

CASAS BIOSSUSTENTÁVEIS: TELHADO VERDE E RESÍDUOS RECICLADOS

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, nosso planeta enfrenta uma das maiores crises ambientais já vistas, e isso decorre, principalmente, da ação do homem (TORGAL; JALALI, 2007). Embora a sociedade tenha um limite mínimo de bem estar, a natureza também tem o seu. Quando recursos naturais são retirados para suprir tal bem estar, é necessário que estes tenham uma preservação adequada. (CORREA, 2009). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a capacidade de suporte de um ambiente é reconhecida como uma habilidade do mesmo em acomodar, assimilar e incorporar um conjunto de atividades antrópicas sem que suas funções naturais sejam alteradas (BRASIL, 2019). Este conceito tem uma enorme significância em termos das relações entre o processo econômico e o ecossistema (CAVALCANTI; BEGOSSI, 1997). Por isso, ações individuais e escolhas de consumo conscientes motivados por “valores ambientais”, têm sido vistas como uma nova estratégia de mudanças em direção à utopia de uma sociedade cada vez mais sustentável. (PORTILHO, 2006).

As discussões sobre as questões ambientais começaram a ganhar visibilidade após a publicação do livro “Primavera Silenciosa” no ano de 1962 de autoria de Rachel Carson, uma bióloga Norte Americana. O livro é totalmente ancorado em fatos que trazem, em detalhes, o impacto ambiental negativo do uso abusivo dos agrotóxicos organoclorados. Tal divulgação tornou ampla a discussão das questões ambientais, dando início a diversos movimentos ambientalistas, entre os quais, um dos primeiros, o Clube de Roma. Este movimento foi criado em abril de 1968, e era formado por trinta pessoas de um total de dez países preocupadas com as questões ambientais. Entre elas, cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos vindos de países como França, Colômbia, Brasil, Rússia, República Tcheca, Uruguai, Espanha, Países Baixos e Portugal. O objetivo desse clube era analisar os limites de um crescimento econômico, levando em consideração a consequência do crescente uso de recursos naturais (CHAVES, 2014).

Em 1972, as preocupações com o meio ambiente começaram a ganhar maior enfoque após a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente, em Estocolmo. Porém, somente em 1987, à partir da publicação do relatório de Bruntland chamado de Our common future, foi que aconteceu um entendimento mais claro sobre sustentabilidade (TORGAL; JALALI, 2007). Embora tenha havido tal entendimento, apenas em 1992 esse conceito foi estabelecido (PINHEIRO, 2003). Neste ano, foi realizada uma Conferência do Rio (Rio 92), que contava com a presença de 176 países e 102 chefes, tanto do Estado, como de Governo. Estes, por unanimidade, aprovaram a “Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento”, a “Declaração de Princípios sobre Florestas” e a Agenda 21, definida pelo Ministério do Meio Ambiente como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (BRASIL, 2015). Além disso, as “Convenções sobre as Alterações Climáticas e sobre a Diversidade” também entraram em discussão. Em 1993, foi desenvolvido um programa (5º Programa para Ambiente e Desenvolvimento) no qual foi definida uma maior exigência de melhoria das políticas ambientais (TORGAL; JALALI, 2007).

Com um crescente interesse na redução de impactos ambientais e procurando eliminar estratégias de uso de recursos não renováveis, economia de energia e redução de resíduos da construção, foi tida uma atenção maior para a elaboração de soluções para um ambiente mais sustentável (CHAVES, 2014). Então, em 1994, ocorreu a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável, na Flórida. Neste evento foi discutido o futuro da construção ecológica, referindo-se à aplicação sustentável em construções juntamente com o conhecimento e uso dos princípios básicos da Ecologia e a eficiência dos recursos (PINHEIRO, 2003).

Posteriormente, em 2002, elaborou-se um documento intitulado de “Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável” (ENDS), em Portugal, que permitia, resumidamente, um crescimento econômico, uma coesão social maior e uma valorização, juntamente da proteção do meio ambiente. Este documento, por sua vez, foi atualizado recentemente até o presente ano (2015) (TORGAL; JALALI, 2007). Ainda no mesmo ano, a ONU promoveu um evento, chamado de “Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento”, entre os dias 26 de agosto a 4 de setembro na cidade de Johannesburgo, África do Sul. Neste acontecimento, reuniram-se representantes de 189 países, além da participação de centenas de outras ONGs para discutir, não somente sobre a preservação do meio ambiente, mas também englobar aspectos sociais relacionados ao mesmo. (CHAVES, 2014)

Enfim, o conceito de desenvolvimento sustentável, segundo o Relatório de Brundtland, ou o documento *Our Common Future* (1987), foi definido como um modo de satisfazer necessidades de gerações existentes sem prejudicar as gerações futuras (PEDROZO; SILVA, 2000). Este documento tem como base o princípio de que a civilização humana deveria somente gastar recursos vindos da natureza de acordo com sua capacidade de renovação para, assim, evitar um total esgotamento. Baseado em tais conceitos, é fundamental que cada indivíduo seja um consumidor responsável quando se diz sobre o uso de recursos naturais para, enfim, contribuir para um mundo mais sustentável (CHAVES, 2014).

A proposta de alcançar soluções para o desafio de qualidade de vida e qualidade ambiental, ao mesmo tempo, tem, cada vez mais, um envolvimento de profissionais de diversas áreas, como os da engenharia civil, por exemplo, que trabalham juntos para chegar a um método eficiente e de qualidade de bem estar sem que o ambiente tenha seus recursos naturais totalmente esgotados (CORREA, 2009).

Desde as civilizações mais antigas, a Construção Civil, exerce atividades que buscam a melhoria das condições de vida e bem estar do homem na sociedade atendendo suas necessidades básicas e imediatas sem a preocupação com a degradação ambiental (CHAVES, 2014). De acordo com Agopyan e John (2011), esse tipo de construção tem total responsabilidade pela transformação de um ambiente natural num ambiente construído que precisa ser atualizado e mantido (AGOPYAN; JOHN; 2011).

Com as cidades em constante crescimento, as técnicas civis tiveram que ter uma maior qualificação e apropriação para serem construídos edifícios cada vez mais sustentáveis (CORREA, 2009). Por isso que o evento de 1994, a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável, foi de extrema importância para dar início a essas novas técnicas na construção de “Casas Sustentáveis” sem prejudicar o bem estar humano (PINHEIRO, 2003). Então, dois anos após a conferência de Brundtland, alguns princípios, tratando-se de áreas com a capacidade de terem um desenvolvimento sustentável, foram sugeridos para construções sustentáveis na Engenharia Civil (PINHEIRO, 2003).

