

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

CARLOS HENRIQUE SILVA MARTINS

**Desenvolvimento sustentável na construção civil:
utilização do tijolo ecológico**

PATOS DE MINAS

2019

CARLOS HENRIQUE SILVA MARTINS

**Desenvolvimento sustentável na construção civil:
utilização do tijolo ecológico**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Raquel Resende
Rocha

PATOS DE MINAS

2019

FACULDADE PATOS DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

CARLOS HENRIQUE SILVA MARTINS

**Desenvolvimento sustentável na construção civil: utilização do
tijolo ecológico**

Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, composta em
11 novembro de 2019.
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela comissão examinadora constituída
pelos professores:

Orientador: Prof. Esp. Raquel Resende Rocha
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Prof. Esp. Marcelo Malheiro de Queiroz
Faculdade Patos de Minas

Examinador: Eng. Civil Luiz Guilherme Pereira Bernardo

“A persistência é o caminho do êxito!”

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho conclui uma etapa de grande importância para mim, por isso:

Agradeço, primeiramente, a Deus por tudo que me foi concedido até este momento!

Agradeço aos meus pais que sempre estiveram comigo, ensinando, apoiando e segurando minha mão, dando forças para que eu não desistisse, além de confiarem em mim a todo momento.

Agradeço também aos mestres que contribuíram para a minha formação, inculcando-me saberes e valores, os quais me farão uma pessoa melhor; principalmente, ao meu orientador pela paciência, compreensão e carinho.

Agradeço ao Engenheiro Felipe Rosa, do Grupo Idealize, pela disponibilização de informações e material para a realização deste estudo.

Agradeço aos meus amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até este momento. Muito Obrigado!

RESUMO

A degradação do ambiente é agravada pelo crescente consumo de recursos naturais, principalmente no setor da construção civil, que aparece como um dos maiores consumidores do mundo. Diante disso, torna-se necessário planejar e executar construções sustentáveis que atendam à prerrogativa de desenvolvimento sustentável, o qual é de grande importância para a sociedade. Este trabalho teve como objetivo apresentar o tijolo ecológico, tido como um material econômico e sustentável, que pode ser utilizado na construção civil de forma a alcançar melhores níveis de sustentabilidade e economia. A partir dos resultados obtidos percebeu-se que o tijolo ecológico é uma alternativa ambientalmente responsável, socialmente justa e economicamente viável.

Palavras-chave: construção sustentável, materiais, tijolo ecológico.

ABSTRACT

The degradation of the environment is aggravated by the increasing consumption of natural resources, especially in the construction sector, which appears as one of the largest consumers in the world. In view of this, it is necessary to plan and execute sustainable constructions that meet the prerogative of sustainable development, which is of great importance to society. This work aimed to present ecological brick, considered as an economic and sustainable material, which can be used in civil construction in order to achieve better levels of sustainability and economy. From the results obtained it was noticed that ecological brick is an environmentally responsible alternative, socially just and economically viable.

Keywords: sustainable construction, materials, ecological brick.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Dimensões da sustentabilidade	16
Figura 02 – Execução de alvenaria com tijolo ecológico.....	27
Figura 03 – Passagem de tubulações e instalações elétricas e hidráulicas.....	27
Figura 04 – Passagem das ferragens.	28
Figura 05 – Blocos de acabamento.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Marcos históricos do desenvolvimento sustentável.....	14
Quadro 02 – Tipos de construção sustentável	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Problemática	12
1.2	Objetivo Geral	12
1.3	Objetivos Específicos	12
1.4	Justificativa	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Desenvolvimento sustentável	14
2.1.1	<i>Histórico.....</i>	14
2.1.2	<i>Conceitos.....</i>	16
2.2	Sustentabilidade e resíduos sólidos.....	17
2.3	Sustentabilidade e construção civil.....	17
2.3.1	<i>Construção sustentável e princípios básicos.....</i>	18
2.3.2	<i>Tipos de construção sustentável</i>	20
2.4	Resíduos da construção civil	21
2.5	A escolha de materiais.....	22
2.6	Materiais ecológicos	23
2.7	Tijolo ecológico	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Metodologia	26
3.2	Estudo de caso	26
3.3	Apresentação dos dados	27
3.4	Entrevista	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Execução.....	31

