra (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Uma revisão pelo olhar da Construção Civil nos exige perceber a realidade de maneira mais crítica quanto aos conceitos de sustentabilidade. Com a necessidade de diminuir os impactos e superar a crise ambiental, a sociedade moderna precisa reavaliar seus modos produtivos. Desta forma, a construção civil deve, quando possível, buscar as alternativas ecológicas em seu sentido mais amplo e profundo.

2.3 CONSTRUÇÃO COM TERRA

Sendo o abrigo e segurança, necessários para sobrevivência do Homem, este desenvolveu técnicas de construção que recorriam ao que a própria natureza providenciava. Estes materiais utilizados eram moldados e adaptados conforme as suas necessidades. E um recurso natural que tem grande disponibilidade de ser adquirido é o solo/terra, uma vez que naturalmente é a matéria-prima mais abundante, antiga e utilizada na construção (INÁCIO, 2016). Este tipo de construção pode ser observado em muitos locais espalhados pelo mundo e está presente em diferentes culturas, com variações consoante a mesma.

Ainda, segundo Grande (2003) o domínio da técnica de construir com terra foi uma grande mudança de vida, que até então era fixada nas proximidades de cavernas. Existem registros de uso de tijolos de terra secos ao sol antes do ano 4000 a.C. Em lugares como o Egito antigo, a Babilônia e a Assíria, se tem o relato de uso da técnica de adobe, de forma a melhorar o uso do solo como técnica construtiva.

Não é possível identificar de forma precisa e consensual, a data em que se começou a empregar a terra como material de construção, mas parece de concordância comum que o uso da terra para edificar tenha ocorrido acerca de aproximadamente 10 mil anos (ALEXANDRIA; LOPES, 2008), (PONTE,2012), onde o homem abandonou as cavernas e construiu suas primeiras casas. Ainda hoje existem evidências arqueológicas de cidades inteiras construídas em terra como a cidade de Jericó na Cisjordânia datada de 8.000 anos a.C., e a cidade de Çatal Huyuk, na Turquia, de 7.000 anos a.C. (Figura 5), as cidades mais antigas do mundo, segundo Meneses (2018).

Figura 5 - Cidade de Jericó, Cidade de Çatal Huyuk.



FONTE: Site Mundo Engenharia, 2018. Disponível em: <<http://mundoengenharia.com.br/catal-hoyuk-e-jerico-umas-das-cidades-mais-antigas-do-mundo/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

Alguns exemplares centenários ainda estão em uso, como a mesquita de Djénne, em Mali datada de 1.280 d.C., atualmente a maior construção em terra do mundo, feita em adobe como mostra na Figura 6.

Segundo Ponte (2012) até alguns anos atrás mais de um terço da população mundial vivia em edifícios construídos em terra e em países em processo de desenvolvimento, este valor representa mais da metade.

Figura 6 - Mesquita em Mali.



FONTE: Blog de viagem Quatro cantos do mundo, 2015. Disponível em:

<<https://quatrocantosdomundo.wordpress.com/2015/06/21/grande-mesquita-de-djenne-mali-arquitetura-espetacular/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

A versatilidade, qualidade e durabilidade das construções a base de terra são comprovadas pelas inúmeras edificações resistentes ao longo dos anos, estando presente em quase todos os continentes. A figura 7 demonstra um mapa de localização das zonas de maior densidade de construção em terra, e os pontos onde ainda resiste construções históricas de terra consideradas patrimônio do Programa Mundial de Arquitetura em terra da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

Figura 7 - Mapa de distribuição geográfica de arquitetura de terra.



FONTE: PONTE, 2012.

O Homem tem mostrado a capacidade de se adaptar a cada situação geográfica, encontrando soluções que adaptem o material as condições locais. Hoje em dia, a terra regressa à construção, independentemente do local, e com metodologias particulares características da própria evolução da sociedade.

Segundo Inácio (2016), em alguns países mais desenvolvidos, principalmente as potências europeias, considera-se que a construção em terra é uma alternativa bastante conveniente em relação à construção pelo qual a maioria dos edifícios se rege. Até mesmo nos continentes Americano e Oceania, este tipo de construção tem crescido significativamente, inerente à atualidade da temática do desenvolvimento sustentável.

2.4 TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO COM O USO DO SOLO

Agir para o desenvolvimento contemporâneo é buscar soluções que resolvam as necessidades do mundo atual. Essa procura de soluções mais ecológicas é uma constante nas discursões atuais, a escolha de materiais naturais e reciclados. Já existe uma conscientização maior sobre os problemas da sociedade atual, tanto no nível ecológico, como econômico e humano que abrem novas perspectivas para a aceitação da terra como material de construção pelas suas vantagens.

Sabe-se que a terra é um material ecológico, económico, resistente ao fogo e capaz de promover o conforto interior ao uma edificação como o térmico, acústico e higroscópico. O valor ecológico ainda é o aspecto mais pertinente, o fato de ser um material abundante, encontrado no próprio local, e quando retirada do próprio local, a terra é o material de construção de menor impacto que existe (PONTE, 2012).

Como é sabido, praticamente todas as civilizações desenvolveram técnicas de construção utilizando a terra. Segundo Pinto (2015), essas técnicas foram transmitidas entre povos através de invasões e colonizações técnicas, unidas as técnicas nativas criaram diversas combinações. As técnicas são relativamente semelhantes de uma região para outra, apesar de receberem denominações diferentes.

Segundo a CRATerre (Centro Internacional de Construção em Terra), existem doze técnicas tradicionais e contemporâneas que se subdividem em três famílias principais de sistemas antigos e modernos que utilizam terra como matéria prima, de acordo com o seu processo construtivo (NITO, 2012).

Seguindo Barbosa e Ghavami (2010), podem-se dividir as técnicas de acordo com as diferentes formas de se levantar as paredes. Dentre essas, as técnicas mais utilizadas no Brasil,

são alvenaria, a monolítica e a mista. As principais maneiras de se manusear o solo antes de sua aplicação são as seguintes:

- Argamassa de solo: fabricação de adobes e material de enchimento de taipas;
- Solo compactado: fabricação de tijolos por compactação, construção de fundações, paredes e muros monolíticos;
- Solo prensado: fabricação de tijolos, blocos e telhas.