Alguns desses princípios foram propostos por Pinheiro (2003). São eles: consumir recursos minimizados e maximizar sua reutilização desses recursos sendo sempre renováveis e reciclados; proteger o ambiente natural; criar um ambiente mais saudável e menos tóxico e, ainda assim, manter uma qualidade acessível ao criar o ambiente construído (PINHEIRO, 2003). Segundo Kibert (1994), a construção ecológica é uma “Criação e manutenção responsável de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto baseado em princípios ecológicos” (DUARTE, 2011)

Os responsáveis pelo projeto da casa têm uma grande responsabilidade no que se dirige à sustentabilidade na construção, selecionando e aplicando as soluções que mantenham grau elevado de desempenhos ambientais, funcionais e econômicos (BRAGANÇA, 2005). O uso dessas práticas sustentáveis tem estado em alta no mercado das construções, tendo uma tendência crescente de utilização na área da construção civil (CORREA, 2009). Alguns dos, chamados “Amigos do ambiente” podem ser exemplificados por: resíduos reutilizados, como

o concreto, materiais mais duráveis, como os ligantes alcalinos do cimento, materiais de fontes renováveis, como a madeira, materiais reciclados, mais comuns os resíduos metálicos, materiais de baixa energia, como uma construção em alvenaria de terra, e entre outros, desde que sejam usados com consciência (TORGAL; JALALI, 2007).

O tamanho do ambiente que dizemos “construído” implica em grandes impactos ambientais negativos, dentre eles, o uso de grande quantidade de materiais de construção, mão de obra, água, energia e geração de resíduos. A necessidade do desenvolvimento de técnicas a favor do ambiente tem que estar em sintonia com interesses econômicos das empresas de Engenharia Civil. Então, fez-se necessário um grande investimento em pesquisas e estudos de como minimizar tais impactos negativos causados pelo setor das construções civis (CHAVES, 2014).

2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Nesse contexto, é necessário que se construa com boas técnicas, a preços acessíveis e em prazos curtos, gerando o menor consumo possível de recursos naturais e a menor quantidade possível de resíduos, edifícios de boa qualidade para o bem estar do homem. Dessa forma, há uma contribuição maior para a preservação do meio ambiente levando-se em conta que os conceitos de desenvolvimento sustentável estejam sempre presentes numa construção civil. Os resíduos reciclados e o telhado verde são atualmente usados em larga escala na construção de unidades habitacionais, os quais vão ser discutidos mais amplamente no presente estudo.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é analisar o desempenho, tanto quantitativo quanto qualitativo, de edificações sustentáveis colocando, em questão, os resíduos reutilizados e a cobertura verde, com o intuito de promover estratégias para uma cidade cada vez mais sustentável.

Para o cumprimento do objetivo, a metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica realizada no período de Fevereiro à Agosto de 2019 por consultas de artigos científicos sobre edificações sustentáveis através de busca em banco de dados indexados como Isi of Knowledge, portal Periódicos CAPES, Scielo entre outros.

Algumas das palavras chave para essa pesquisa foram: sustentabilidade, casa sustentável, materiais de construção sustentável. Além disso, as vantagens e desvantagens ligados a esse tipo de construção tanto quantitativas como qualitativas.

3. DISCUSSÃO

3.1 Telhado verde

A expressão “Telhado verde” consiste em uma técnica da arquitetura que aplica solo e vegetação sobre estruturas de diversos tipos de coberturas impermeáveis e edificações. Embora tenha sido usado em diversas fases históricas, suas qualidades e utilizações foram reconhecidas mais amplamente no meio técnico apenas há alguns anos (TANZILLO, *et. al.*, 2012).

Primeiramente, o telhado verde foi tido como um objetivo estético. Segundo Rodriguez (2006), estima-se que o Jardim Suspenso da Babilônia tenha sido o primeiro registro da implantação desse tipo de telhado. Depois, quando visto como instrumento funcional para a civilização, este recurso sustentável passou a ter origem em diferentes regiões do mundo (RODRIGUEZ, 2006), tais como Alemanha, Argentina, Tanzânia e Islândia (TANZILLO, *et. al.*, 2012). Na Escandinávia, por exemplo, usavam essa mistura de terra e grama para cobrir o telhado como uma forma de isolamento térmico (RODRIGUEZ, 2006).

Somente na década de 1970, na Alemanha, organizações privadas juntamente com universidades e centros de pesquisa começaram a desenvolver estudos mais profundos sobre o telhado verde e suas aplicações. Tais estudos tiveram extrema contribuição no entendimento

do telhado verde como uma importante ferramenta em áreas urbanas no que se diz respeito ao desenvolvimento sustentável (FERREIRA; MORUZZI, 2013).

Segundo a U. S. *Environmental Protection Agency* (EPA), esse recurso sustentável tem principal função na absorção de volumes de água das chuvas e posterior liberação, desta, em um ritmo reduzido e controlado. Ainda nesta definição da EPA, o telhado verde é considerado como uma importante medida sustentável promovendo uma qualidade do ar e da água ocorrendo, por consequência, uma redução da necessidade de sistema de aquecimento e refrigeração nas edificações (FERREIRA; MORUZZI, 2013).

Com a urbanização houve uma consequente remoção da cobertura vegetal original do ambiente ocasionando uma mudança na permeabilidade natural dessas áreas. Essa impermeabilização resultou numa redução drástica na infiltração da água das chuvas, acarretando em um aumento acentuado no escoamento superficial de águas pluviais. Nesse sentido, um dos maiores benefícios do telhado verde, além de ser considerado eficaz na redução e retardo do escoamento superficial, é sua função na redução do volume das águas pluviais lançadas no sistema de drenagem urbana através da retenção da água da chuva no solo do telhado verde (COSTA, *et. al.*; 2012).