4.2	Resistência.....	31
4.3	Custo benefício.....	32
4.4	Sustentabilidade.....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS.....	35
	ANEXO	39

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a questão ambiental tornou-se uma preocupação mundial, sendo reconhecido a urgência em resolver os problemas ambientais. Araújo (2009) cita que a deterioração do meio ambiente, decorrente das atividades humanas, é uma preocupação que se faz presente e que o assunto tem feito com que, cada vez mais, as pessoas se conscientizem da necessidade de construir uma sociedade mais sustentável.

A construção civil, segundo Fernandes (2009), tem grande influência e participação no tema sustentabilidade, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado à utilização de recursos naturais, em sua maioria não renováveis. O autor ainda destaca:

(...) uma obra sustentável leva em conta o processo na qual o projeto é concebido, quem vai usar os ambientes, quanto tempo terá sua vida útil e se, depois desse tempo todo, ela poderá servir para outros propósitos ou não. Tudo o que diz respeito aos materiais empregados nela devem levar em conta a necessidade, o desperdício, a energia gasta no processo até ser implantado na construção e, depois, se esses materiais podem ser reaproveitados (FERNANDES, 2009)

Assim, tem-se que o conceito de construção sustentável, baseada no desenvolvimento de um modelo que enfrente e proponha soluções aos problemas ambientais, sem renunciar às inovações tecnológicas e à criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários (FERNANDES, 2009).

Morais *et al.* (2014) destacam a necessidade de implementar métodos mais sustentáveis na construção civil, de forma que o setor possa diminuir os impactos no meio ambiente, pois há a geração de uma grande quantidade de resíduos, evidenciando o desperdício de material.

Segundo De Castro Jordan e Freitas (2018) o volume de entulho gerado na construção e demolição cresce a cada dia, chegando a ser até 2 vezes maior que o volume de lixo sólido produzido nas áreas urbanas, em função do desenvolvimento progressivo do setor da construção civil.

Pisani (2005) acrescenta que o crescimento populacional e a extração de recursos naturais não renováveis degradam o ambiente pois não existe construção que não gere impacto, o que exige a busca por soluções (materiais e técnicas construtivas) que reduzam estes impactos, justificando assim a temática de

desenvolvimento sustentável e responsabilidade socioambiental no setor da construção civil.

Para incorporar práticas de sustentabilidade na construção civil é necessário o engajamento de todo o setor, repensando a forma de produzir e gerir as obras (antes, durante e depois do fim de sua vida útil), introduzindo de forma gradual os conceitos de sustentabilidade, buscando soluções economicamente viáveis e socioambientalmente responsável (ARAÚJO, 2009).

Diante disso, alguns estudos com embasamento científico e técnico apresentam o tijolo ecológico como uma opção economicamente viável e socioambientalmente responsável. O tijolo ecológico é feito de solo, água e cimento e o que lhe confere a característica ecológica é a ausência de queima no processo de fabricação, ou seja, não produz gás carbônico, além de contribuir para a redução de resíduos sólidos provenientes do processo construtivo (PISANI, 2005).

1.1 Problemática

Quais os benefícios proporcionados com a utilização do tijolo ecológico, considerando o atual paradigma de construção sustentável?

1.2 Objetivo Geral

Apresentar o tijolo ecológico como um aliado no desenvolvimento da sustentabilidade no setor da construção.

1.3 Objetivos Específicos

- Conceituar os aspectos teóricos relevantes para compreensão do tema;
- Apresentar os benefícios de uma construção sustentável;
- Verificar a relação custo-benefício e a resistência do tijolo ecológico;
- Identificar as vantagens do uso do tijolo ecológico na construção civil.

