

## **Uma comparação entre bioconstrução e construção tradicional: análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental**

### ***A comparison between bioconstruction and traditional construction: analysis of technical, economic and environmental feasibility***

**Jamyly Ludimily Amorim Mello, Engenheira Civil e Engenheira de Avaliações e Perícias Judiciais.**

jamyly.ludimily@gmail.com

**Larissa Moraes Vieira, titulação, Engenheira Civil.**

englarissavieira@gmail.com

**Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy, MSc., PPGEM.**

scovino2002@yahoo.com

#### **Resumo**

Os princípios da sustentabilidade estão cada vez mais presentes na sociedade. Na construção civil torna-se comum a busca de edificações sustentáveis que relacionam o equilíbrio entre as atividades humanas, a economia e o meio ambiente. A eficiência energética nesse setor necessita ser notada, desde a etapa de planejamento até a de construção e também garantir que, durante a vida útil dessa edificação, ela tenha um consumo eficiente. Nas últimas décadas, estudos e desenvolvimento de novos processos construtivos e uso de materiais alternativos aos tradicionais tem aumentado. Dentro desse cenário, foi desenvolvida a bioconstrução. Conceito que resgata as técnicas milenares e desenvolve as técnicas atuais para garantir a sustentabilidade desde o processo construtivo até o período pós-ocupação. Diante disso, o presente artigo apresenta uma comparação entre o método construtivo de edificação com alvenaria de vedação tradicional e a bioconstrução, apresentando os pontos positivos e os negativos de cada um, com ênfase na viabilidade técnica e econômica.

**Palavras-chave:** Bioconstrução; Construção Civil; Sustentabilidade

#### ***Abstract***

*The principles of sustainability are increasingly present in society. In the construction industry it becomes common the search for sustainable buildings that relate the balance*



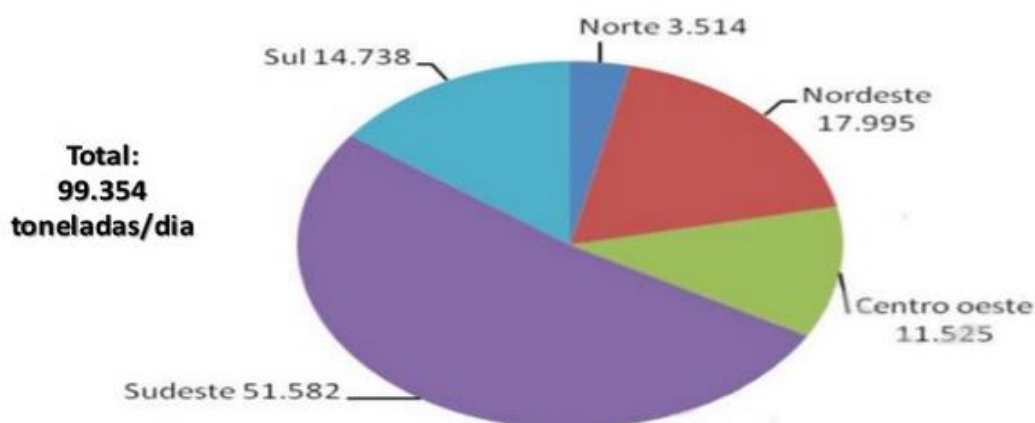
*between human activities, the economy and the environment. Energy efficiency in this sector needs to be noticed, from the planning stage to the construction phase, and also to ensure that it has an efficient consumption during the life of the building. In the last decades, studies and development of new constructive processes and use of materials alternative to traditional ones has increased. Within this scenario, the bioconstruction was developed. Concept that rescues the millenarian techniques and develops the current techniques to guarantee the sustainability from the constructive process until the post-occupation period. Therefore, the present article presents a comparison between the construction method of building with traditional masonry and the bioconstruction, presenting the positive and negative points of each one, with emphasis on technical and economic feasibility.*

**Keywords:** *Bioconstruction; Construction; Sustainability*

## 1. Introdução

A construção civil é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social e é um dos setores que mais cresce nos países, pois gera intenso impacto ambiental pelo consumo de matérias-primas de alto custo, cuja fabricação utiliza muita energia e produz muito resíduo.

O Gráfico 1, consultado no Plano Nacional dos Resíduos Sólidos, expõe a quantidade de resíduos da construção civil nas diferentes regiões do Brasil (tonelada/dia), das quais a Região Sudeste é predominante. Com um total de cerca de 100 mil toneladas por dia no Brasil (BRASIL, 2018).



**Gráfico 1 – Quantidade de resíduos da construção civil nas diferentes regiões do Brasil (tonelada/dia) Fonte: BRASIL (2018)**

Na atualidade está ocorrendo um investimento na busca do equilíbrio ambiental e construtivo. Para isto estão sendo aplicadas técnicas da bioconstrução que visam utilizar matérias primas recicladas ou naturais do próprio local da obra, sistema de reaproveitamento da água da chuva, reaproveitamento dos resíduos sólidos, fontes alternativas de energias renováveis e não poluentes, utilização de iluminação natural, boa ventilação e algumas técnicas construtivas, com vistas a causar o menor impacto para o ambiente e para a sociedade local.