Existem várias técnicas construtivas com terra, as principais técnicas conhecidas no Brasil, são a Taipa, no Brasil mais conhecida como taipa de pilão. Nos países anglo saxônicos o termo é *rammed earth*, nos germânicos *Stampflembau*, na França é conhecido como *Pisé de terre* e na Espanha, *Tapial* (BARROSO, 2016). É uma técnica de construção em terra crua, através da qual se constroem paredes monolíticas, resistentes e duradouras. A técnica consiste em preparar o solo devidamente, adicionar água até que se atinja a umidade ótima, colocar a massa de solo dentro de formas, e compactar até que se atinja a massa específica máxima, usando meios manuais ou mecânicos (PINTO, 2015). Os tijolos de bloco de terra comprimida (BTC) são um dos materiais mais frequentes na construção, em terra crua, atualmente. É possível afirmar que o BTC é proveniente do Adobe, através do aperfeiçoamento deste e melhorando o desempenho e qualidade dos blocos moldados de terra. Esta técnica foi impulsionada devido a um programa de pesquisa sobre habitações rurais, na Colômbia, pelo engenheiro Raul Ramirez e daí surgiu a primeira prensa denominada Cinva-Ram (INÁCIO,2016). O processo consiste na prensagem do solo no interior de um molde, permitindo obter pequenos blocos de alta densidade mais resistentes duráveis, e com baixa retração devido à incorporação de menor quantidade de água (FERREIRA, 2016). E os tijolos de adobe que são feitos de terra no seu estado plástico comumente secos ao sol.

2.4.1 Construção com adobe

Os adobes são conhecidos desde o início da humanidade, essa é uma das técnicas mais utilizadas nos dias atuais e também uma das formas mais antigas de construção com terra. Construções com adobe ainda estão em uso em todos os continentes habitados. A versatilidade desta técnica construtiva, com a utilização de pequenos blocos moldados de terra crua secos ao sol (Figura 8) permite a construção de alvenarias resistentes às cargas de edifícios com vários pisos (FERREIRA, 2015).

No Brasil muito se empregou o adobe, nas construções de casas, igrejas e prédios. Porém, com a modernidade dos tempos atuais e novos tijolos e materiais, estes caíram em

desuso. Mas com o crescente apelo pela sustentabilidade na construção civil, seu emprego vem crescendo. Contudo, a utilização mais generalizada do adobe pode ser limitada por causa de outros fatores, como a carência a nível de legislação e normas construtivas e a própria rejeição cultural.

Figura 8 - Blocos de Adobe sendo moldados.



FONTE: Site Um para cem, 2017. Disponível em: <<https://www.umparacem.com/single-post/2017/08/09/Resgate-de-materiais-e-tecnologias-vern%C3%A1culas/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

A preparação do Adobe consiste em misturar a terra/solo com água, até se obter uma mistura pastosa que será colocada num molde, com dimensões que correspondem ao tamanho que se pretende que os tijolos tenham (INÁCIO, 2016).

A terra adequada para a fabricação de adobes deve conter no mínimo 10% de argila. Os limites propostos pelo Centro Internacional da Construção com Terra (CRATerre) da composição que o solo deve se enquadrar, seria aproximadamente:

- Pedregulho: 0 a 10%;
- Areia: 45% a 75%;
- Silte: 10% a 45%;
- Argila: 10% a 35.

Um solo considerado ideal deveria conter de 20% a 25% de argila, de 15% a 20% de silte, e cerca de 60% de areia e 0% de pedregulho.

A densidade seca do adobe deve ser maior possível, para que este seja mais resistente. Para se obter blocos de adobe de qualidade, a quantidade de água é importante, uma mistura mais seca apresenta dificuldade no manuseio, muita úmida pode fazer o tijolo deformar. A homogeneização da mistura da terra com a água pode requerer bastante esforço, pois esta mistura por vezes é feita com os pés.

Existem diversas variações nas formas dimensões das fôrmas para tijolos de adobe. A espessura não deve ser muito maior que 10 cm largura recomendada é de 20 cm na Europa, pelo clima severo, no Brasil onde o clima é menos variável, largura de 15 cm, o comprimento pode ir até 40cm (BARBOSA; GHAVAMI, 2010).

Quanto a normatização deste tipo de tijolo de adobe, o Peru foi um dos primeiros países que oficializaram uma norma técnica sobre construções com adobes. Trata-se da *Norma técnica de Edificación Adobe E080*, no Brasil ainda não existem normas que tratem especificamente dos adobes. O principal parâmetro de controle da qualidade dos blocos de adobe é a resistência a compressão. Comparada a outros materiais industrializados, a resistência do adobe não costuma ser alta, segundo Barbosa E Ghavami (2010) é de ordem de 0,6 MPa a 2,0 MPa.

A utilização do adobe, é ainda pouco difundida no Brasil se comparada aos tijolos cerâmicos, mas esse tipo de tijolo possui vantagens como a de não necessitar de mão de obra especializada para construir com esse material. O tijolo de adobe também, de acordo com Pinheiro (2009), é um excelente regulador térmico e acústico, e depende de baixo custo energético, tanto no transporte, quanto no da confecção e futura reciclagem do material. Apesar de apresentar um bom desempenho como material construtivo, o adobe ainda é deixado de lado. É necessário a difusão dessas técnicas e métodos no meio da construção civil, é preciso empenho e engajamento na popularização dessas técnicas mais sustentáveis, pensando no futuro meio ambiente a longo prazo.

2.5 BIOCONSTRUÇÃO

Com as diversas discursões em torno do desenvolvimento sustentável, observam-se movimentos ambientais que demonstram a necessidade de minimizar os impactos que as sociedades humanas vêm causando no meio ambiente. Que mostram a importância e a necessidade de que processos sustentáveis sejam realizados com a participação de todas as pessoas envolvidas, ou seja, da sociedade como um todo.

Uma das estruturas de trabalho que surgiram com o tempo, foi a permacultura, criada na década de 1970 por Bill Mollison e David Holmgre, a palavra vem da fusão das palavras agricultura permanente, “permanente” usado de forma análoga ao termo atual “sustentável” (AMARO, 2017). Basicamente, a permacultura visa uma cultura permanente, ou seja, sustentável, que tenta compreender como os sistemas ecológicos funcionam suprindo as necessidades básicas do ser humano, em equilíbrio com a natureza de forma prática e cooperativa com a menor perda de recursos naturais. Para isso, seus criadores indicaram

princípios de estilo e uma ética da vida que mostra aspectos ambientais, comunitários, econômicos e sociais baseada no cuidado com a Terra, cuidado com as pessoas e contribuição com meio ambiente.

De forma genérica se traz sempre o termo construção sustentável, quando se trata de denominar estas iniciativas que procuram diminuir os impactos ambientais, entretanto, para Mauricio (2017), na abordagem da permacultura, entende-se "construção sustentável" como um termo para designar coisas diferentes e específicas. O termo aponta para correntes diversas da construção sustentável, tais como bioarquitetura, construção ecológica, construção natural e bioconstrução, entre outros. Na maioria dos casos, o design permacultural que inclui moradias se vale de técnicas e procedimentos cuja aplicação se chama "bioconstrução".

Bioconstrução que seria a construção de ambientes sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao clima local e tratamento de resíduos, são sistemas construtivos que respeitam o meio ambiente, durante a fase de projeto e de construção, na escolha dos materiais e técnicas de construção adequadas, e ao longo do uso, com eficiência energética e tratamento adequado dos resíduos (BRASIL, 2008). Trazendo os princípios da permacultura, a bioconstrução se apresenta como uma alternativa mais consciente e sustentável para minimizar o impacto que a construção civil causa no mundo.