1.4 Justificativa

Araújo (2009) comenta que o setor da construção civil contribui efetivamente na formação do produto interno bruto – PIB, além de empregar um grande número de trabalhadores, ou seja, o setor é importante para a economia e sociedade brasileira como um todo. Schneider e Philippi Jr (2004) afirmam que a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta,

enquanto Oliveira e Mendes (2008) complementam que o desperdício irracional, gerando perdas materiais e financeiras, contribui ainda mais para degradar o ambiente. Avaliando a interferência do setor da construção civil nos aspectos economia, sociedade e ambiente é necessário atuar de forma responsável para que haja equilíbrio entre estes; o que pode ser alcançado com a implementação do desenvolvimento sustentável no setor da construção civil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento sustentável

O termo sustentabilidade domina a maior parte dos discursos de diferentes setores sociais; discursos estes baseados no antigo desejo filosófico de uma sociedade mais humana, no qual a sustentabilidade é alcançada com o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental (MOTTA, 2009).

2.1.1 Histórico

Martins (2014) descreve que os primeiros indícios de preocupação da comunidade internacional com os limites de desenvolvimento do planeta surgiram na década de 60.

Alguns acontecimentos (Quadro 1) contribuíram para a percepção de que os recursos naturais são finitos, e conseqüentemente, da necessidade de um novo modelo de desenvolvimento para o planeta.

Quadro 01 – Marcos históricos do desenvolvimento sustentável

ANO	ACONTECIMENTO
1968	Publicação do estudo <i>The limits of growth</i> com perspectivas sobre o crescimento populacional e o esgotamento dos recursos naturais dado a manutenção dos níveis de industrialização, poluição, produção de alimentos e exploração dos recursos, o que levaria o planeta a atingir o limite de desenvolvimento em aproximadamente 100 anos.
1972	Realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, onde se discutiu sobre a responsabilidade de cada país, bem como o modelo de consumo, declarando o direito das futuras gerações e da atual ao usufruto criterioso dos recursos naturais com a finalidade de evitar o seu esgotamento.
1973	Surge o conceito de ecodesenvolvimento, no qual o canadense Maurice Strong mapeia 6 caminhos para o desenvolvimento.
1983	A Organização das Nações Unidas – ONU cria a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento – WCED e adota formalmente seu conceito de desenvolvimento sustentável.

1987	Publicação do relatório <i>Our common future</i> pela WCED, o qual conclui que o uso excessivo dos recursos naturais irá provocar o colapso dos ecossistemas e propõe a busca de soluções por toda a humanidade.
1988	Publicação do livro <i>Thinking about Nature</i> , do filósofo Andrew Brennan no qual propõe que o papel da ecologia é mostrar como agir nas comunidades urbanas complexas ao invés de procurar explicações para os problemas ambientais.
1989	A ONU aprova em assembleia extraordinária uma conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento a ser realizada em 1992.
1992	Realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento conhecida como Eco-92 ou Rio-92, na qual foram discutidos planos de ações para preservar os recursos naturais do planeta e maneiras de eliminar o abismo entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, dando início à Agenda 21 (2500 recomendações).
1997	Assinatura do Protocolo de Kyoto, que é um instrumento internacional com o objetivo de reduzir e emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa e consequentemente pelo aquecimento global.
2007	O Nobel da Paz teve como um dos ganhadores o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, que reúne 3 mil cientistas e especialistas de várias áreas com o objetivo de avaliar as informações científicas disponíveis sobre as mudanças climáticas, destacar seus impactos ambientais e socioeconômicos e traçar estratégias.
2015	Adoção da Agenda 2030, durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem alcançadas até 2030.
2015	Assinatura e ratificação do Acordo de Paris, que é um compromisso mundial sobre as alterações climáticas, que prevê metas para reduzir a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa.

Fonte: (MARTINS, 2014; MOTTA, 2009; ONU BRASIL, 2019)

A partir de 2007 o tema sustentabilidade ganhou nova dimensão, percepção e aceitação pela sociedade mundial (MOTTA, 2009).

2.1.2 Conceitos

O conceito surge da percepção dos problemas decorrentes do desenvolvimento da civilização global e, apesar da busca de ações sustentáveis locais deve-se sempre avaliar todo o processo de desenvolvimento (MARTINS, 2014).