Com esse benefício ambiental da bioconstrução, quais seriam as reais vantagens que surgem com a aplicação de seus conceitos e técnicas?

Para resolver os problemas gerados pelas construções tradicionais, é necessária a escolha certa de materiais e tecnologias sustentáveis, para que as novas habitações sejam construídas levando em conta; a localidade, a eficiência, a viabilidade técnica, econômica e ambiental, os custos, a segurança estrutural, a segurança contra incêndio, a estanqueidade, a durabilidade e manutenção, o desempenho térmico, o desempenho acústico, a adequação do projeto e a gestão da qualidade, atendendo não apenas grandes empresas e proprietários, mas também famílias, proprietários agrícolas de pequeno e médio porte. Deve-se observar que os materiais e o processo construtivo, antes e depois da ocupação, garantam a sustentabilidade.

Assim, o objetivo desse artigo é apresentar um estudo comparativo entre uma edificação construída pelo método tradicional com uma mesma edificação feita com conceitos da bioconstrução, utilizando materiais alternativos sustentáveis, de modo a ressaltar a viabilidade técnica, econômica e ambiental desse método construtivo.

Para isso, será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre a bioconstrução. Posteriormente, será apresentada a comparação entre as edificações de bioconstrução e a tradicional.

Para esse estudo foi feita a pesquisa qualitativa sobre toda a base de bioconstrução e para a comparação foi elaborada uma planta e feito o levantamento de materiais e mão de obra para os dois tipos construtivos. Vale ressaltar que a edificação em estudo não foi executada, foi desenvolvida apenas para o estudo, chamada de edificação protótipo.

## **2. Bioconstrução**

Na década de 70, começaram as discussões sobre a necessidade de construir sem causar impacto ao meio ambiente. A bioconstrução teve início a partir do reflexo de uma crise ambiental, sendo ela a 1º Crise do Petróleo, em 1973. (VIEIRA, 2015).

Na busca de uma sociedade sustentável, surgiu o conceito de bioconstrução, para se referir a construções onde a preocupação ecológica está presente, desde a sua concepção até a sua ocupação, combinando técnicas milenares e inovadoras, garantindo a sustentabilidade, não só no processo construtivo como também no período pós-ocupação de casas e edifícios.

Bioconstrução é compreendido como um sistema construtivo onde o meio ambiente é preservado, desde a fase de projeto, na adequação ao clima local, durante a construção da edificação, seja na escolha das técnicas de construção, seja no uso dos materiais. E ao longo do uso da edificação, utilizando um tratamento adequado dos resíduos e uma eficiência energética. A técnica da bioconstrução encontra suas bases nas civilizações antigas, utilizando métodos e materiais tradicionais empregados há alguns milênios, e no grande conhecimento tecnológico desenvolvido atualmente. Por exemplo, em Portugal, existe grande tradição na construção com terra crua – taipa e adobe - no centro e sul do país. Já ao norte, a pedra é a construção tradicional mais comum.

Como acabamento, encontram-se, tradicionalmente, os rebocos à base de terra e os rebocos de cal. (PINTO, 2013). O conhecimento sobre bioconstrução, desenvolvido em meados do século XX, associado às técnicas modernas, é muito relevante para se melhorar o bem estar e o conforto nos dias atuais, sem causar impacto ao meio ambiente. Gerenciar os recursos com eficácia e recorrer a materiais de baixo impacto ambiental, como os materiais naturais e reciclados, são outros aspectos que estão relacionados com a bioconstrução.

Os métodos de construção da bioconstrução priorizam o emprego de insumos naturais e de tecnologias comuns e de baixo custo. Além disso, a bioconstrução utiliza materiais ecológicos, reduzindo o impacto ao ambiente através de técnicas milenares, dentre elas a utilização de materiais locais, diminuindo os custos com fabricação e transporte. Assim, as habitações construídas com a bioconstrução reduzem os custos e oferecem um excelente conforto térmico. (VIEIRA, 2015). A bioconstrução apresenta algumas técnicas naturais de construção associando o homem com o ambiente, sendo elas:

- Análise do ciclo de vida de cada material utilizado;
- Análise da origem e do destino de cada material;
- Inutilização de materiais tóxicos (coadjuvantes) e descartáveis;
- Valorização dos materiais locais;

- Utilização de técnicas inteligentes de materiais de mercados industriais;
- Racionalização do uso da água e promoção dos tratamentos naturais dos efluentes (esgoto) – reciclagem e reuso;
- Busca pela utilização de fontes de energias renováveis e trabalho com eficiência energética através de desenhos arquitetônicos bioclimáticos (VIEIRA, 2015).