A bioconstrução busca integrar as construções com meio ambiente, segundo o design permacultural estabelecido na área, que seria o de um projeto de ocupação humana produtiva e sustentável. Deste modo, a bioconstrução busca desde o planejamento, execução e utilização, o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis com o mínimo impacto. Este conceito de engloba diversas técnicas sustentáveis, uma das maiores características seria a preferência por materiais do local, como a terra, diminuindo gastos com fabricação e transporte e construindo habitações com custo reduzido e que oferecem excelente conforto térmico.

Na bioconstrução, mesmo sendo utilizado, em sua maioria, materiais de origem natural e reciclados, por exemplo, isso não implica que não possa ser usado técnicas naturais em conjunto com produtos industrializados e tecnológicos, buscando sempre soluções mais ecológicas ele apenas reflete sobre as reais necessidades do uso de certos materiais visto que existem materiais menos nocivos ao planeta. Enquanto a construção convencional opta pelos industrializados por vários motivos, dentre eles a praticidade para a construção em série e a própria pressão advinda do monopólio industrial, a construção com elementos naturais, por sua vez, utilizará o cimento, por exemplo, apenas nas situações em que não houver outra alternativa menos nociva ao meio-ambiente ou quando realmente necessitar das propriedades que só o

cimento fornece. Não se trata, portanto, da negação ao moderno, mas sim do seu uso de forma mais consciente.

As vantagens deste método construtivo, são diversas, como abordado o cunho ecológico desta técnica, faz com que ela contribua diretamente com os impactos socioambientais de toda cadeia produtiva da construção civil. O primeiro impacto que é minimizado seria a da extração da matéria a ser utilizada, pois prioriza matérias naturais, evitando materiais de extrativismos mineiras, que se mostram extremamente nocivos, pois geram grandes quantidades de resíduos poluentes, tanto na extração quanto pelo seu processamento. Já matérias como, a terra, madeira e outros que podem ser reutilizados são abundantes podendo ser adquiridos até mesmo no próprio terreno. Estes materiais naturais, podem ser facilmente incorporados a natureza através da destinação correta, ao contrário do acontece com o RCC, que apresenta elevado volume hoje em dia na construção e ainda não tem descartes corretos.

Segundo Ackermann (2018), o uso de materiais também coloca os elementos utilizados pela Bioconstrução mais distantes do monopólio industrial existente hoje na construção civil. Cimento Portland, concreto, alumínio, tijolos cerâmicos e variedades de telhas passaram a ser ofertados no mercado e divulgados como uma forma moderna e eficaz de se construir. Foi realizado uma grande campanha apoiada por interesses econômicos o qual foi se fortalecendo ao longo dos anos a ideia de que a única forma de se construir é assentando tijolos cerâmicos com cimento e areia, e esta formato se transformou em um símbolo de modernidade e status social dentre todas as camadas da sociedade.

Além de seus aspectos de baixo impacto no meio ambiente, a viabilidade econômica da bioconstrução, principalmente quando se faz o uso de técnicas com a terra, mostram vantagens quando comparado a modelos convencionais. Sendo de baixo custo a produção de matéria-prima, manufatura e transportes. Um estudo de viabilidade econômica de um projeto de Unidade de habitação de bioconstrução, realizado por Mauricio (2017), através de pesquisa realizada com base em estimativas de custo e valores de mercados coletados, estipulou que uma habitação com uma área de 60m², composta por sala, cozinha, quarto, banheiro e área de serviços, construída essencialmente através do método construtivo de superadobe, custaria um valor estimado de R\$ 381,66/m², um total de R\$ 22.900,00 para sua construção na cidade de Brasília. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o custo unitário básico de construção por m² na região do Distrito Federal, atualmente, se encontra em média a R\$1.316,62/m², mostrando efetiva economia financeira, no ponto de vista monetário, a adoção da Bioconstrução.

Dentre as diversas técnicas bioconstrutivas as mais conhecidas e comumente utilizadas no Brasil na construção de habitações, são elas:

- Adobe, um tijolo de barro seco ao sol;
- Superadobe;
- Terra ensacada compactada;
- Taipa de Pilão, terra apiloada em formas;
- Taipa de Mão, ou Pau-a-Pique, parede de barro feita a mão com uma trama de madeira ou bambu;
- Tijolo Solo-Cimento;
- Construções com bambu, madeira roliça e pedras.

Muitas das técnicas bioconstrutivas relatadas na verdade já fazem parte de um grande acervo de técnicas da humanidade há muito tempo. Sendo estas técnicas passadas por gerações a frente mesmo após tanto tempo, a Bioconstrução atua com o caráter de resgatar as tradições construtivas locais anteriores à industrialização.

Figura 9 - Casa construída com base em adobe.



FONTE: AUTORES, 2019.

Ela se integra a modernidade se propõe neste resgate a desenvolver técnicas novas e reinventar as antigas, com o intuito de alcançar a harmonização das construções humanas com a natureza sob a nova perspectiva de um mundo globalizado.

E por fim, são fatores como o de baixo impacto ambiental como o de baixo custo, facilidade de execução e por estar diretamente ligado aos conhecimentos tradicionais da sociedade que torna possível a caracterização da Bioconstrução como uma ferramenta de tecnologia social, segundo o Instituto de Tecnologia Social (ITS), uma tecnologia social seria Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida. Uma ponte entre a necessidade e a solução. Se caracteriza, principalmente por se apresentar como alternativas de baixo custo para solucionar problemas em grupos sociais mais excluídos e se contrapõe as tecnologias convencionais. Segundo Ackermann (2018), o sentido geral da de tecnologia social faz referência a criação e utilização de conhecimentos por populações duplamente desfavorecidas, que seriam elas, por falta de acesso ao conhecimento científico moderno e por perda das condições mais favoráveis à reprodução de seu conhecimento tradicional, de modo a promover a sustentabilidade econômica e o fortalecimento cultural e político dessas comunidades. No processo da Bioconstrução incorporada na comunidade pode haver a apropriação de processos e produtos, trazendo ideias de inclusão social, empoderamento das populações, sustentabilidade e diversidade de organizações.

2.5.1 Aplicabilidade em uma habitação

No Brasil, o conceito de Bioconstrução, ainda é pouco difundida, segundo Mauricio (2018), a palavra “bioconstrução” foi adaptada por André Soares, permacultor e fundador do Ecocentro do Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado (IPEC), para definir as técnicas naturais, métodos de construção que buscam a integração homem e ambiente de construção no Brasil.

Apesar de ser um conceito novo, a bioconstrução faz adeptos pelo Brasil, um exemplo a esta afirmação é a rede “Adamá”, palavra que vem da junção de duas palavras que vem do hebraico, significam pessoa e terra, palavra escolhida para definir um coletivo que se uniu para disseminar a construção com terra, principalmente o adobe, iniciativa que surgiu em 2016. Um de seus integrantes, Cobi Shalev se estabeleceu em Olhos D’Água, distrito de Alexânia, em Goiás, cerca de 130 quilômetros de Brasília. De origem israelense, trabalhava com construções

com adobe em seu país natal, usando de suas capacidades técnicas de bioconstrução resolveu empreender seus conhecimentos na construção de habitações no distrito.