Conforme estudos de Montibeller Filho (1993) o conceito de desenvolvimento sustentável foi colocado como um novo paradigma, tendo como princípios:

- Integrar conservação da natureza e desenvolvimento;
- Satisfazer as necessidades humanas fundamentais;
- Perseguir a equidade e justiça social;
- Buscar a autodeterminação social e da diversidade cultural;
- Manter a integridade ecológica.

O conceito formal, adotado pela ONU desde 1983, é “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (MOTTA, 2009).

Ainda segundo Motta (2009) o desenvolvimento sustentável deve atuar nas dimensões ambiental, sociocultural e econômica (Figura 01), visando o equilíbrio e definindo as ações como ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis.

Figura 01 – Dimensões da sustentabilidade



Fonte: (MOTTA, 2009)

Montibeller Filho (1993) observa que é desenvolvimento porque implica na intervenção da qualidade das relações humanas com o ambiente e suas necessidades

e, é sustentável porque deve responder às necessidades da população atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

2.2 Sustentabilidade e resíduos sólidos

Aplicada ao espaço urbano, como descreve Acselrad (1999), a noção de sustentabilidade tem acionado diversas representações para a gestão das cidades, desde a administração de riscos e incertezas até o incremento da capacidade adaptativa das estruturas urbanas.

E um dos grandes desafios para a sociedade moderna é proporcionar soluções adequadas para a destinação final dos resíduos sólidos, tendo em vista o grande volume produzido, o gerenciamento inadequado e a falta de áreas aptas para a sua deposição (JACOBI E BENSEN, 2011).

Ângulo *et al.* (2001) ressaltam que o principal problema é caracterizado pela escassez de áreas de deposição de resíduos, devido ao crescimento urbano, a valorização das terras, aos altos custos sociais no gerenciamento de resíduos, aos problemas de saneamento público e à contaminação do ambiente.

Desde a Rio-92 o tema vem sendo trabalhado incorporando novas prioridades à gestão sustentável de resíduos sólidos, as quais incluem a redução na fonte, o reaproveitamento e reciclagem de materiais e a participação comunitária (JACOBI E BENSEN, 2011).

No entanto, como cita Ângulo *et al.* (2001), apesar de a redução na geração de resíduos representar uma ação necessária, ela é limitada, pois o conceito não implica somente multidisciplinariedade, envolve também mudanças culturais, educação ambiental e visão sistêmica.

2.3 Sustentabilidade e construção civil

A sustentabilidade deve ser buscada em todas os setores da economia, implicando também na adoção de ações desenvolvidas especificamente para o setor da construção civil. Como apresentado por Motta (2009), inicialmente as ações de inclusão do tema sustentabilidade nos ambientes construídos possuíam apenas uma abordagem ambiental.

Desta forma, Corrêa (2009) descreve uma construção sustentável como aquela comprometida com o desenvolvimento sustentável, na qual os seus conceitos e práticas estão usualmente relacionados às ações previstas para o desenvolvimento.

Fernandes (2009) lembra que o sistema construtivo deve promover intervenções sobre o meio ambiente, adaptáveis às necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais.

Araújo (2008) complementa que a construção sustentável não representa um modelo para resolver apenas problemas pontuais, mas sim uma reformulação no pensamento a respeito da própria construção e tudo que a envolve. Com enfoque integrado da própria atividade buscando intervir no meio ambiente, preservando-o, recuperando-o e gerando harmonia no entorno.

E de acordo com Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção – CIB (2002) uma construção sustentável deve partir de um processo que busque compreender os fenômenos em sua totalidade, a fim de restabelecer e manter o equilíbrio entre os ambientes naturais e construídos, criando relacionamentos que confirmem a dignidade e estimulem a igualdade econômica.

Em seus estudos Corrêa (2009) propõe uma análise crítica a respeito do impacto ambiental das construções, e conclui que:

(...) antes de buscar as respostas certas devemos fazer as perguntas certas: Porque ocupar novas áreas, quando podemos recuperar áreas? Porque demolir edifícios que poderiam ser utilizados para novos usos? Porque utilizar intensa iluminação artificial onde podemos aproveitar a luz do dia? Porque utilizar condicionamento de ar onde nós podemos simplesmente abrir uma janela? (CORRÊA, 2009).