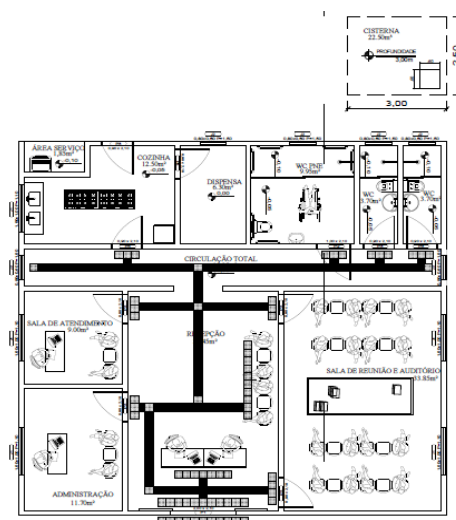
Sendo assim o propósito da bioconstrução é viabilizar o equilíbrio entre as construções e as condições ambientais e recursos disponíveis no local, observando a preservação da natureza, a economia energética, o conforto e o bem estar das pessoas.

### 3. Procedimentos metodológicos

As etapas da pesquisa foram: desenvolvimento do projeto da edificação protótipo, produção de todas as plantas, cortes e fachadas necessários. Em seguida foi realizada a produção de planilhas especificando as atividades e materiais para cada fase construtiva. Com essas planilhas foi realizado o levantamento de custo de materiais e mão de obra e realizado o cronograma para cada tipo de edificação (bioconstrução e construção convencional).

O estudo foi feito com base em edificação fictícia, não tendo, portanto cidade ou terreno definido. A edificação protótipo trata-se de uma Secretaria de Meio Ambiente de 1 pavimento térreo, com cerca de 156 m<sup>2</sup>. A edificação desenvolvida contempla recepção, sala de atendimento, administração, sala de reunião e auditório, cozinha, dispensa, área de serviço, circulação total, WC feminino, WC masculino e um banheiro PNE (portadores de necessidades especiais).

Para o modelo de construção convencional a Figura 1 apresenta a planta baixa.



**Figura 1 – Planta da edificação tradicional Fonte: Autoria Própria (2018)**

A edificação de estudo tem toda sua estrutura em concreto armado, sapata isolada como fundação, cinta e pilares. A parede de vedação é composta pelo tijolo cerâmico com acabamento com tinta acrílica, o contra piso em concreto magro, e o piso cerâmico. A laje será de treliça e o telhado com sua estrutura feita em madeira com telhas cerâmicas. Toda a

escolha dos materiais e métodos construtivos foi mediante aos mais tradicionais e mais utilizados no mercado.

A partir da planta baixa, realizou-se um levantamento da quantidade dos materiais e das atividades, para sua edificação pelo método da construção com alvenaria de vedação tradicional. Os custos foram baseados na tabela EMOP (Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro).

Com relação à fundação, serão utilizadas as sapatas isoladas para transmitir ao solo as cargas dos pilares e um cintamento de concreto armado para dar rigidez a fundação, travar os pilares e servir de apoio para as paredes de vedação. Para isso são utilizadas fôrmas de madeira para a concretagem. Terá sua estrutura toda em concreto armado. Os pilares que recebem a carga das vigas e transmitem para a fundação, e as vigas que recebem as cargas da laje e do telhado e distribuem para os pilares. A laje será pré-moldada BETA 20 com tijolos cerâmicos para laje e será preenchida com concreto. Serão utilizadas as mesmas fôrmas da fundação para montagem dos pilares e laje, além de toras de eucalipto para o escoramento da estrutura das vigas para a concretagem.

Será utilizada a impermeabilização nas sapatas isoladas e cintamento de concreto armado, empregando um sistema progressivo de cristalização que penetram profundamente no concreto por processo catalítico, na laje será utilizada uma impermeabilização com manta de base asfáltica e na cisterna será utilizada uma impermeabilização com um sistema de cristalização compostos de 3 produtos que penetram com efeito osmose.

A alvenaria nesse sistema não tem a função estrutural e será composta com tijolos cerâmicos e argamassa de cimento, areia e cal com traço 1:8 assentados em paredes de 1 vez. Na construção da cisterna enterrada e do abrigo para botijões de gás serão utilizados blocos de concreto assentados com argamassa de cimento e areia, no traço 1:8 com paredes de espessura de 10 cm. Após o assentamento dos tijolos cerâmicos, será feito o chapisco para uniformizar a superfície com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, em seguida, o emboço e o reboco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3. Nas janelas e portas são feitas vergas e contravergas para evitar a fissuração nos cantos dos vãos.

As instalações elétricas serão compostas por conduítes, fios e caixinhas para tomadas e interruptores de PVC e as lâmpadas utilizadas serão fluorescentes. Serão utilizadas para a instalação hidráulica e para o reservatório de água potável: tubulação de PVC para águas quentes. PVC com conexões (alimentação de água fria), registros, descargas manuais, torneiras, ralos e grelhas e tubulação de PVC também nas conexões de esgoto, que serão descartados e jogados na rede principal da rua.