A habitação unifamiliar, mostrada na figura 9, fica localizada no distrito de Olhos d' Água, residência do integrante da rede, Cobi Shalev, esta habitação de mais de 50 m², foi construída sobre o conceito de bioconstrução.

Figura 10 - Casa no Distrito de Olhos d' Água de adobe.



FONTE: AUTORES, 2019.

Para fazer análise da habitação descrita neste trabalho, é preciso esquematizar os conceitos que definem e caracterizam uma construção realizada através dos métodos bioconstrutivos. O que pode diferenciar a bioconstrução das demais técnicas ou métodos construtivos são a ênfase no uso de recursos naturais locais, com a aceitação de recursos eventualmente industrializados em contextos como o de reuso ou reciclagem, e a associação à ideia de construção feita de forma mais artesanal, que significa que a comunidade participa ativamente da obra em todas as suas etapas e, muitas vezes, envolve a família e a comunidade na qual está inserido na construção.

Segundo Mauricio (2018), a bioconstrução pode ser entendida como uma metodologia, pois contempla princípios norteadores que, quando aplicados, definem a técnica específica adequada para cada caso.

Basicamente pode se resumir a aplicabilidade da bioconstrução sob três aspectos importantes, que seria do ponto de vista da construção em si, que são basicamente os seguintes:

- Os impactos que os materiais causam no meio ambiente;
- A interação com o ambiente local;
- A interação dos usuários com a construção.

Um item importante deste tipo de método e de suma importância a escolha dos materiais que serão utilizados na construção, eles devem ser de baixo impacto ou de impacto positivo, eles devem seguir certos critérios de escolha:

- Devem ser materiais locais;
- E materiais naturais.

Os materiais locais podem ser o que se originam no local da construção, os quais o construtor tem de fácil acesso e de que sua extração, transporte, sejam de baixo impacto, tanto podem ser naturais, como terra, pedras, mas também podem ser materiais de refugo, materiais que podem ser reciclados, mesmo que tenham passados por processo industrial, sendo uma forma de dar destino “ecológico” aos resíduos das proximidades da construção.

Ainda segundo Mauricio (2017), é importante também dizer que a definição de local não é exata no aspecto físico. Ou seja, não há um parâmetro definido para ser considerado local ou não em relação a distância entre o local de extração e o local da obra. Mas empiricamente ser local significa dizer que o transporte do material não gere um alto grau de consumo energético nem de contaminação.

A habitação unifamiliar analisada, é construída em sua maioria através de tijolos de adobe, sendo uma estrutura que dispensa o uso de pilares e vigas, erguida através de sobreposição dos tijolos, unidos por uma argamassa basicamente de terra e estabilizante. Estes são produzidos no próprio local, o solo utilizado na produção foi retirado de um local de extração encontrado nas proximidades da habitação. Na fundação, é utilizada pedras (Figura 11) que são retiradas próximo ao local onde é retirado o solo. A cobertura da construção é feita por malha de ferro e concreto, assim como os pilares de apoio da área externa, na frente da construção. No revestimento é usado uma mistura de terra e cal, para uniformizar as paredes, no interior e exterior. Uma observação ao armário que se encontra na sala, feito também como terra, em estrutura de malha de ferro.

Figura 11 - Habitação construída através da Bioconstrução.



FONTE: AUTORES, 2019.

Nas observações realizadas, pode-se atestar que os produtos usados nesta construção são em sua maioria de origem natural, os produtos industrializados foram integrados na construção de forma consciente, somente ao necessário. A origem dos materiais usados forma obtidos quase em sua totalidade em áreas muito próximas a construção, até mesmo a fabricação dos tijolos de adobe, material principal da obra.

Outro aspecto importante analisado sobre o conceito da bioconstrução é aplicabilidade sob o aspecto da interação com o ambiente e da interação do usuário com a edificação, alguns pontos importantes que se pretende alcançar é:

- Uma boa eficiência energética, como iluminação natural;
- Adequação bioclimática, levando em consideração o clima, os solos e a vegetação do local da edificação;

- Uso correto da água e tratamento dos efluentes.

Fazer um projeto aproveitando as oportunidades locais, como iluminação natural por meio do posicionamento adequado de portas, janelas e outros artifícios que permitam a entrada de luz solar (Figura 12) ou ainda, a circulação de ar se valendo dos ventos. A adequação bioclimática favorece a integração à paisagem, uma casa bioconstruída podem propiciar um impacto positivo no ambiente gerando pequenos nichos que criem microclimas desejados (MAURICIO, 2018).

Figura 12 - Teto com iluminação natural.



FONTE: AUTORES, 2019.

Neste exemplo de construção através da bioconstrução, que atende todos os aspectos principais do conceito, podemos verificar a viabilidade de haver habitações de forma mais sustentável, que proporcionem conforto ao usuário e que cause baixo impacto no meio ambiente.

3 METODOLOGIA

Na realização da análise do material utilizado na construção erguida através de métodos bioconstrutivos, foi feito o ensaio mecânico de resistência à compressão para que se pudesse verificar seu potencial como material construtivo, antes, é fundamental saber exatamente a composição do adobe a ser ensaiado.

Para a obter estes dados, foram realizados ensaios no Centro Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis- UniEvangélica. O material utilizado nos ensaios tem origem no Município de Alexânia, no distrito de Olhos d' Água, Goiás. O ensaio a seguir é fundamentado nas seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 7181 (1984), Solo – Análise granulométrica, NBR 6457 (1986), Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização, e baseia-se em estudos anteriores, embasados na norma peruana E.080 (2000).

3.1 ENSAIO DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A execução do ensaio é realizada através de duas etapas. Na primeira ocorre o peneiramento das partículas, no caso de grãos com até 0,075 mm de diâmetro. A segunda etapa é o método da sedimentação, realizado em partículas menores que 0,075 mm. Os ensaios podem ser realizados de três maneiras diferentes: apenas o peneiramento para o material granular; sedimentação para solos finos; análise granulométrica conjunta, que compreende tanto o peneiramento quanto a sedimentação. No ensaio realizado, foi executada a análise granulométrica conjunta. Através destes dados, pode-se traçar a curva granulométrica do solo, e conseqüentemente obter sua classificação.

3.1.1 Peneiramento

Este ensaio se deu com a orientação e supervisão da técnica do Laboratório de materiais da UniEvangélica. Para proceder com este ensaio é necessário a utilização dos certos equipamentos que seriam: Série de peneiras segundo a ASTM USS (Tabela 1), balança para 1kg, sensível a 0,1g, cápsula de porcelana ou metálica. É importante ressaltar que até a peneira nº 4, o peneiramento é grosso, da nº 8 até a peneira nº 200, o peneiramento é fino, e a partir da peneira nº 200, necessita-se da sedimentação para análise granulométrica.