Figueiredo (2012) enfatiza que apesar dos benefícios, as edificações sustentáveis ainda sofrem certo preconceito, pois grande parte dos consumidores associam sustentabilidade com ecologia, baixa qualidade e rusticidade; acreditando que os produtos sustentáveis são mais caros, inferiores e sem grandes ofertas no mercado. No entanto, com base na realidade do mercado e em estudos científicos, as obras sustentáveis surgiram como união do lucro ao bom senso.

2.3.1 Construção sustentável e princípios básicos

As práticas sustentáveis incorporadas à construção civil têm crescido consideravelmente, pois a sociedade tem cobrado dos governos e empresas serviços e produtos comprometidos com a preservação do ambiente e dos recursos naturais com vista a garantir a qualidade de vida da geração atual e futura (CORRÊA, 2009).

Corrêa (2009) acrescenta que as soluções devem ser relevantes para o empreendimento, atendendo os requisitos básicos de adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural.

Dessa maneira, Araújo (2009) comenta que uma construção sustentável deve estar de acordo com a:

- Sustentabilidade econômica: aumentando a lucratividade através do uso eficiente de recursos;
- Sustentabilidade ambiental: prevenindo impactos através da redução de resíduos e, quando possível contribuindo para a melhoria do ambiente;
- Sustentabilidade social: respondendo às necessidades das pessoas envolvidas em todo o processo construtivo e provendo a satisfação dos clientes e usuários.

A fim de complementar, a CIC (2008) traz em seu guia os princípios básicos da construção sustentável destacados pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS, os quais são:

- Aproveitamento de condições naturais locais, integrando-as na construção;
- Implantação e análise do entorno, reduzindo ao máximo os impactos no mesmo;
- Qualidade ambiental interna e externa;
- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- Uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo;
- Redução do consumo energético e de água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Conscientização dos envolvidos no processo.

A noção de construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do projeto; planejando desde sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição, prevendo todos e quaisquer impactos que podem ser provocados (ARAÚJO, 2008).

Ou seja, uma construção sustentável se caracteriza pelo uso de materiais e tecnologias biocompatíveis atuando para a melhoria da condição de vida do usuário e não agredindo o ambiente durante o seu processo de aquisição/construção e nem durante a sua vida útil/após o seu término (FERNANDES, 2009).

Para Fernandes (2009) a construção sustentável utiliza materiais de baixo impacto ambiental e soluções tecnológicas buscando sempre o bom aproveitamento, conforto e a economia de recursos naturais. E quanto maior a sustentabilidade de uma construção, maior será a responsabilidade com o que se processa, consome, gera e descarta (ARAÚJO, 2008).

2.3.2 Tipos de construção sustentável

Os principais tipos de construção sustentável, apresentados nos estudos de Fernandes (2009), são descritos no Quadro 02.

Quadro 02 – Tipos de construção sustentável

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Construção com materiais sustentáveis industriais	Edificadas com ecoprodutos fabricados industrialmente, adquiridos prontos, com tecnologia em escala, atendendo às normas e legislação, bem como à demanda do mercado.
Construção com resíduos não reprocessados (Earthship)	Utiliza resíduos de origem urbana com fins construtivos, tais como garrafas PET, latas e cones de papel acartonado. Um exemplo earthship intuitivo e sem planejamento são as favelas dos grandes centros urbanos.
Construção com materiais de reuso	Incorpora-se produtos convencionais descartados, provenientes de demolição ou de segunda mão, prolongando sua vida útil, evitando sua destinação para aterros e lixões ou a destruição por processos danosos.
Construção alternativa	Utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, com funções diferentes das originais. É um dos modelos mais adotado em comunidades carentes ou em sistemas de autoconstrução.
Construção natural	É um sistema construtivo mais ecológico, uma vez que integra a edificação com o ambiente natural e o modifica ao mínimo. Respeita o entorno e usa materiais disponíveis no local da obra ou adjacências, utiliza tecnologias sustentáveis de baixo custo e desperdiça o mínimo de energia em seus processos.