Será feito um contrapiso com argamassa de cimento e areia, no traço 1:4, sem função estrutural, somente como preenchimento. E serão assentados os pisos cerâmicos em superfície em osso com uma argamassa colante de cimento e cola, sendo rejuntados com cimento branco e corante. Serão colocados as soleiras e o rodapé em granito com argamassa de cimento, saibro e areia no traço 1:2:2. Será utilizado o piso tátil direcional e alerta, conforme a norma de acessibilidade.

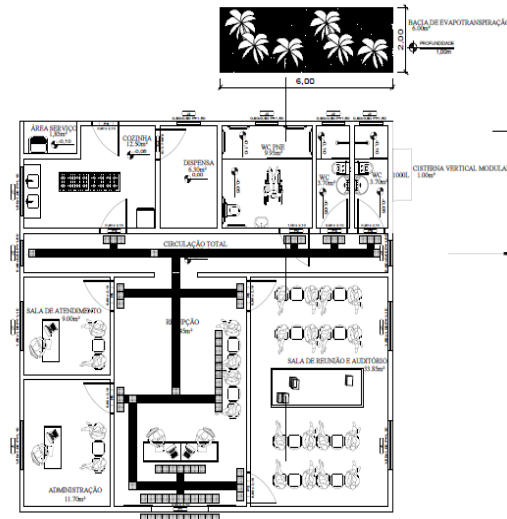
Será utilizado forro de gesso para o acabamento interno do teto para cobrir a laje pré-moldada. Serão utilizadas 11 janelas e 11 portas completas em blindex, peitoril e a portinhola para a cisterna.

Será utilizada a madeira para caibros e ripas. As ripas serão montadas sobre os caibros e os caibros serão apoiados nas terças, com a finalidade de suportar as telhas cerâmicas, e

as cumeeiras. O telhado terá um caimento de 25% e a calha será em chapa de aço galvanizado. Na pintura será utilizada uma tinta acrílica para pintura das alvenarias.

### Edificação bioconstrução

A edificação protótipo com o método da bioconstrução contempla os mesmos cômodos e a mesma área utilizada para o método construtivo com alvenaria de vedação tradicional. A planta pode ser visualizada na Figura 2.



**Figura 2 – Planta da edificação bioconstrução Fonte: Autoria Própria (2018)**

A edificação de estudo tem a estrutura dos pilares, piso e telhado em bambu. A fundação com pedras de mão. A parede de vedação é composta pelo tijolo de adobe com acabamento com a geotinta. O piso será utilizado laminas de bambu. A laje é composta por madeira reflorestada. O telhado verde com placas solares e boiler para aquecimento da água. Captação da água das chuvas em cisterna e tratamento de efluentes por meio de raízes.

A partir da planta baixa e demais informações do projeto, realizou-se um levantamento da quantidade dos materiais e das atividades, para sua construção pelo método da bioconstrução. Os custos foram baseados na tabela EMOP (Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro) e outros materiais tiveram seu orçamento obtido pela Instituição Pindorama.

Com relação à fundação da edificação, é feita uma vala cava na delimitação da construção com a medida de 50 cm abaixo do nível do terreno, e 50 cm acima do terreno, formando uma fundação de 1,0 m. Com 35 cm de largura para assentamento da parede de vedação, sendo 10 cm do tijolo com 2,5 cm de reboco de cada lado, formando 15 cm de espessura da parede e 10 cm para fora da construção e 10 cm para dentro da construção. São assentadas as pedras de mão conforme a sua fôrma e para preencher os vazios das pedras de mão será utilizada a brita 1. Com uma massa de assentamento feita de cal, areia e argila no traço 1:3 é feito o rejunte em toda a fundação e é feito um acabamento no topo da fundação para assentamento da parede de vedação. Na marcação dos pilares será utilizada uma tora de madeira com 50 cm de altura para fixar a estrutura dos pilares em bambu. Terá a estrutura dos pilares e vigas em bambu já adquirido com seu devido tratamento para utilização. Os pilares e as vigas serão da espécie *Dendrocalamus Giganteus* com 30 cm de

diâmetro. A ligação dos pilares de bambu com a tora de madeira assentada na fundação será feita com parafusos de aço. Essa tora de madeira é utilizada para que o bambu não entre em contato com a umidade do solo. Toda a estrutura desde o pilar, viga e telhado serão utilizados parafusos de aço para ligação e braçadeiras de aço para não fissurar o bambu. Será utilizada a laje de pinus reflorestado que será ligada as vigas de bambu por meio de parafusos de aço.

Para a fundação não será utilizado impermeabilizante. Para reduzir à infiltração da umidade a fundação será projetada 50 cm de altura acima do solo com pedras de mão e argamassa de solo local. E para os pilares será utilizada a tora de madeira para que o bambu não entre em contato direto com a umidade do solo. E o beiral do telhado foi disposto 120 cm para evitar as infiltrações ocasionadas pelas chuvas e o reboco com argamassa de solo local, areia e cal. A bioconstrução possui a vantagem de não utilizar impermeabilizantes assim não agredindo o meio ambiente, ao contrário da construção tradicional que ao fazer o uso dos impermeabilizantes acaba agredindo devido à fabricação dos materiais.