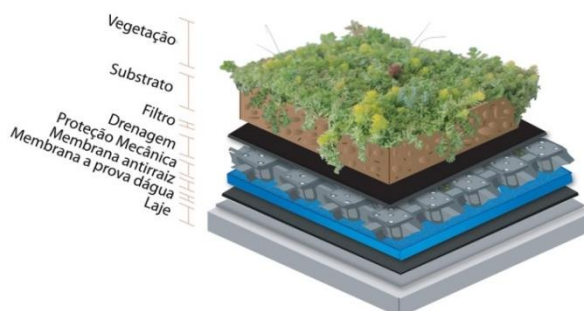
O sistema de aproveitamento de água da chuva convencional consiste, basicamente em três etapas: coleta da água pela superfície de recolha (telhados, pisos, entre outros), o direcionamento, ou órgãos de condução (água é conduzida através dos tubos de queda do reservatório de armazenamento) e o armazenamento nos reservatórios de acumulação. Ressalta-se que, na etapa de condução podem vir, junto com a água da chuva, dejetos animais e diversos tipos de sujeira, tornando-a imprópria para uso humano (BERTOLO, 2006).

No caso do telhado verde pode-se dizer que ele funciona como um biofiltro sendo possível se obter um melhoramento na qualidade da água (TOMAZ, 2005). Também, com a aplicação desse recurso para a captação de água pluvial, seria notável um menor desperdício decorrente do descarte, um aumento de água passível de aproveitamento e uma maior preservação da qualidade da água captada (FERREIRA; MORUZZI, 2013).

A adoção do telhado verde como parte constituinte do sistema de aproveitamento de água de chuva necessita de análise e cuidados diferenciados daqueles que consideram o telhado convencional como superfície de captação. Tais quais podem perder uma grande quantidade de volume de água nos descartes. (FERREIRA; MORUZZI, 2013). Quando as águas não são evaporadas e não aproveitadas, podem ser encaminhadas para uma renovação das águas subterrâneas através de sistemas adequados de infiltração (KOLB, 2003).

Um telhado verde é constituído de camadas de impermeabilização seguida de alguns componentes, como membrana antirraiz, drenagem, proteção mecânica, substrato e a vegetação a ser aplicada. Para ocorrer essa aplicação é de extrema necessidade que seja pesquisado, principalmente, a resistência da estrutura que irá receber o telhado verde e a inclinação da cobertura já existente (BALDESSAR, 2012). Essas informações estão mais claras na Figura 1.

Figura 1: Ilustração dos componentes de um telhado verde.



Fonte: BALDESSAR, 2012

Existem três modelos de telhados verdes que são classificadas de acordo com seu uso, tipo de vegetação e espessura do substrato:

- Extensiva → geralmente construído para atenuar os efeitos das águas pluviais na rede pública. Neste tipo, há a presença de espécies rústicas e rasteiras, como forrações e gramas, que só necessitam de cuidado e manutenção no período das secas, tal fator que as tornam mais fáceis de serem estudadas. Com relação à espessura do substrato, a cobertura extensiva varia de 6 a 20cm e pode ser aplicado apenas em coberturas inclinadas em até 45°. (FERRAZ, 2012).
- Semi-Intensiva → é uma cobertura intermediária tanto na profundidade do substrato (12 a 25cm) quanto na variedade de espécies (espécies de arbustos médios) e, diferente da extensiva, precisa de manutenção periódica. Com relação à inclinação, esta se dá inversamente proporcional à espessura do substrato. (FERRAZ, 2012).
- Intensiva → mais semelhante a um jardim, nela, há variações de espécies podendo até conter espécies de grande porte (árvores e arbustos). Tal tipo de vegetação exige que o substrato varie de 10 a 120cm de espessura. Por ser um modelo considerado decorativo, necessitam de um maior cuidado e manutenção, além de só serem executadas em telhados que não são inclinados por causa do risco de deslizamento (FERRAZ, 2012).

Ressalta-se que telhados verdes podem tanto reter, quanto transportar poluentes. Esse fator resultante é relacionado com a composição do substrato, vazão do escoamento, tipo de cobertura vegetal e tempo que a vegetação se estabelece no local (KOLB, 2003).

Outro destaque dos benefícios da cobertura verde é a climatização do ambiente. Fora o fato de reter o calor, esse recurso é extremamente eficaz pela capacidade de manter o interior das construções constantemente refrigerado. Estudos revelam que a vegetação, em função da altura e densidade das plantas, pode influenciar na redução de diversos graus nas temperaturas de pico, refrigerando o ambiente interno. Segundo Kolb (2003), o que leva à redução da temperatura é, principalmente, a evapotranspiração, definida por Raven (2007), como a perda de água do solo por evaporação e a perda de água da planta por transpiração. (KOLB, 2003).

Ferraz (2012) discute que a cobertura promove menos flutuações de temperatura e umidade no ambiente permitindo que se atinjam, com maior facilidade, condições de conforto para o usuário. Também, promove uma economia de energia através da minimização da utilização de dispositivos de condicionamento, além do aumento da vida útil da edificação (FERRAZ, 2012).

A tabela 1 representa uma comparação entre telhados convencionais e telhados verde, apontando vários aspectos como: parâmetros climáticos, hidrológicos e financeiros, a partir de um experimento realizado por Liptan e Streecker em 2003, nos Estados Unidos, na cidade de Portland (FERREIRA; MORUZZI, 2013).

Neste estudo apresentado e nas informações obtidas na discussão, foi possível observar que o Telhado Verde possui altas vantagens sobre o Telhado Convencional no que diz respeito à preservação do meio ambiente, como uma maior conservação de energia devido à climatização; à melhoria da qualidade do ar e da água; à maiores áreas de drenagem urbanas; e à possível retenção de águas das chuvas em casos de enchentes mais graves. Além disso, ele possui uma durabilidade muito maior, pois é protegida por membrana impermeável que ameniza ações da temperatura e exposição solar, durando 16 anos a mais do que o Telhado Convencional que, por sua vez, não apresenta esses recursos. Porém, no que diz respeito ao preço de custo, o Telhado Convencional se mostra bem mais acessível do que o Telhado Verde devido à ser preciso uma mão de obra especializada para a instalação e uma manutenção periódica acarretando, então, numa desvantagem considerável.

Tabela 1: Comparação entre Telhado Verde e Telhado Convencional proposto por Liptan e Streecker (2003), segundo um experimento em Portland, EUA.