Fonte: (ARAÚJO, 2008)

Ressalta-se que a especificação correta do sistema construtivo contribui diretamente para reduzir os custos com a gestão dos resíduos e com aquisição de novos materiais, bem como evita o desperdício de material; além de beneficiar

indiretamente para o aumento da satisfação do cliente e a durabilidade e o desempenho da obra (CORRÊA, 2009).

2.4 Resíduos da construção civil

Segundo a Resolução Conama 307 (2002) os resíduos de 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 (CONAMA, 2002).

Araújo (2009) e Jacobi e Bensen (2011) salientam que todas as etapas de uma construção, bem como o uso, a manutenção e a demolição são relevantes quando se trata do consumo de recursos naturais e geração de resíduos.

Pinto (1999) diz ainda que os resíduos são gerados em volumes expressivos, sem consciência da quantidade, dos possíveis impactos, dos custos sociais envolvidos, dos custos financeiros perdidos e, das possibilidades de seu reaproveitamento.

Os resíduos de construção e demolição quando descartados de maneira errônea e ilegal em locais inapropriados como avenidas, ruas e matas causam problemas à vida urbana e ao ambiente (OLIVEIRA E MENDES, 2008).

A Resolução Conama 307 estabelece diretrizes para a gestão dos resíduos gerados pela construção civil com o objetivo de minimizar os impactos ambientais (CORRÊA, 2009). E ainda

Um mecanismo importante introduzido pelo Conama (2002) foi implantação de programas de gestão do resíduo sólido, determinando para o setor da construção civil 4 classes de resíduos que deverão ter tratamentos distintos.

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras; II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os

produtos oriundos do gesso; IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 2002).

Visando uma melhor percepção e entendimento quanto ao aproveitamento dos resíduos gerados na construção civil Rocha e Cheriaf (2003) apresentaram alguns conceitos descritos a seguir:

- Recuperação: alteração no fluxo tradicional do resíduo, retirando-o para outra destinação.
- Valorização: criação de um valor comercial a um determinado resíduo.
- Valorização energética: utilização do poder calorífico dos resíduos para geração de energia.
- Reciclagem: introduz o resíduo no seu ciclo de produção, em substituição total ou parcial de determinada matéria-prima.
- Reciclagem química: valorização sob a forma de produtos químicos.
- Reemprego: novo emprego de um resíduo, para uso aproximado de seu primeiro ciclo de produção.
- Reutilização: aproveitamento de um resíduo, uma ou mais vezes, na sua forma original, sem beneficiamento, mas aumentando sua vida útil em determinada função.

2.5 A escolha de materiais

O setor da construção civil consome diariamente diversos materiais não renováveis, cuja extração provoca impactos ambientais, pois desmata florestas, emite gás carbônico e consome grandes quantidades de energia e água (MOTTA *et al.*, 2014; FIGUEIREDO, 2012).

Com a aquisição de consciência sobre a importância do desenvolvimento sustentável o setor da construção civil tem buscado o desenvolvimento de materiais e processos construtivos que possibilitem a substituição dos materiais tradicionalmente utilizados (MOTTA *et al.*, 2014; ROCHA E CHERIAF, 2003).

Como mencionado Fraga *et al.* (2016) a escolha dos materiais utilizados para a construção de uma obra deve-se basear em 3 pressupostos: segurança, custo e durabilidade; e se tratando de materiais ecológicos isso não é diferente.

De Carli *et al.* (2013) salientam que a escolha do material empregado numa obra influencia de forma direta nos seus resultados. Dessa forma quando se tem por objetivo torná-la sustentável ou aumentar o grau de sustentabilidade os materiais escolhidos devem obedecer aos critérios de preservação, recuperação e responsabilidade ambiental (FERNANDES, 2009).

Araújo (2009) e De Carli *et al.* (2013) destacam que os principais critérios a serem seguidos para a escolha do material são: a origem, o processo de extração e transformação, os gastos com energia, a emissão de poluentes, a distância entre a origem e o destino, a biocompatibilidade, a durabilidade, a qualidade e, os riscos ambientais envolvidos em todas as fases.