Nas alvenarias serão utilizados tijolos de adobe. Será utilizado parte do solo que foi retirado para abrir as valas da fundação e outra parte será comprada. As fôrmas dos tijolos serão fabricadas com pedaços de tábuas de pinus reflorestado, na qual o tamanho que será utilizado será 10x10x20. Para utilizar o solo local, o solo precisa ser argilo-arenoso, para saber se o solo é desse tipo, deve-se fazer o teste da bolinha, pegue um punhado de solo e umedeça, forme uma bolinha e solte-a no chão na altura da cintura. Se a bolinha não trincar nem se abrir, significa que o solo é muito argiloso. Nesse caso, deve-se misturar uma boa quantidade de areia. Se a bolinha se abrir muito, se esfarelar ou se despedaçar, significa que o solo é arenoso adicionar a mesma quantidade de argila para equilibrá-lo. Deve-se utilizar uma lona para colocar os materiais sendo eles a mesma quantidade de areia, terra, capim seco de 4 a 20 cm e umedecer com  $\frac{1}{2}$  balde de água para cada 4 baldes de terra. A mistura deve ser feita com os pés até ficar homogêneo e após a massa ficar pronta, deve-se umedecer e salpicar com areia as fôrmas de madeira. Após, deve-se jogar a massa nas fôrmas e apertando bem para que fique todo espaço completo. E passar uma régua para retirar o excesso. Após deve-se desformar e deixar secar por 7 dias de um lado e 7 dias do outro lado, aproximadamente 15 dias, em local aberto, porém coberto para evitar a chuva e o sol. A massa de assentamento dos tijolos será feita com a mesma massa do tijolo de adobe, areia e terra estrumada na mesma proporção e água, no traço 1:3. Será utilizado o reboco feito com argila, areia, soro de leite, grude de farinha de trigo branca e esterco fresco, deve-se misturar e deixar descansar 15 dias para fazer um acabamento final. Mas pode-se deixar o tijolo de adobe aparente formando um aspecto rústico. As vergas e contravergas serão feitas de madeira reflorestada. O abrigo de botijões será feito da mesma forma da alvenaria de vedação.

Na bioconstrução as instalações elétricas serão compostas por conduítes, fios e caixinhas para tomadas e interruptores de PVC embutidos nos tijolos da mesma forma da construção tradicional e as lâmpadas utilizadas serão de LED.

Serão utilizadas as mesmas instalações hidráulicas, do reservatório de água potável e para as conexões de esgoto da construção tradicional, porém elas terão outra destinação. Será implantado um sistema chamado de Bacia de Evapotranspiração, na qual, terá a função de tratar as águas cinzas e as águas negras. Para a construção da bacia na Secretaria de Meio Ambiente, foi considerado abrir uma vala de 6,0 m de comprimento por 2,0 m de largura e 1,0 m de profundidade, deve-se colocar ao fundo uma geomembrana para evitar



vazamentos infiltrações, e serão colocados 12 pneus com 25 cm de largura cada, dispostos no fundo da vala na entrada dos tubos de águas cinza e das águas negras, assim será colocado uma camada de 0,60 cm de pedras, cacos de tijolos e telhas, 0,20 cm de brita, 0,10 cm de areia e 0,10 cm de terra e a cobertura com galhos médios e finos e palhas (capins, folhas, etc.), deve ser jogado para criar um pequeno monte acima da borda da vala, com a finalidade de que a superfície fique abaulada. As águas cinzas, antes de serem lançadas na vala, devem passar por uma caixa de gordura. O propósito da caixa de gordura é conservar, na sua parte superior, gorduras, graxas e óleos contidos nas águas cinzas. As águas cinzas serão direcionadas para dentro da vala, através de um tubo de esgoto, com diâmetro de 100 mm. Ao redor da vala, em um espaço de cerca de 60 cm, deve-se plantar as mudas de bananeiras, no projeto foi considerada 6 bananeiras e 6 arbustos. Assim, como outras plantas de folhas largas, as bananeiras evaporam elevadas quantidades de água e se ajustam melhor a solos úmidos e ricos em matéria orgânica. Devem ser considerada 1 bananeira igual a 2m<sup>3</sup> por pessoa. Neste sistema, o retorno das águas negras para a natureza é feito por meio do vapor transpirado pelas folhas das plantas, evitando a contaminação do lençol freático.

O contrapiso será constituído com argamassa de solo local e cal hidratada em pó, no traço 1:2. Os pisos de bambu reflorestado serão em fôrma de régua com 1,85 metros e 14,2 cm de largura e serão assentados com a argamassa de solo local. Será utilizado o piso tátil direcional e alerta, conforme a norma de acessibilidade. A utilização do piso de bambu na bioconstrução trás uma vantagem ambiental por ser um material que não causa danos ao meio ambiente e por ser um material renovável. Já na construção tradicional, o piso cerâmico e os resíduos do granito gera uma intensa poluição nas pedreiras.