Assunto	Telhado Verde	Telhado Convencional
Água da chuva		
Retenção de volume	10 a 35% durante a época chuvosa; 65-100% durante a época seca	Nenhuma
Mitigação da vazão de pico	Redução dos picos de escoamento de chuvas intensas	Nenhuma
Mitigação da temperatura	Todas as chuvas	Nenhuma
Melhoria da qualidade da água	Retém a deposição atmosférica e retarda a degradação dos materiais que compõem o telhado, menores volumes e menor carreamento de poluentes	Não
Qualidade do ar	Filtra o ar, previne o aumento da temperatura, armazena carbono	Nenhuma
Conservação de energia	Isolamento das construções, redução dos impactos das ilhas de calor urbano	Nenhuma
Vegetação	Permite a evapotranspiração sazonal, promove a fotossíntese, o oxigênio e o balanço carbono hídrico	Nenhuma
Espaço verde	Realoca espaços verdes perdidos com as edificações, no entanto não equivale a uma floresta	Nenhuma
Bônus de zoneamento de área de piso	3ft ² (0,3m ²) de coeficiente de área de pavimento adicional para cada ft ² (0,09m ²) de Telhado Ecológico quando a construção cobrir mais de 60%	Nenhuma
Redução das taxas de drenagem urbanas	Pode chegar a 45%	Nenhuma
Aprovado como medida de gestão de água da chuva	Para todas as necessidades atuais das cidades	Não
Habitat	Para insetos e pássaros	Nenhuma
Habitabilidade	Amortece ruídos, elimina luzes ofuscantes, alternativa estética, oferece recreação passiva	Nenhuma
Custos	Altamente variável entre 54-130 US\$/m ² para novas construções e 75-215 US\$/m ² para reforma	Altamente variável entre 22-107 US\$/m ² para novas construções e 43-161 US\$/m ² para reforma
Custos compensáveis	Redução dos equipamentos de água da chuva, economia de energia, aumento do valor do aluguel e da propriedade, redução da necessidade do uso de materiais isolantes, redução do volume de esgoto, criação de indústrias e emprego	Nenhum
Durabilidade	Membrana impermeável protegida da ação da temperatura e da exposição solar dura mais que 36 anos	Pouca proteção, exposição aos elementos, dura menos de 20 anos

3.2 Resíduos reciclados

Uma das boas alternativas da Engenharia Civil nessa corrida pelo bem estar ambiental tem sido a reciclagem de resíduos que reduz a retirada de recursos naturais do meio ambiente e, conseqüentemente, o impacto ambiental negativo. Por isso, transformar esses resíduos

numa fonte de matéria prima necessita de técnicas científicas específicas para, assim, tentar incorporar resíduos de construção potencializando sua utilização (LEITE, 2001).

São inúmeras as fontes de geração dos resíduos de construção. Um exemplo muito comum é a falta de bons serviços durante a construção que podem gerar perdas e, conseqüente desperdício, de materiais que saem das obras em forma de entulho. Levy e Helene (2000) citam que, antigamente, aproximadamente na década de 80, estruturas de concreto foram utilizadas sem o conhecimento necessário sobre sua durabilidade, causando uma menor vida útil e conseqüente geração de resíduos. Outro exemplo, discutido por Zordan (2000), são as reformas e demolições que, quando não conscientes, acabam sendo uma grande causa dessa aglomeração de resíduos de construção. Por fim, desastres naturais (terremotos, avalanches, entre outros), desastres causados pelos homens (guerras e bombardeios) e falhas estruturais também podem ser exemplificados como causas de geração de resíduos de construção (LEITE, 2001).

Segundo Costa *et al.* (2007), estes resíduos são compostos, em sua maioria, por restos de argamassa, tijolo, alvenaria, concreto, cerâmica, gesso, madeira, metais e, em maior parte, são considerados inertes (COSTA, *et. al.*, 2007).

Tais fatores levaram os engenheiros à busca de alternativa para minimizar os impactos negativos da produção desses inertes. A limitação das perdas de materiais com certeza se apresenta como a primeira alternativa para sanar o problema, embora não seja tão eficiente ainda. Tal limitação não reduziria somente o impacto, mas também haveria uma redução de custo dos empreendimentos e de gerenciamento de resíduos causados pelas edificações, tanto na utilização quanto na fase de construção. Além disso, as vantagens também chegam nos aterros sanitários, aumentando sua vida útil, e na diminuição dos pontos de descartes clandestinos. Por isso, a reciclagem ainda vem sendo a melhor alternativa para a redução do impacto ambiental e, por questões políticas, econômicas e ecológicas, tem sido incentivada no mundo todo para um mesmo fim: o melhor bem estar social e ambiental (LEITE, 2001).

De acordo com John (1996), o mercado da Construção Civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados, pois essa atividade é realizada em qualquer região, reduzindo custos como o transporte, por exemplo (LEITE, 2001). Além disso, os materiais utilizados para a produção dos componentes de edificações não precisam de sofisticação técnica (PERA, 1996).

Outro fator a ser considerado como um ponto importante e limitante é o raio de alcance que cada material pode ou não se tornar beneficiado. Neste sentido, para que um novo produto seja inserido no mercado, são necessários estudos sobre comportamentos físicos, químicos, tecnológicos e até mesmo análises das possibilidades de contaminações do solo ou da água (PERA, 1996). Um exemplo de recurso reaproveitado, que demorou a ser consolidado, é a sílica ativa que já é utilizada como um adicional na produção de concreto. Tal recurso só foi definitivamente aceito após muitos estudos feitos pelo mundo todo (LEITE, 2001).

Do ponto de vista ecológico, a reciclagem de resíduos de construção traz alguns benefícios para o meio ambiente, como: a redução de recursos naturais não renováveis (JOHN, 2000); redução de áreas necessárias para aterro, visto que os resíduos seriam diminuídos (PINTO, 1999); redução energética durante o processo de produção (JOHN, 2000) e a redução da poluição (JOHN, 1999).

Mesmo com todos esses benefícios, a reciclagem dos resíduos, assim como qualquer atividade antrópica, também pode causar impactos ao ambiente, tais quais podem ser piores do que o resíduo da forma que estava. Esse fato é dependente de algumas variáveis como a tecnologia empregada, o tipo de resíduo e a utilização que foi proposta para o material reciclado em questão. Além de gastar energia para transformar o produto ou para trata-lo para voltar em sua cadeia de produção, pode ser necessário mais do que isso, ou seja, utilização de

mais matéria prima para transforma-lo, tanto fisicamente, quanto quimicamente. Ressalta-se, aqui, que essa reciclagem também pode gerar resíduos, cujas características e quantidade também serão impactantes da forma negativa não só para o meio ambiente, mas também para o homem. Isso pode causar um impedimento de uma nova reciclagem, a falta de tecnologia para tratar esse novo produto e, também, todo o custo resultante (ÂNGULO, *et. al.*, 2001).