Isso significa que antes de iniciar uma construção os tipos de materiais devem ser considerados, bem como o local onde serão inseridos e seu relacionamento com o ambiente e usuário, priorizando sempre os materiais que têm uma relação direta com estes (FERNANDES, 2009).

Para complementar Corrêa (2009) avalia que sob a ótica da sustentabilidade os materiais e resíduos devem ser tratados conjuntamente, pois com a escolha correta dos materiais implica em redução na geração de resíduos e nos impactos ambientais.

Cabe destacar a importância de se evitar materiais reconhecidamente danosos ao ambiente (policloreto de vinil – PVC, alumínio) ou ao homem, bem como a utilização criteriosa de produtos considerados aceitáveis (OSB e MDF) quando não há outra alternativa (FERNANDES, 2009).

2.6 Materiais ecológicos

A busca pela sustentabilidade justificada com a preocupação de uma possível escassez dos recursos naturais faz com que a cada dia surjam novos estudos à procura de materiais e técnicas que minimizem os impactos ambientais (MOTTA *et al.*, 2014).

Figueiredo (2012) comenta que para saber se o material é ou não sustentável é necessário atentar para alguns requisitos:

- Verificar se a matéria-prima é virgem ou reciclada, a forma de extração, se é um recurso renovável, se é um produto poluente e, se possui algum tipo de certificação.
- Conferir o tipo de processamento, se é poluente ou não, se gera algum resíduo e, se o consumo de energia ou água é baixo.

- Confirmar a logística de distribuição do produto, se consome muita energia e, se a sua instalação, manutenção ou destinação final geram algum resíduo.

Apesar de ainda pouco utilizados, existem diversos materiais alternativos à disposição do setor da construção civil que não são reconhecidos como sustentáveis.

Figueiredo (2012) destaca alguns exemplos:

- Materiais que ajudam na economia de água: torneiras com sensor de presença e vasos com duplo acionamento;
- Materiais que ajudam na economia de energia: os sistemas de iluminação do tipo LED;
- Materiais de acabamento: tintas, seladores e colas a base de água e óleos vegetais;
- Materiais para estrutura: tijolos ecológicos;
- Madeiras: madeiras de reflorestamento certificadas e madeira plástica.

De acordo com Portela e Amaral (2019) é de responsabilidade do engenheiro civil buscar materiais e técnicas construtivas que não agridam o ambiente; o que também pode levar o profissional a ganhar destaque no mercado de construção sustentável. E, atualmente, o desenvolvimento de tijolos à base de solo, água e cimento tem sido muito difundido na área de construções sustentáveis.

2.7 Tijolo ecológico

De acordo com Mieli (2009) os primeiros estudos sobre o material solo-cimento foram realizados nos Estados Unidos em 1932 por Moore-Fields e Mill e complementados pela Associação Americana de Cimento Portland – PCA em 1935. No Brasil em 1940 o material solo-cimento foi empregado pela primeira vez na pavimentação de um pátio de manobras do Aeroporto Santos Dumont; nesta mesma década a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP iniciou estudos para verificar o desempenho de blocos e paredes executados com o material.

A NBR 11798/2012: Materiais para base solo-cimento – requisitos define solo-cimento como sendo o resultado da mistura de solo, cimento e água, na qual o solo é o material em maiores proporções, sendo que o cimento não ultrapassa 10% do peso de solo e, o volume de água deve possibilitar a hidratação com o cimento e após o processo de compactação gerar o menor índice de vazios (ABNT, 2012a).

Segundo Morais *et al.* (2014) os tijolos ecológicos são assim chamados em decorrência do seu processo de fabricação, pois não necessita da queima de madeira

e/ou combustível para a sua cura, eliminando desta forma o corte de árvores e a emissão de dióxido de carbono na atmosfera.

O que é confirmado por Sala (2006) em:

O tijolo ecológico ou de solo-cimento é feito de uma mistura de solo e cimento, que depois são prensados; seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. Para o assentamento, no lugar de argamassa comum é utilizada uma cola especial (SALA, 2006).