Tabela 1 - Série de peneiras utilizadas

| Peneiras | 4 | 8 | 16 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 |
|----------|-----|------|------|-----|-------|-----|------|-------|
| mm | 4,8 | 2,36 | 1,18 | 0,6 | 0,425 | 0,3 | 0,15 | 0,075 |

FONTE: AUTORES, 2019.

Para a realização do ensaio toma-se uma amostra representativa do solo, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 6457 (2016), para grãos menores que 5 mm, separa-se uma quantidade mínima de 1 kg de solo. Passa-se este material destorrado pela peneira de n° 4. Logo após na peneira de n° 8. Pesam-se as frações do material retido em cada peneira e por fim calculam-se as porcentagens retidas em cada uma das peneiras em relação ao peso da amostra total seca.

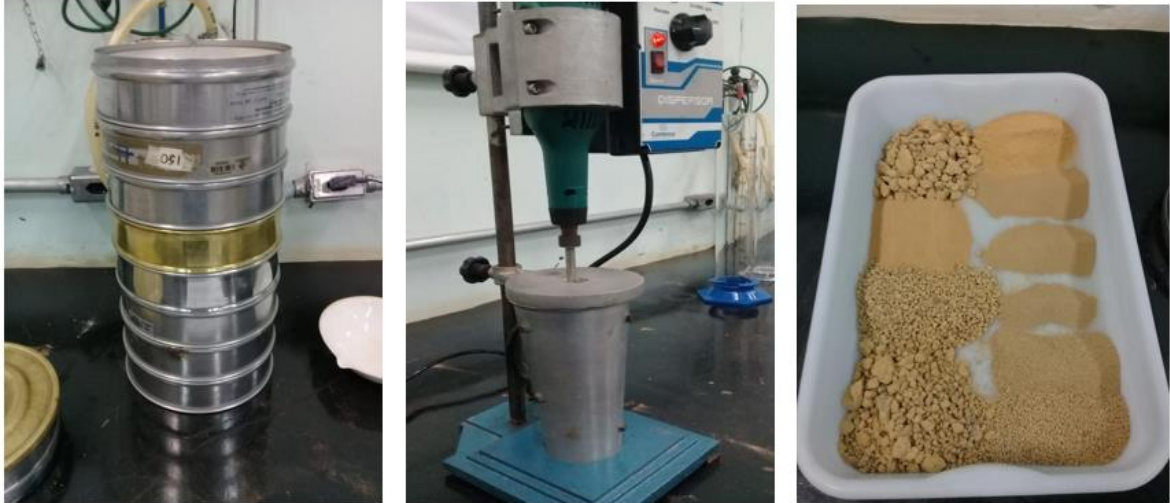
3.1.2 Sedimentação

Para a realização deste ensaio, necessita-se dos seguintes equipamentos e acessórios: série de peneiras; balança para 200g sensível a 0,01g; proveta de vidro graduada até 1.000ml; becker; cápsula de porcelana ou metálica; dispersor com copo de chicanas finas; cronômetro para intervalos de 30 minutos com precisão de 1 segundo; solução de hexametáfosfato de sódio; densímetro de bulbo simétrico, calibrado à 20°C, graduado em 0,001, de 0,995 a 1,050; termômetro até 50°C, graduado em 1°C; baqueta de vidro; escova com cerdas metálicas; pinça metálica.

Primeiramente, passa-se o material a ser analisado na peneira n° 8. Depois coloca-se material em um becker adicionando 125cm³ da solução de hexametáfosfato de sódio com concentração de 45,7g do sal para 1000cm³ de solução. Deixa-se a mistura em repouso por no mínimo 12 horas. Após o tempo necessário, transfere-se toda a mistura para o copo dispersor removendo o seu excesso com água destilada. Deixa-se a mistura sob a ação do dispersor por aproximadamente 15. Deposita-se então a mistura em uma proveta graduada complementando com água destilada até a marca de 1000 ml. Com a palma da mão, tapa-se a boca da proveta e agita-se a mistura por cerca de 1 minuto. Imediatamente após a agitação, coloca-se a proveta sobre a bancada, aciona-se o cronômetro e mergulha-se o densímetro na proveta. Em seguida, fazem-se as leituras no densímetro correspondentes aos tempos de 30s, 1 minuto, 2 minutos, 4 minutos, 8 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas e 24 horas. Terminadas as leituras do ensaio de sedimentação, despeja-se e lava-se a suspensão na peneira

n° 200. O material retido na peneira é transferido para uma cápsula e seco na estufa e então ele é passado em um conjunto de peneiras. Por fim, pesam-se as proporções retidas em cada peneira.

Figura 13 - Ensaio de granulometria conjunta.



FONTE: AUTORES, 2019.

3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DO ADOBE

Para este ensaio, como ainda não existe uma norma regulamentadora brasileira para o tijolo de adobe, foi utilizado uma dissertação como base para a realização do ensaio, escrito por Pinheiro (2009), trata dos estudos das propriedades mecânicas do adobe com adição de fibras de coco, este se baseia na norma peruana E.080 (2000).

3.2.1 Preparação da amostra

O material utilizado, seria um tijolo de adobe confeccionado no distrito de Olhos d'Água, Goiás, seriam os mesmos usados na construção da habitação unifamiliar mostrada neste trabalho. Cedido pelo integrante da rede Adamá, o qual fazem bioconstruções com foco no adobe. Foram cedidas 4 amostras de tijolos de adobes, originalmente, medindo 11 cm de altura, 14 cm de largura e 30 cm de comprimento. Segundo a literatura, pede se que os tijolos sejam cortados ao meio (BARBOSA; GHAVAMI, 2010). Portanto, os tijolos analisados na compressão tinham as seguintes medidas ao final do preparo:

Tabela 2 - Medidas das amostras de adobe.

| Tijolo de adobe | Altura (cm) | Largura (cm) | Comprimento (cm) |
|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| T1 | 11,4 | 14,2 | 15,0 |
| T2 | 11,4 | 14,5 | 14,9 |
| T3 | 11,0 | 14,5 | 15,2 |
| T4 | 11,2 | 14,5 | 14,9 |

FONTE: AUTORES, 2019.

De acordo com Pinheiro (2009), são necessários alguns procedimentos antes do seu início. Como a capeamento da amostra. Em primeiro se deve umedecer um papel molhado na bancada de trabalho. Preparar uma argamassa de gesso, espalhando esta argamassa em uma camada fina na superfície da bancada. Deve-se molhar levemente a superfície inferior do cubo e assentá-lo sobre a argamassa, pressionando para que a mesma fique em toda a superfície do cubo com uma espessura de cerca de 2 mm, retirar, cuidadosamente, o excesso de argamassa que ficou fora do cubo. Aguardar a secagem das argamassas e repetir o processo na outra face do cubo, nivelando sua face. Após a completa secagem das argamassas, depositar os corpos de prova em uma estufa e esperar secar por 24 horas.

Figura 14 - Preparação da amostra para o ensaio.



FONTE: AUTORES, 2019.