Algumas utilizações desses agregados já são bem divulgadas, como: o uso em base e sub-base de pavimentos, produção de concretos sem fins estruturais, projetos de drenagem e produção de blocos de concreto. Contudo, muitos autores chegaram à conclusão de que o melhor uso desses resíduos são os que são indicados para a formação do concreto (COLLINS, 1998; HENDRIKS e PIETERSEN, 1998; MAULTZSCH e MELLMANN, 1998; VAN DER WEGEN e HAVERKORT, 1998; DHIR *et. al.*, 1999; BANTHIA e CHAN, 2000). Isso se dá, pois o concreto é produzido em larga escala, é flexível, possui alto potencial para encapsulamento de substâncias nocivas, é resistente a agentes físicos e químicos, possui fácil aplicação e é consideravelmente durável se bem aplicados (LEITE, 2001).

Em 1995, uma emenda publicada pela Associação Dinamarquesa de Concreto, na Dinamarca, falava sobre as recomendações que permitiam o uso de agregados reciclados para o uso de concreto (GLAVING; HAUGAARD, 1998). De acordo com os autores dessa emenda, algumas das características dessa recomendação foram que o concreto deve ser usado em estruturas submetidas a ambientes passivos (cobrem as estruturas internas em clima seco) e moderados (estruturas parcialmente enterradas, paredes externas e fechadas, entre outros), em termos de agressividade do meio; o agregado reciclado para esse fim precisa ser processado e fracionado a partir de demolições e construções, alvenaria, revestimentos cerâmicos, reparos e reformas e, por fim, constituídos de, aproximadamente, 95% de concreto; e que é permitido, no máximo, 20% de agregado de miúdo natural para substituir o agregado reciclado (LEITE, 2001).

Algumas das características mais importantes a serem estudadas para a utilização desses agregados na produção de concreto são: a granulometria, a textura e a forma, a resistência, a absorção de água e os tipos de substâncias presentes no material (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Com relação à GRANULOMETRIA, quanto maior for a dimensão do agregado, menor será a sua área superficial por unidade de volume, ou seja, é de extrema importância que as partículas não sejam exageradamente longas e grandes. Nesse contexto, vale ressaltar que quando resíduos reciclados são adicionados ao concreto, a mistura tem uma liga muito maior, resultando numa dificuldade na trabalhabilidade quando comparado a misturas de concreto normal (LEITE, 2001).

Sobre a FORMA E TEXTURA DAS PARTÍCULAS, pode-se dizer que, estas, são de extrema importância e atuam diretamente na trabalhabilidade, na compacidade, ângulo de atrito interno e na quantidade de água na mistura do concreto. Segundo uma análise feita por Hamassaki e Morel (1996), os agregados naturais são lisos e ásperos, diferentes dos agregados reciclados que, por sua vez, são mais rugosos e porosos. Tais características acarretam no fato de que a aderência da pasta na argamassa é facilitada.

Outra característica importante ao ser estudado sobre a utilização de agregados reciclados na produção de concreto é a ABSORÇÃO de água. Tal característica é encontrada como uma das maiores dificuldades do uso de resíduos reciclados na produção de concreto, pois sua absorção é muito mais elevada do que os agregados naturais, exercendo uma influencia direta na produção dos concretos (FONSECA, 2006). No que diz respeito aos agregados naturais, a taxa de absorção de água quase não influencia nas misturas de concreto, visto que esses agregados apresentam pouca ou nenhuma porosidade (BARRA, 1996; LEITE, 2001; LEVY, 2000; LIMA, 1999). Além da absorção não ser uniforme pelos agregados reciclados, ela se dá, principalmente, na zona de contato entre a pasta e o agregado, variando a

relação água/cimento da mistura do concreto, diminuindo o potencial da pasta até a superfície do agregado. Barra (1996) afirma, ainda, que quanto mais seco, poroso e de menor dimensão for o agregado, e quanto maior a fluidez da pasta, maior será a quantidade de água absorvida.

Discutindo sobre os TIPOS DE SUBSTÂNCIAS PRESENTES NO MATERIAL do agregado, existem três grupos que podem ser reutilizados para a formação de concreto. O primeiro diz respeito à agregados oriundos de resíduos de alvenaria. Outro grupo se refere a agregados provenientes de resíduos de concreto, seguido de agregados provenientes de resíduos compostos. Já o concreto natural é formado por cimento, areia, brita e água que são oriundos do meio ambiente, o que provoca um esgotamento gradual de recursos naturais. (FONSECA, 2006).

Por fim, sobre a RESISTÊNCIA DO AGREGADO é relatado, por Mehta e Monteiro (1994), que é um fator determinante na resistência do concreto final. Embora não haja tantos estudos sobre a resistência de agregados pela dificuldade de realizar ensaios em corpos de prova com diminutas dimensões, Bicca (2000) comentou que muitas vezes essa resistência só é avaliada pelo desempenho final do concreto ao qual foi empregado, provando a afirmação de Neville (1997) que diz que certas resistências são evidenciadas, apenas visualmente, após um ensaio em corpos de prova (ocorrência de rompimentos). Então, é possível entender que a durabilidade de ambos os concretos, em sua produção final, melhoram com o aumento das resistências, devido, principalmente, à diminuição da relação água/cimento. Portanto, tanto pela teoria quanto pela prática, até o momento, foi visto que pela superfície do concreto reciclado ser mais porosa, sua durabilidade ainda é menor quando comparado ao concreto convencional (PEREIRA, *et. al.*, 2012).

Leite (2001) afirma que todas essas características citadas e discutidas acima precisam ser levadas em consideração, pois o resultado satisfatório de sua utilização vai depender do completo conhecimento de seu comportamento no concreto (LEITE, 2001). A tabela 2 representa uma comparação mais simplificada entre os tipos de agregados utilizados para a formação do concreto.