Na bioconstrução a laje de pinus reflorestado servirá como forro, transmitindo um aspecto rústico. Serão utilizadas 11 janelas e 11 portas completas e peitoril em madeira reflorestada.

A estrutura do telhado será toda em bambu de espécies diversas, levando em consideração as vigas de bambu, juntamente com os caibros e ripas que serão apoiados nas terças. As telhas também serão de bambu e devem ser amarrada uma nas outras com arame galvanizado. O telhado verde será instalado sob as telhas de bambu, será composto por uma membrana alveolar, uma proteção anti raiz, uma membrana de retenção de nutriente, uma camada de terra e o plantio de uma pré-vegetação. Nas beiradas do telhado é aplicada uma argila expandida e é feito um dreno com pedras para a água seguir para a calha sem transportar resíduos. O telhado terá um caimento de 3% e a calha será em chapa de aço galvanizado.

Na pintura será utilizada uma geotinta ou “tinta de terra” composta por cal, água, óleo de linhaça, cola branca, argila, pó xadrex ou clarofilito da cor desejada. Será feita a mistura dos materiais e por último acrescentar o óleo de linhaça. Deve-se aguardar 24 horas para dar a segunda demão.

Serão instalados placas coletoras de energia solar e um reservatório chamado de boiler, na qual as células das placas solares convertem a radiação solar em eletricidade. A energia térmica é transmitida para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre. O reservatório térmico é isolado termicamente com poliuretano sem CFC (Cloro-fluor-carbono). Dessa forma, a água permanece aquecida e pronta para o consumo a qualquer hora do dia ou da noite. A caixa de água fria alimenta o reservatório, mantendo-o sempre

cheio. Mesmo tendo um custo de R\$ 5.329,21 reais, obtém ao longo dos meses uma redução na conta de luz.

Será utilizado o sistema de captação da água da chuva para utilização em diversos fins como: lavagem de quintal, pisos e carros; lavagem de roupa; irrigação de plantas; descarga de vaso sanitário. A água pluvial é recolhida através das calhas nos telhados e encaminhada para um filtro para remover impurezas e clorada, antes do armazenamento em uma cisterna vertical modular que será utilizada. Será utilizada uma bomba para retirar a água da cisterna vertical modular e transferi-la para as suas devidas instalações nos pontos que receberão a água filtrada. A construção tradicional não tem esse gasto com a implantação desse sistema. A bioconstrução mesmo tendo um custo de R\$ 1.496,00 reais, obtém ao longo dos meses uma redução na conta de luz e na conta de água em média de 30%. Na qual, apesar do custo inicial após certo período esse valor será retornado como uma economia. Economia de até 30 litros de água potável por mês.

#### **4. Estudo comparativo entre o sistema construtivo de alvenaria com vedação tradicional e o sistema construtivo com bioconstrução**

A comparação entre os métodos será apresentada em itens considerados decisivos no custo e qualidade do produto final. São eles: mão de obra, custo direto de materiais e prazo. Em seguida será apresentada uma comparação geral entre os dois modelos.

##### **4.1 Comparação considerando a mão de obra**

A mão de obra para as construções de alvenaria tradicional é farta, porém, para as construções sustentáveis, é difícil de encontrar; existem milhares de operários disponíveis para a construção com alvenaria tradicional e contam com um grande número de operários, mesmo sem qualificação profissional, por causa do conhecimento prático adquirido e transmitido, ao longo de décadas; porém é muito difícil encontrá-los no mercado de trabalho para as construções sustentáveis, por exigirem o conhecimento dos novos ecoprodutos para as construções sustentáveis e das novas habilidades e novas práticas, para manusear e empregar os novos materiais, em construções sustentáveis.

Em relação à bioconstrução, as técnicas de construção são pouco conhecidas, há pouca mão de obra disponível e os operários com experiência em construções sustentáveis são escassos. As bioconstruções são feitas, na maioria das vezes, por leigos sem conhecimentos específicos de construção civil, que desenvolvem a bioconstrução baseados em técnicas sustentáveis e práticas de construção disponíveis em cursos ou cartilhas de blogs ou portais de educação ambiental, e que são auxiliados, sob a forma de mutirão, por pessoas que estão tentando aprender, participando da obra.