3.2.2 Ensaio de Resistência Mecânica a compressão

Depois de toda preparação das amostras, os corpos de prova já estão prontos para serem ensaiados. Segundo Pinheiro (2009), o procedimento para o ensaio se dá com a retirada das amostras da estufa. Em seguida, posiciona-se cada corpo de prova na máquina universal de ensaios (Figura 14), realizando os ajustes necessários para aplicar o carregamento. Registram-se então os resultados, concluindo assim o ensaio de resistência à compressão.

Figura 15 - Amostra na máquina universal de ensaios.



FONTE: AUTORES, 2019.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

Neste capítulo são mostrados os resultados obtidos através dos ensaios, para fim de exposição e análise dos dados, estes resultados englobam os ensaios de granulometria e de compressão mecânica simples nas amostras do material de adobe.

Através da análise granulométrica conjunta, realizada no Laboratório de materiais da UniEvângelica, através de peneiramento e de sedimentação do solo que compõe o material de adobe, se encontrou os dados que são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Análise granulométrica por peneiramento.

| Peneira (mm) | Peso retido (g) | Peso passado (g) | % Massa de Passante |
|---------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 4,8 | 290 | 660,9 | 69,50 % |
| 2,36 | 207 | 453,90 | 47,73 % |
| 1,18 | 122 | 816,09 | 41,53 % |
| 0,6 | 66 | 750,09 | 38,17 % |
| 0,425 | 18 | 732,09 | 37,25 % |
| 0,3 | 43 | 689,09 | 35,06 % |
| 0,15 | 69 | 620,09 | 31,55 % |
| 0,075 | 101 | 519,09 | 26,41 % |

FONTE: AUTORES, 2019.

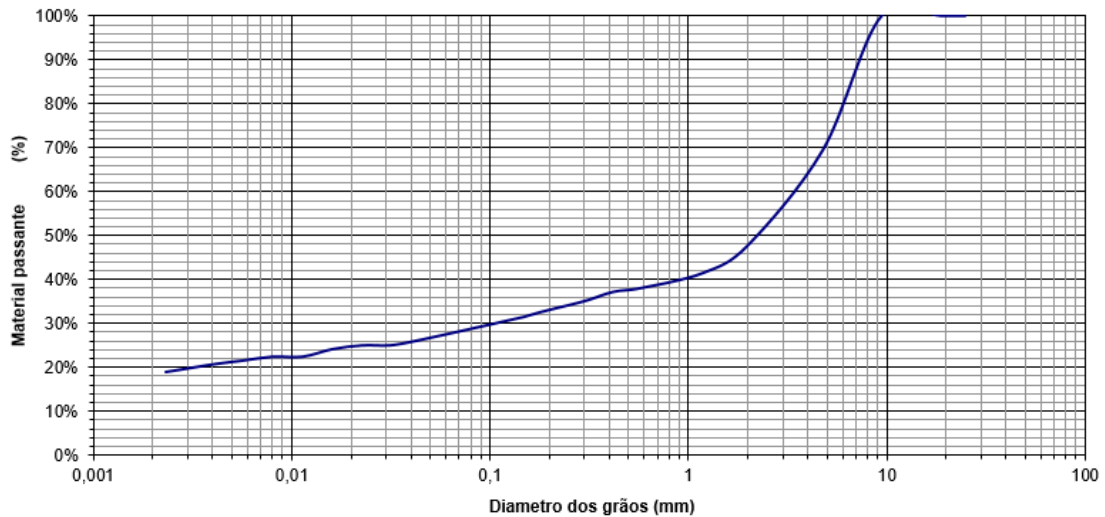
Tabela 4 - Análise granulométrica por sedimentação.

| Tempo corrido | Temperatura (°C) | Leitura do densímetro (Ld) | % total de grãos |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 30 s | 25 | 1,033 | 26,83 % |
| 1 min | 25 | 1,033 | 26,83 % |
| 2 min | 25 | 1,033 | 26,83 % |
| 4 min | 25 | 1,032 | 25,97 % |
| 8 min | 25 | 1,031 | 25,10 % |
| 15 min | 25 | 1,031 | 25,10 % |
| 30 min | 25 | 1,03 | 24,24 % |
| 1 hora | 24 | 1,028 | 22,51 % |
| 2 horas | 24 | 1,027 | 22,51 % |
| 4 horas | 24 | 1,026 | 21,64 % |
| 8 horas | 24 | 1,024 | 20,77 % |
| 24 horas | 25 | 1,023 | 19,04 % |

FONTE: AUTORES, 2019.

Segue o gráfico da curva granulométrica do solo que constitui o material analisado de adobe (Figura 16), formado pelo diâmetro dos grãos (mm) e composto pela porcentagem que passa em cada peneira.

Figura 16 - Gráfico da análise granulométrica conjunta.



FONTE: AUTORES, 2019.

Através dos dados encontrados neste ensaio, pode se achar a classificação do solo do material de adobe, analisada, como pode ser visto na Tabela 5. É relevante o conhecimento das dimensões das partículas que compõem o solo, pois o comportamento mecânico do material de adobe depende delas.

Tabela 5 - Classificação segundo ABNT.

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Pedregulho ($d > 2,0$ mm) | 30,5 % |
| Areia ($0,06 < d < 2,0$ mm) | 21,77% |
| Silte ($0,002 < d < 0,06$ mm) | 28,69% |
| Argila ($d < 0,002$ m) | 19,04% |

FONTE: AUTORES, 2019.

Os dados obtidos neste ensaio granulométrico conjunto, realizado com o solo, que constitui o tijolo de adobe, usado na bioconstrução analisada, satisfaz algumas das especificações de solo ideal para este tipo de método construtivo, como o teor de areia, argila e silte. A alta porcentagem de pedregulho, provavelmente se dá pelo motivo de não tratarem a

terra colhida para a produção destes tijolos, pois na produção destes materiais, tentam diminuir ao máximo as etapas de processo na fabricação.

Tratando dos resultados obtidos no ensaio de compressão simples, estes mostram de uma forma geral os valores de resistência a compressão mecânica, que os tijolos de adobe atingiram, verificando seu potencial como material de construção. Quatro amostras de tijolo de adobe, foram submetidas ao ensaio, no laboratório de materiais da UniEvangélica. Encontrando-se os dados apresentados na Tabela 6.