Tabela 2: Comparação entre agregados naturais e agregados reciclados em relação às principais características a serem estudadas para a utilização destes na produção de concreto estipuladas por Mehta e Monteiro (1994)

	Agregados naturais	Agregados reciclados
Características:		
Granulometria	Partículas não podem ser grandes e longas	Partículas não podem ser grandes e longas
Forma e textura das partículas	Lisos e ásperos	Rugosos e porosos
Absorção de água	Menor porosidade → Menor absorção	Maior porosidade → Maior absorção
Resistência	Fator determinante na resistência final de um concreto	Fator determinante na resistência final de um concreto
Substâncias	Agregados oriundos de recursos naturais: cimento (calcário, argila, sílica, minério de ferro e outros componentes em pequenas quantidades), areia, brita e água	Agregados oriundos de: resíduos de alvenaria, resíduos de concreto e resíduos compostos
Durabilidade do concreto final	Mais durável	Menos durável por causa da superfície porosa

Após ter feito uma discussão e ter apresentado esses dados resumidos na tabela 2, é possível dizer que os concretos a partir de agregados reciclados apresentam, enfim, vantagens ecológicas no que se refere à menor extração de recursos naturais do meio ambiente, maior durabilidade de materiais pela reciclagem, menores áreas de despejos de resíduos, redução da poluição e redução de energia pela produção. Quanto à durabilidade do concreto final, o reciclado se mostra menos durável. Isso se dá pela sua superfície se mostrar mais porosa do que a do concreto convencional. Outra desvantagem que pode ser, consideravelmente, revertida é a falta de aprimoramentos e conhecimentos em técnicas para tornar essa reciclagem de resíduos eficiente, já que, se não tiverem os devidos cuidados, podem causar danos negativos ainda maiores ao meio ambiente.

4.3 Análises de orçamento da Casa Biossustentável

Como já visto, as Casas Biossustentáveis, no caso do telhado verde e uso de resíduos reciclados para concreto, possuem características que os diferem, tanto ecologicamente, quanto economicamente. No sentido econômico, essas diferenças são relativamente grandes, sendo uma considerável desvantagem desse tipo de construção. Após ter feito uma busca em bases de dados de custos de Construção Civil (SINAPI, PINI e SINDUSCON), a tabela 3 apresenta, resumidamente, uma comparação geral entre uma Casa Convencional e uma Casa Biossustentável (paredes em concreto e telhado verde), a partir de um projeto básico de uma residência unifamiliar térrea com uma área construída de 69,60m².

Tabela 3: Comparação financeira entre a Casa Convencional e Casa Sustentável com dados fornecidos pelo SINAPI.

Item	Serviço	Casa Convencional	% do Item	-	Casa Biossustentável	% do item
1	Serviços preliminares e gerais	2.500,00	2,53	-	2.500,00	2,29
2	Infraestrutura	4.761,77	4,81	-	4.761,77	4,36
3	Superestrutura	7.265,28	7,34	-	7.265,28	6,65
4	Paredes e painéis	8.603,25	8,69	-	21.420,00	19,59
5	Esquadrias	10.739,45	10,85	-	10.739,45	9,82
6	Vidros e plásticos	1.048,40	1,06	-	1.048,40	0,96
7	Coberturas	8.317,58	8,40	-	15.515,90	14,19
8	Impermeabilizações	706,13	0,71	-	1.696,41	1,55
9	Revestimentos internos	10.735,91	10,85	-	6.240,23	5,71
10	Forros	0,00	0,00	-	0,00	0,00
11	Revestimentos externos	2.717,18	2,75	-	0,00	0,00
12	Pintura	7.768,46	7,85	-	5.841,08	5,34
13	Pisos	6.945,30	7,02	-	6.945,30	6,35
14	Acabamentos	4.480,00	4,53	-	4.480,00	4,10

15	Instalações elétricas e telefônicas	5.000,00	5,05	-	4.000,00	3,66
16	Instalações hidráulicas	4.800,00	4,85	-	4.300,00	3,93
17	Instalações esgoto e águas pluviais	5.000,00	5,05	-	5.000,00	4,57
18	Louças e metais	4.830,00	4,88	-	4.830,00	4,42
19	Complementos	250,00	0,25	-	250,00	0,23
20	Outros serviços	2.500,00	2,53	-	2.500,00	2,29
Custo Total		98.968,71	100,00	-	109.333,82	100,00

Verificando a tabela 3, é possível observar que oito itens se diferem entre si nos dois tipos de sistema construtivo. Por isso, a tabela 4 apresenta especificações de cada item que se mostrou diferente constatando suas particularidades de cada etapa da obra. Tais itens serão, a seguir, descritos mais detalhadamente.

Tabela 4: Especificações de itens que apresentaram diferença entre a Casa Convencional e a Casa Biossustentável

	Casa Convencional	Casa Biossustentável
Itens que se diferem:		
Paredes e painéis	Alvenaria de tijolos cerâmicos e maciços	Paredes em concreto armado com formas de alumínio (1000 utilizações)
Coberturas	Laje em concreto e telhas cerâmicas apoiadas em estrutura de madeira	Laje em concreto com impermeabilização, telhado verde com membrana a prova d'água, membrana antirraiz, proteção mecânica, drenagem, filtro, substrato de solo e camada vegetal
Impermeabilizações	Em vigas de fundação e caixa d'água	Em vigas de fundação, caixa d'água e lajes
Revestimentos internos	Lajes e paredes com chapisco e reboco	Somente em lajes
Revestimentos externos	Chapisco e reboco	Não há revestimento
Pintura	Látex em paredes e tetos sobre massa corrida	Látex sobre paredes em concreto (não utiliza massa corrida)
Instalações elétricas e telefônicas	Cortes para embutimentos	Condutores já embutidos na parede de concreto
Instalações hidráulicas	Cortes para embutimentos	Tubulações já embutidas nas paredes de concreto

No caso das PAREDES E PAINÉIS, a casa convencional foi orçada considerando-se tijolos cerâmicos maciços com dimensões 5x9x19cm, assentados em “1/2” tijolo, ou seja, com largura de parede de 9cm, utilizando argamassa mista de cimento, cal e areia. Por outro

lado, a casa bioSSustentável foi orçada considerando-se paredes em concreto armado, de espessura 10cm, utilizando formas de alumínio e considerando-se a depreciação dessas formas de alumínio com uma estimativa de 1.000 repetições de uso, se mostrando 183,84% mais cara. Pode-se observar, então, que os agregados reciclados não podem ser usados nesse caso, pois não são recomendados para fins estruturais (PEREIRA, et. al., 2012). Este recurso está localizado na modalidade de PISOS, onde os preços se mostraram iguais, não obtendo nenhuma vantagem e desvantagem em relação ao seu preço de custo.