##### **4.2 Comparação considerando custo direto de materiais**

Assim que for pretendido construir uma edificação sustentável, deve-se pesquisar, na etapa de planejamento, averiguar o contexto global do local onde será construído. Analisando as condições naturais (vegetação, relevo, condições climáticas), disponibilidade de recursos materiais e humanos e as técnicas ajustam a cada situação. Assim são construídos empreendimentos com impactos ambientais reduzidos, com baixo consumo energético e hidráulico, e atendendo os três pilares da sustentabilidade. Ambiental, econômico e social. (ASSIS; COLOMBINI, 2018)

O elevado custo das construções sustentáveis está associado às tecnologias sustentáveis utilizarem conceitos de ecoeficiência, fornecedores certificados ecologicamente, utilização de descartes responsáveis dos materiais, a conservação da água, da energia, dos itens de construção e de acabamento e o treinamento da mão-de-obra para usufruir desta tecnologia que carece de um planejamento correto antes do início da obra, para que se conquiste o melhor custo-benefício em cada fase do processo. (ASSIS; COLOMBINI, 2018)

A memória descritiva das Dimensões da Construção Tradicional de cálculo foi a primeira coisa a ser feita, seguindo as medidas do quantitativo total dos materiais utilizados para a edificação, conforme suas unidades. E também uma planilha orçamentária da Construção Tradicional, baseada no catálogo da EMOP. Nesta planilha foi inserida a quantidade de cada serviço e em seguida calculado seu valor total. Considerando os seguintes itens: movimento de terra, estrutura, alvenarias e divisórias, revestimentos de paredes, teto e pisos, esquadrias, instalações elétrica, hidráulica, sanitárias, cobertura, isolamento, impermeabilização, pintura, o total foi de R\$ 421.521,00 (quatrocentos e vinte e um mil, quinhentos e vinte e um reais)

Com relação à edificação de bioconstrução, foi realizada uma memória descritiva, uma planilha com quantitativo total de materiais baseada no catálogo da EMOP e com alguns valores fornecidos pelo Instituto Pindorama. Nesta Planilha foi inserida a quantidade de cada serviço e em seguida calculado seu valor total. Considerando os seguintes itens: movimento de terra, galerias, drenos e conexões, argamassas, injeções e consolidações, parques e jardins, estruturas, alvenarias e divisórias, revestimentos de paredes, tetos e pisos, esquadrias, instalações elétrica, hidráulica, sanitárias, cobertura, isolamento, impermeabilização, pintura, o total foi de R\$ 263.318,00 (duzentos de sessenta e três mil, trezentos e dezoito reais).

#### **4.3 Comparação considerando prazo**

O prazo de uma construção está relacionado com a disponibilidade dos materiais, da mão de obra, dos equipamentos, máquinas e ferramentas necessários para desenvolver a obra, e, principalmente dos recursos financeiros de quem está construindo. A tecnologia é primordial para a velocidade e a qualidade da construção. O cronograma físico-financeiro do método construtivo com alvenaria tradicional foi desenvolvido com base na disponibilidade dos materiais, da mão de obra especializada e da tecnologia da construção. Para concluir a edificação, pelo método de construção com alvenaria tradicional, foi considerado o prazo de 6 meses, tempo suficiente para entregar a obra com qualidade.

Em relação ao cronograma físico-financeiro do método construtivo por bioconstrução, foi considerado o período de 9 meses, devido às dificuldades de obtenção de alguns materiais a serem utilizados, como por exemplo, o tijolo de adobe, que ocupa grande parte do tempo, na sua fabricação, por ser um método construtivo artesanal e primitivo, o que ocasiona um maior prazo.

#### **4.4 Comparação geral**

Nesse item será apresentada uma análise mais explicativa sobre os motivos pelos quais existe a diferença entre prazo, custo de materiais e mão de obra, que se pode concluir após toda a realização dessa pesquisa.

Com relação ao custo, na terraplanagem, a bioconstrução teve uma vantagem econômica e ambiental da construção tradicional, sendo economizado R\$ 1.350,96 por manter as características do solo local, preservando as plantas nativas.

Na locação da obra também teve uma vantagem econômica de R\$ 1.860,71 por utilizar cordas e trenas para marcação da obra, ao invés de utilizar material topográfico. Na fundação e na estrutura, a bioconstrução teve uma vantagem econômica de R\$ 50.358,58 e R\$ 33.728,75, respectivamente, e uma vantagem ambiental por não utilizar concreto e sim argamassa com o solo local, e ao invés do aço utilizar madeira reflorestada. Nos pilares e vigas foi utilizado bambu e na laje madeira reflorestada. Na bioconstrução foram utilizados métodos para reduzir o uso da impermeabilização, sendo os métodos: disposição do beiral do telhado ter sido maior, fundação com pedra de mão 50 cm acima do solo e a massa de assentamento com argamassa do solo local. Logo, houve uma vantagem de R\$ 25.194,97. Nas alvenarias e revestimento grosso houve uma vantagem econômica de R\$ 43.666,83 da bioconstrução por utilizar tijolos de adobe, reboco com argamassa do solo local e madeira reflorestada.

A bioconstrução na parte elétrica utilizou lâmpadas LED, na qual houve uma desvantagem econômica de R\$5.692,99 em relação à construção tradicional que utiliza lâmpadas fluorescentes. Porém houve uma vantagem, pois as lâmpadas LED iluminam mais e consomem menos, reduzindo a conta de luz. E não emitem calor e nem raios ultravioleta.