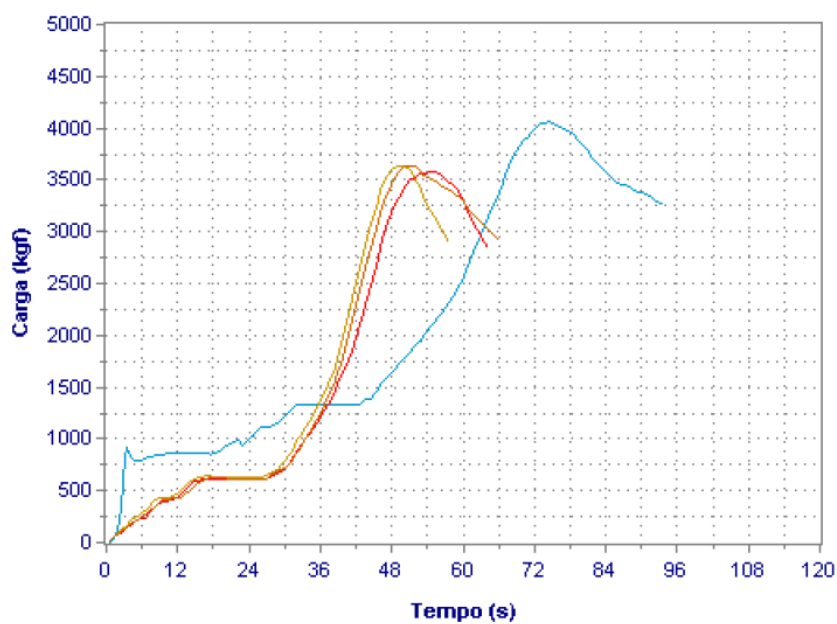
Tabela 6 - Resultado do ensaio de compressão simples.

| Tijolo de adobe | Tensão de ruptura (MPa) | Carga de Ruptura (Kgf) |
|-----------------|-------------------------|------------------------|
| T1 | 1,6 | 3.640 |
| T2 | 1,6 | 3.580 |
| T3 | 1,6 | 3.640 |
| T4 | 1,8 | 4.060 |

FONTE: AUTORES, 2019.

Obtendo o gráfico da Figura 17, emitido através da máquina universal de ensaios, que mostra a carga aplicada na amostra em função do tempo de resistência da amostra.

Figura 17 - Gráfico obtido no ensaio de compressão simples.



FONTE: AUTORES, 2019.

No Brasil ainda não há normas que tratem de tijolos de adobe, porém há estudos que podem orientar e dar parâmetros a este tipo de material, um deles seria o controle de qualidade através de resistência a compressão. De acordo com Barbosa e Ghavami (2010), para fins de projeto, sugere-se característica à compressão dos adobes seja obtida a partir do ensaio de uma série de adobes dada pela Equação:

$$f_{ak} = f_{a1} + f_{a2} - f_{a3}$$

Sendo f_{a1} , f_{a2} e f_{a3} , respectivamente, o menor, o segundo menor e o terceiro menor valor da série de tijolos ensaiados. Onde o valor mínimo aceitável para a resistência característica é de 0,7 MPa.

Nos resultados obtidos, através do ensaio, os tijolos de adobe ensaiados atingiram uma resistência característica de 1,6 MPa, de acordo com equação sugerida pela literatura.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 15270-1 (2005), o estipulado para resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, devem atender aos valores mínimos de 1,5 MPa para blocos com furos na horizontal e 3,0 para blocos na vertical.

Com os resultados obtidos nos ensaios, pode – se notar que a resistência a compressão que os tijolos de adobe superam os valores mínimos, segundo literatura, para materiais de adobe, e consegue alcançar o mínimo de resistência, de tijolos cerâmicos, que atualmente são os mais comumente usados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A superação dos impactos que o modelo de sociedade atual vem deixando ao meio ambiente apresenta grandes desafios relacionados à sua sustentabilidade, durante a pesquisa constatou que o setor da construção civil, que produz todo o ambiente construído, conseqüentemente utiliza abundantemente dos recursos naturais não renováveis, desde a matéria-prima natural que é necessária à construção até a energia que é consumida durante todo o processo. Um dos maiores impactos que este setor causa, são os resíduos gerados nos processos construtivos, que representam mais da metade dos resíduos descartados no meio ambiente.

Nossa questão mais urgente é o gerenciamento inteligente dos recursos do planeta. Uma atitude pacífica e estratégica deve ser adotada. Precisamos estimular práticas que impulsionem o modo de produção e consumo seguirem uma direção mais sustentável. Essa tendência de resistir à mudança e apoiar instituições estabelecidas em nome da identidade, conforto, poder e lucro é completamente insustentável e só produz mais desequilíbrio, fragmentação e destruição. É necessário redesenhar nossa cultura, nossos valores, baseada na ética de cuidar da Terra, cuidar dos homens e compartilhar os excedentes, uma alternativa é nos voltarmos ao passado, para os exemplos de construções com base no solo, seguindo caminhos como a da Permacultura, que ousa acreditar na possibilidade de abundância para toda a humanidade através do uso intensivo de todos os espaços, usando de métodos construtivos como a Bioconstrução, através do aproveitamento e geração de energia, da reutilização ou reciclagem de todos os produtos (acabando assim com a poluição) e através da cooperação entre os homens para resolver os grandes problemas que hoje assolam o planeta.

Este trabalho buscou, não só abordar o tema da sustentabilidade, mas trazer opções alternativas viáveis em contraponto aos métodos usados comumente e que podem ser nocivos de certa maneira. Na observação da habitação construída através do conceito de Bioconstrução, mostrada neste trabalho, foi possível ver a viabilidade de se construir usando métodos construtivos que buscam usar de recursos naturais, e no processo de construção, uso e manutenção, causar o menor impacto possível no meio ambiente. O uso de solo, geralmente usado nestes métodos construtivos, foi o material natural usado na construção da habitação mostrada, construída com tijolos de adobe, buscamos fazer a análise deste material, sua composição e sua resistência mecânica, as amostras avaliadas atingiam uma resistência mecânica de 1,6 MPa, resistência essa que supera o mínimo esperado para tijolos de adobe, e praticamente se iguala ao mínimo exigidos de tijolos cerâmicos convencionalmente usados, isto

serve para mostramos a potencial que estes materiais utilizados em métodos construtivos sustentáveis como a Bioconstrução, tem grandes potencial comparadas aos métodos comuns, dessa forma o trabalho espera colaborar para o renascimento de técnicas sustentáveis, que passa por necessidade de aprofundamentos técnicos e normatização, mínima que seja e pela quebra de preconceito que existe em torno do uso de materiais naturais na construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Solo Cimento: Aplicações**. 2018. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/aplicacoes/solo-cimento/>>. Acesso em: 31 maio 2018.
- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Dosagem Das Misturas De Solo-Cimento Normas De Dosagem E Métodos De Ensaios**. São Paulo, 3.ed. p. 57. 1986. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/?search=Solo-cimento>>. Acesso em: 31 maio 2018.
- ABIKO. A. K. **Solo-cimento tijolos, blocos e paredes monolíticas**. In: Construção. São Paulo, 1983 apud GRANDE, Fernando M. **Fabricação de Tijolos Modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. p. 180. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- ACKERMANN, Gustavo K., **Engenharia Civil na escola Básica: Explorando a bioconstrução como temática interdisciplinar de ensino**. 2018. p. 94. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil: Volume 5**. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- ALEXANDRIA, Sandra S. S., LOPES, Wilza G. R. **A Terra Na Construção Civil: Edificações De Adobe No Município De Pedro II, Piauí**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 10, 2008, Fortaleza. Disponível em: <www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A2112.pdf>. Acesso em 27 maio 2018.
- AMARO, Eliane K. P., **Vivências de bioconstrução: Um caminho para a leitura de paisagem**. 2017. P. 335. Dissertação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Artes e comunicação da Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostra de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BARBOSA NETO, Jayme A. **Estudo de Misturas de Solo-Cimento para Utilização em Estaca**. 2014. p. 71. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Uniceub – Centro Universitário de Brasília, Brasília.
- BARBOSA, N. P. S; GHAVAMI. K. **Terra Crua para Edificações**. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2010, 2ª. Ed. v.2. Cap.25.p.1565 – 1598.