Para as COBERTURAS, considerou-se na casa convencional o emprego de telhas cerâmicas apoiadas em estrutura de madeira; para a casa bioSSustentável optou-se pela utilização de um sistema composto por membrana a prova d'água, membrana antirraiz, proteção mecânica, drenagem, filtro, substrato de solo e cobertura com camada vegetal. Este sistema se mostrou 86,54% mais caro do que o sistema convencional. A obtenção de preço para essa modalidade inovadora foi feita diretamente junto a empresas fornecedoras desse serviço, pois os órgãos pesquisados não fornecem esses dados com a devida precisão.

No item de IMPERMEABILIZAÇÕES, considerou-se na casa convencional apenas a impermeabilização de vigas de fundação (baldrames) e da laje situada na área de caixa d'água. Por outro lado, na casa bioSSustentável, considerou-se também a impermeabilização da laje (pela empregação do Telhado Verde).

Quanto aos REVESTIMENTOS INTERNOS, adotou-se para a casa convencional o revestimento de paredes e lajes com chapisco e reboco. Na casa bioSSustentável, as paredes em concreto não precisam ser revestidas, pois a pintura é feita diretamente sobre sua superfície. Nesse sistema construtivo, apenas a laje recebe revestimento de chapisco e reboco.

Já em REVESTIMENTOS EXTERNOS, considerou-se chapisco e reboco para a casa convencional. Na casa bioSSustentável não há revestimento externo, pois, a pintura externa é feita diretamente sobre a superfície das paredes em concreto.

No caso da PINTURA, foi considerado um orçamento que, para a casa convencional é necessária a aplicação de emassamento (massa corrida) em paredes e lajes. Na casa bioSSustentável apenas a laje recebe esse tratamento de massa corrida, pois as paredes têm superfície lisa e recebem diretamente a pintura em látex.

Já no caso das INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS e INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS a diferença de preços se dá pela justificativa de que, nas casas convencionais, há necessidade de abertura de sulcos (cortes) em paredes para embutimento dos conduítes elétricos e das tubulações hidráulicas. Na casa bioSSustentável tais instalações já são previamente posicionadas antes da concretagem das paredes.

De oito itens apresentados, cinco deles se mostraram mais caros no sistema construtivo bioSSustentável, indicando que esse sistema ainda sai em desvantagem se comparado ao sistema convencional. Somente os itens “Instalações hidráulicas”, “Instalações elétricas e telefônicas” e “pintura” se mostraram com preços mais acessíveis na Casa BioSSustentável do que a Casa Convencional.

4.3.1 Discussão sobre SINAPI, PINI e SINDUSCON

Neste trabalho os custos unitários foram obtidos na base de dados do SINAPI, que trata de índices utilizados pelo maior órgão financiador de obras habitacionais do País que é a Caixa Econômica Federal. Tais valores são levantados pelo IBGE e levam em conta as variações mensais de preços de materiais e mão de obra. Portanto, houve o entendimento de que tal referência produziria um resultado confiável na obtenção do custo por metro quadrado de construção da casa no modelo convencional (SINAPI, 2015).

Porém, a título de comparação e visando a validação da metodologia, procedeu-se à verificação dos custos, também por metro quadrado de construção, apresentados mensalmente por outras duas instituições de pesquisa de preços na área, o SINDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo), que apresenta mensalmente o CUB

(Custo Unitário Básico) para várias tipologias de construção e a EDITORA PINI, que apresenta mensalmente o Índice PINI de Construção Civil, também para várias tipologias construtivas (SINDUSCON; PINI, 2015).

Notou-se que o valor encontrado no orçamento da casa convencional com base nos índices do SINAPI (R\$ 1.421,96/m²) está situado entre o valor apresentado pela EDITORA PINI (R\$1.391,76/m²) e o valor apresentado pelo SINDUSCON (1.467,97/m²).

Ao se obter o valor de custo da casa bioassustentável (R\$ 1.570,89 / m²) pelos índices do SINAPI, constatou-se que esse valor é 10,47% maior que o da casa convencional orçada com base nos mesmos índices.

Desta forma, considerando que o presente trabalho visa, entre outros objetivos, a comparação de custos, e levando em conta que os três índices usuais (SINAPI, SINDUSCON E PINI) convergem para valores de custo muito próximos, entende-se que, para qualquer uma das três fontes indicadas, a diferença percentual entre os custos da casa convencional e da casa sustentável também iriam convergir para algo em torno de 10% (a casa bioassustentável custaria em torno de 10% a mais que a casa convencional para qualquer uma das três fontes de pesquisa de custos).

Assim, justifica-se a adoção dos índices SINAPI por eles serem atualmente utilizados de forma oficial pelo órgão financiador (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL) e pelo fato de seus valores estarem posicionados muito próximos dos outros dois (PINI e SINDUSCON).

5. CONCLUSÃO

Após ter sido feito o desenvolvimento do presente trabalho por revisão bibliográfica, foi possível concluir que, embora o telhado verde possua muitas vantagens ecológicas e uma durabilidade muito maior que o telhado convencional, ele ainda se mostra muito mais caro, pois é necessário uma mão de obra mais especializada, tornando esse recurso sustentável menos acessível.

Com relação aos resíduos reciclados utilizados na produção de concreto, pode-se concluir que, para o meio ambiente, se mostra vantajoso apenas no sentido de reciclar e reutilizar materiais, reduzindo a retirada de recursos naturais do mesmo. Em termos de durabilidade tal recurso se mostra menos durável devido às suas características e resistência. Também, foi possível descobrir que os agregados reciclados não podem ser usados em concretos para fins estruturais.