Na parte hidráulica, a bioconstrução teve uma vantagem econômica de R\$4.044,19, e ambiental por reutilizar pneus na construção da bacia de evapotranspiração. No acabamento dos pisos da bioconstrução foi utilizado piso de bambu, logo, houve uma vantagem econômica de R\$ 1.569,84 e uma vantagem ambiental por utilizar argamassa de solo local ao invés de utilizar cimento no contrapiso.

A bioconstrução teve uma desvantagem econômica no telhado de R\$39.228,31, por utilizar a estrutura de bambu e o telhado verde já que os materiais são mais caros do que a implantação de um telhado com telhas cerâmicas e estrutura de madeira. O revestimento fino de paredes da bioconstrução teve uma vantagem econômica de R\$ 36.751,35 por utilizar pintura com geotinta feita no local. E uma vantagem ambiental com menor emissão de VOC's (Compostos Orgânicos Voláteis). A bioconstrução teve uma vantagem de R\$ 15.007,20 na utilização de forro e molduras, pois a laje foi feita de Pinus – madeira reflorestada que serve como forro rústico, logo não houve custo adicional.

Nas janelas e portas, a bioconstrução teve uma desvantagem econômica de R\$ 3.583,87, pois utilizou madeira reflorestada, na qual ocasionou um custo maior do que as janelas e portas de blindex utilizada na construção tradicional.

Na bioconstrução foi utilizado um sistema de aquecimento solar com placas coletoras e um boiler, teve um custo de R\$ 5.329,21, porém houve uma vantagem de menos 30% de gasto com energia elétrica no mês. Após 2 anos em média esse valor será suficiente para pagar os custos iniciais. O sistema de captação de energia solar não gera cinzas nem outros tipos de resíduos, já que não libera calor residual, não modifica o equilíbrio da biosfera, evitando assim o Efeito Estufa.

Foi utilizada também na bioconstrução uma cisterna vertical para aproveitamento da água da chuva. Na construção tradicional essa água não era aproveitada. Inicialmente, houve um gasto de R\$ 1.496,00 na implantação, porém é possível ter menos 30% de gasto com energia elétrica por mês, e uma economia de até 30 litros de água potável por mês, sendo essa uma vantagem ambiental. Numa visão geral, a bioconstrução teve uma vantagem econômica de R\$ 158.203,00 além de toda vantagem ambiental com a utilização de materiais mais sustentáveis.

## 5. Considerações Finais

Em razão dos impactos causados pela construção civil, ocorreu o aumento da preocupação com o meio ambiente, o que ocasionou o surgimento da construção natural, designada bioconstrução, com alguns métodos milenares. Tendo em vista que a seleção dos materiais e as técnicas construtivas estão diretamente relacionadas com o equilíbrio ambiental e o custo da obra, os pontos levados em consideração na escolha do método a ser utilizado são a facilidade de uso, o custo e o caráter ecológico.

Mediante o tema escolhido, a proposta foi fazer um comparativo das técnicas construtivas sustentáveis com as técnicas construtivas de alvenaria tradicional, expondo os métodos e técnicas da bioconstrução à população, com o intuito de preservação do meio ambiente, aproveitamento de resíduos de construções e matérias primas, obtenção de economia e melhor utilização de materiais nos processos de construção, beneficiando a população atual e futura em relação ao uso de matérias primas na construção civil.

Em áreas rurais ou que se encontram em fase de desenvolvimento, onde há uma vasta quantidade de matéria prima alternativa e sustentável e uma área efetiva para realização dos trabalhos, é notória a facilidade na implantação das técnicas e métodos de bioconstrução.

Em áreas urbanas, onde há uma grande quantidade de construções já realizadas por métodos construtivos tradicionais, onde as técnicas de construção e a mão-de-obra dominante são as tradicionais e onde os materiais de construção oferecidos são os tradicionais, a utilização da bioconstrução ocorre de maneira pontual devido ao desconhecimento da técnica e pela falta da matéria prima disponível no local da obra, o que ocasiona um custo para comprar os materiais para a fabricação dos mesmos no meio urbano além do custo do transporte dos materiais.

Conclui-se que a mão de obra para o método construtivo da bioconstrução é difícil de encontrar profissionais especializados, por exigir um conhecimento de novas práticas.

Em relação ao cronograma físico do método construtivo da bioconstrução, o tempo foi maior, em razão dos materiais usados, como por exemplo, o tijolo de adobe, por ocupar grande parte do tempo, na fabricação dos mesmos, levando em consideração ser um método construtivo artesanal e primitivo, que ocasiona a demanda por mais tempo. Para isso, foi utilizado um cronograma com 9 meses para a conclusão da edificação em estudo pelo método construtivo da bioconstrução e um cronograma de 6 meses para a construção com o método construtivo tradicional.

A partir deste trabalho, foi possível concluir que utilizar os materiais sustentáveis apresentados é uma alternativa viável, por possuírem vantagens iguais ou superiores aos materiais convencionais. Com isso, percebeu-se que o setor de construção civil e a população, ainda hoje, exploram pouco de materiais alternativos disponíveis no mercado, por desconhecimento e preconceito.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, setembro de 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2018.