BARROSO, Paula R. **Recuperação de construções em terra crua**. 2016. p.102. Dissertação (Especialização em Produção e Gestão do Meio Ambiente Construído) – Escola de Engenharia, Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BIJOS, Ana Paula; ZANATTA, Luan A., **Resíduo De Madeira: Caracterização E Aplicabilidade Junto Ao Concreto**. Revista Científica da UNESC, v. 15, n. 1. p. 14. 2017. Disponível em: <<http://revista.unescnet.br/index.php/revista/article/view/477/444>>. Acesso em 23 maio 2018.

BRASIL. Ministério Da Defesa Exército Brasileiro Comando De Operações Terrestres. **Caderno de Instrução CI 10-7/1: LOGÍSTICA DE SUBSISTÊNCIA**. Brasília, 2011. p. 47.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama n° 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Curso de Bioconstrução**. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao15012009110921.pdf>. Acesso em 25 de mar de 2019.

CBCS. Conselho Brasileiro De Construção Civil. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=BCCF20BC-8628-4D3D-83ED-FBA37CFA560D>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

CBCS. Conselho Brasileiro De Construção Civil. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. 2014. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **PIB Brasil e Construção Civil. 2018**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **CUB Médio Brasil – Custo Unitário básico de construção por m²**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/custo-da-construcao/cub-medio-brasil-custo-unitario-basico-de-construcao-por-m2>>. Acesso em: 23 de abr de 2019.

FERREIRA, R. C. **Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e mini-panéis de terra crua tratada com aditivos químicos**. 2003. p. 158. Tese (Doutorado em construção Rural e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERREIRA, Luís Manuel R. **ARQUITETURA DE TERRA: Das técnicas construtivas ao desenvolvimento de competências**. 2015. p. 187. Dissertação (Mestre em arquitetura e Urbanismo) – Universidade Fernando Pessoa, Porto.

FERREIRA, João. **PE aprova regras para aumentar reciclagem e reduzir deposição em aterros na UE**. Parlamento Europeu. 2018. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20180411IPR01518/pe-aprova-regras-para-aumentar-reciclagem-e-reduzir-deposicao-em-aterros-na-ue>>. Acesso em: 28 maio 2018.

GASQUES, F. A. C. et al. **Impactos Ambientais Dos Materiais Da Construção Civil: Breve Revisão Teórica**. Revista Tecnológica, Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/23375>>. Acesso em: 22 maio 2018.

GRANDE, Fernando M. **Fabricação de Tijolos Modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. p. 180. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

INÁCIO, Carlos A. E. S., **Estudo do Solo enquanto material de Construção Sustentável**. 2016. p. 75. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Departamento de Engenharia em Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de Pesquisa**. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15440>. Acesso em: 15 maio 2018.

ITS. Instituto de Tecnologia Social Brasil. **O que é tecnologia social**. 2019. Disponível em: <<http://itsbrasil.org.br/conheca/tecnologia-social/>>. Acesso em: 02 de abr de 2019.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. p. 113. Tese (Livre Docência). – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, São Paulo.

KARPINSK, L. A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. p. 163. Disponível em: <<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2018.

LIMA, Anielly Iasmin N.; CRUZ, Caio B.; SILVA, Érica De L. **Impactos Provocados no Meio Ambiente Pelo uso da Madeira na Construção Civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, Anápolis, edição 03. Ano 02, v. 01. p. 116-135, 2017. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/madeira-na-construcao-civil?pdf=8579>>. Acesso em: 23 maio 2018.

LOPES, F. P.; PEREIRA, P. M.; HAMAYA, R. M. **Análise Da Contaminação Em Resíduos De Madeira Na Construção Civil**. 2013. p. 84. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curitiba. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1048/1/CT_EPC_2012_2_09.PDF>.
Acesso em: 23 maio de 2018.

MAURICIO, Cauê C., **Bioconstrução. Estudo de caso: Projeto e construção da casa ecológica modelo**. 2017. p. 43. Pesquisa de iniciação científica (Pós-Graduação) – FATECS - Faculdade de Tecnologias e ciências sociais e aplicadas, Brasília.

MENESES, André. **Çatal Höyük e Jericó umas das cidades mais antigas do mundo**. Mundo da Engenharia, São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://mundoengenharia.com.br/catal-hoyuk-e-jerico-umas-das-cidades-mais-antigas-do-mundo/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

MONTE, Manuel A. V. **Aplicação do Solo-Cimento em pavimentos flexíveis**. 2012. p. 101. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

MOTTA, J. C. S. S. et al. **Tijolo solo cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. [S. I.]. E-xacta, v. 7, n. 1, 2014.

MARTINS, L. R.; FERNANDES, F. F.; CAMPOS, A. M. L. S. **Utilização De Resíduo De Construção E Demolição Na Estabilização Do Solo De Iranduba Para Confecção De Tijolo De Solo-Cimento**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA - CONTECC. Foz do Iguaçu, 2016. Universidade do Estado do Amazonas /EST, 2016, p. 5.

NITO, Mariana K. S. **Sistemas construtivos em terra crua: panorama da América Latina nos últimos 30 anos e suas referências técnicas históricas**. Revista Caderno de pesquisa da Escola da Cidade, São Paulo. n. 1, 2015.

PINTO, Lucas M. **Moldagem de tijolos de Solo e Cimento com Adição de Resíduo de Construção Civil**. 2015. p. 59. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PINHEIRO, R., **Estudo da resistência do tijolo de adobe com adição de fibras de coco verde para habitações de baixo custo**. 2009. P 59. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PONTE, Maria M. C. C. **ARQUITETURA DE TERRA: O desenho para a durabilidade das construções**. 2012. p. 316. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Departamento de Arquitetura, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra.

SANTOS, Clarissa A. **Construção Com Terra No Brasil: Panorama, Normatização E Prototipagem Com Terra Ensacada**. 2015. p. 290. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SJÖSRÖM, C. **Service life of the building**. CIB: Tel Aviv, 1996. v. 2, p. 6-1; 6-11 apud JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. p. 113. Tese (Livre Docência). – Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

SOUZA, Francisco A. **Estudo da Durabilidade de Blocos de Solo-Cimento com Incorporação de casca de arroz**. 2011. p. 226. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Como o nosso uso de recursos naturais ameaça o planeta**. 2018. Disponível em: <www.unep.org/resourcepanel>. Acesso em: 21 maio 2018.