Por fim, foi possível concluir que uma Casa Bioassustentável, embora seja mais ecologicamente correta, se apresenta pouco acessível para a população, com relação ao preço de custo quando comparada a uma Casa Convencional. Por isso, é necessário um aprimoramento de estudos e técnicas para tornar esse recurso sustentável eficiente e econômico, ao mesmo tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. *O desafio da sustentabilidade na construção civil*. [s.n.]. São Paulo: Edgar Blucher, 2011. In: GOLDEMBERG, J. (coordenador). Volume 5. Série Sustentabilidade.
- ANGULO, S. C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V. M. *Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil*. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil - materiais reciclados e suas aplicações. CT206 - IBRACON. São Paulo - SP. 2001.
- BALDESSAR, S. M. N. *Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada*. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BANTHIA, N.; CHAN, C. *Use of recycled aggregate in plains and fiber-reinforced shotcrete*. 2000. Vol. 22, 41-45p.
- BARRA, M. *Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado em su aplicación como hormigón armado*. 1996. 223f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Politécnica de Catalunya, Barcelona, 1996.
- BICCA, I. S. *Estudo da viabilidade do rejeito cerâmico, como agregado graúdo, na produção de concreto com características estruturais*. 2000. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- BRAGANÇA, L. *Princípios de desenho e metodologias de avaliação da Sustentabilidade das Construções*. Revista Espaços. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Azurém, 4800 Guimarães, Portugal, 2005.
- BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- CAVALCANTI, C.; BEGOSSI, A. *Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas*. In: Curso Agenda 21, 1997.
- CHAVES, H. O. *Diretrizes sustentáveis na Construção Civil: Avaliação do ciclo de vida*. 2014. 54f. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CHICAGO. *American Hydrotech promotes Kevin Serena to Garden Roof Technical Sales Coordinator*. 7 nov. 2011.
- COLLINS, R. J. *Upgrading the use of recycled aggregates*. In: CIB World Building Congress, 1998. Materials and technologies for sustainable construction, Suécia.
- CORREA, L. R. *Sustentabilidade na Construção Civil*. 2009. 70f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte.
- COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. *Telhado verde: Redução e retardo do escoamento superficial*. Revista de estudos ambientais v. 14, n. 2esp, p. 50-56, 2012.
- DIHR, R. K.; LIMBACHIYA, M. C.; LEELAWAT, T. *Suitability of recycled concrete aggregate for use in BS 5328 designated mixes*. Journal of Institution of Civil Engineering, Structures and Buildings, v. 134, n. 08, p. 257-274, 1999.
- DUARTE, A. P. *Construção Sustentável: Oportunidade e boas práticas*. In: Semana Europeia da Energia Sustentável. 2011, Celórico da Beira-PT.
- FERRAZ, I. L. *O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica*. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. *Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis*. 2013.

Programa de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

FONSECA, A. P. *Estudo comparativo de concretos com agregado graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural*. 2006. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

GLAVIND, M.; HAUGAARD, M. *Future aspects for the use of recycled concrete aggregate in Denmark*. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.). *Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregate*. London: Thomas Telford Pub., 1998. p. 401-407.

HAMASSAKI, L. T.; SBRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M. C. *Uso de entulho como agregado para argamassas de alvenaria*. In: Workshop sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997. 170p.

HANSEN, T. C. *Recycling of demolished concrete and masonry*. 1.ed. Londres: Chapman & Hall, 1992. 305p.

HENDRIKS, C. F.; PIETERSEN, H. S. *Concrete: Durable, but also sustainable?* In: Dhir, R. K.; Henderson, N. A.; Limbachiya, M. C. *Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete aggregate*. Londres: Thomas Telford Pub., 1998. 1-18p.

JOHN, V. M. J. *Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil*. In: Seminário desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil, 2. São Paulo: IBRACON, 1999, p. 44-55.

JOHN, V. M. *Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos*. In: Workshop sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção. São Paulo: Anais, 1996. 170p.

JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo, 2000. 102f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KOLB, W. *Telhados de Cobertura Verde e Manejo de Águas Pluviais*. In: Simpósio Brasileiro de captação e Manejo de água de chuva, 4. Juazeiro: ACQUA, 2003.

LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 2001. 270f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. *Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos*. 2000. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIMA, J. A. R. *Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos*. 1999. 246f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, São Carlos, 1999.

MAULTZSCH, M.; MELLMANN, G. *Properties of large scale processed building rubble with respect to the reuse as aggregate in concrete*. In: Dhir, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. *Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete aggregate*. Londres: Thomas Telford Pub., 1998. P.99-107.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura, propriedades e materiais*. 1ed. São Paulo: PINI, 1994. 573p.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. 2ed. São Paulo: PINI, 1997.

PEDROZO, E. A.; SILVA, T. N. *O desenvolvimento sustentável e a abordagem sistêmica*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS. REAd – 18th Ed Volume 6 No. 6, 2000.

PERA, J. *State of the art report: Use of waste materials in construction in Western Europe*. In: Workshop sobre Reciclagem e Reutilização de resíduos como Materiais de Construção, 1996, São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997. 170p. p.1-20.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F.; LEVY, S. M. *Durabilidade de concretos com agregados reciclados: Uma aplicação de análise hierárquica*. *Revista Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 125-134, 2012.

PINHEIRO, M. D. *Construção Sustentável: Mito ou Realidade?*. In: Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, 7. 2003, Lisboa-PT.

PINI. Disponível em: <<http://guiadaconstrucao.pini.com.br/cupe-sao-paulo-sp-ago-2015/custos-unitarios-pini-de-edificacoes-cupe-sao-paulo-sp-ago-2019/1668>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PORTILHO, F. *Ambientalização do Consumo: Alianças entre Movimentos Ambientistas e Movimentos de Defesa dos Consumidores*. In: III Encontro da ANPPAS, 2006, Brasília-DF. Disponível em: <anppas.org.br>. Acesso em: 09 abr. 2019.

RODRIGUEZ, R. *The History of Green Roof Technology*. Nova York, 2006. SCHULZ, R. R.; HENDRICKS, C. F. *Recycling of masonry rubble*. In: HANSEN, T. C. *Recycling of demolished concrete and masonry*. Londres: Chapman & Hall, 1992. p.161-255.

SINAPI. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SINDUSCON. Disponível em: <http://www.portalsinduscon.com.br/portal/cub/>. Acesso em: 20 mai. 2019.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de Água de Chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo: Navegar Editora, 2005. 180p

TORGAL, F. P.; JALALI, S. *Construção Sustentável: O caso dos materiais de construção*. In: Congresso Nacional, 3. 2007. Coimbra-PT.

VAN DER WEGEN, G.; HAVERKORT, R. *Recycled construction and demolition wastes as a fine aggregate for concrete*. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. *Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete aggregate*. Londres: Thomas Telford Pub., 1998. p. 333-345.

ZORDAN, S. E. *Entulho da indústria da construção civil*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.