Fraga *et al.* (2016) complementa que o tijolo solo-cimento é um produto compactado na umidade ótima e sob a máxima massa específica seca. Após a mistura, o material segue para a prensa, manual ou automatizada, e na sequência vai para a cura e secagem, não sendo necessário a queima. O tijolo ecológico adquire resistência e durabilidade por meio da hidratação do cimento.

Atualmente no mercado são encontrados diversos tamanhos e modelos de tijolos ecológicos, os quais devem ser escolhidos conforme as características do projeto, como também da mão de obra, materiais e equipamentos locais (MORAIS *et al.*, 2014).

Os tijolos ecológicos podem configurar-se em maciços comum, maciços com encaixe, $\frac{1}{2}$ com encaixe, e ainda, com ou sem canaleta. Durante o processo de execução da construção deve-se atentar aos detalhes para que a qualidade desejada seja alcançada, resultando numa construção com menor impacto ambiental (PISANI, 2005).

Portela e Amaral (2019) descrevem que em grande parte, os tijolos ecológicos possuem as dimensões: 25 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 7 cm de altura (25x12,5x7). Sendo o de dois furos mais utilizado para paredes, cujo diâmetro da graute mede 6,5 cm, com saliências que permitem o encaixe perfeito entre os blocos.

Para complementar os estudos relacionados ao material solo-cimento a Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT possui 6 normas direcionadoras, as quais são: NBR 12023/1992: Solo-cimento – ensaio de compactação, NBR 12024/1992: Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – procedimento, NBR 16096/2012: Solo-cimento – determinação do grau de pulverização – método de ensaio, NBR 12025/2012: Solo-cimento – ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos, NBR 12253/2012: Solo-cimento – dosagem para emprego como camada de pavimento e NBR 11798/2012: Materiais para base de solo-cimento – requisitos (ABNT, 2012b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Metodologia

Este trabalho foi realizado utilizando o método qualitativo que consiste na descrição do conteúdo. Sendo a pesquisa bibliográfica realizada com base em conceitos divulgados por artigos técnicos e científicos, bem como nas normas vigentes no país, complementada por uma análise sobre a viabilidade do uso do tijolo ecológico na construção civil.

3.2 Estudo de caso

Para o entendimento dos aspectos que envolvem a utilização do tijolo ecológico numa construção sustentável foram verificados os requisitos que relacionam as características físicas com a viabilidade econômica.

Para isso foi analisada uma obra do tipo residencial, com 200 metros quadrados de área construída, onde foi empregado o tijolo ecológico. A obra é gerenciada pelas empresas Grupo Idealize e Tijox.

O acompanhamento da obra foi realizado entre os meses de agosto e outubro de 2019 com o objetivo de coletar dados para possibilitar a análise dos benefícios da utilização do tijolo ecológico. Posteriormente, foi realizada uma entrevista com o Engenheiro Felipe Rosa, que respondeu questões predefinidas com intuito de obter informações sobre a utilização do tijolo ecológico frente aos modelos convencionais, a percepção sobre o sistema construtivo, os benefícios e os pontos que necessitam de melhorias.

O Grupo Idealize, com sede em Araxá – MG, atua desde 2016, oferecendo: projetos, execução e gerenciamento de obras, consultorias, workshops e palestras sobre construção sustentável. E a Tijox – Soluções Sustentáveis, com sede em Uberaba/MG, atua em todo o território nacional desde 2012, oferecendo ao mercado produtos sustentáveis no segmento da construção civil.

Desde janeiro de 2017 o Grupo Idealize e a Tijox atuam em parceria no segmento da construção civil com foco no desenvolvimento sustentável, visando economia, projetos exclusivos e satisfação dos clientes.

3.3 Apresentação dos dados

A execução de alvenaria (Figura 02) é facilitada devido à forma do tijolo, sendo o assentamento mais simples e realizado em um tempo menor.

Figura 02 – Execução de alvenaria com tijolo ecológico.



Fonte: (ROSA, 2019)

As redes hidráulicas e elétrica (Figura 03) podem ser embutidas no tijolo o que dispensa o recorte de paredes e reduz a geração de resíduos.

Figura 03 – Passagem de tubulações e instalações elétricas e hidráulicas.



Fonte: (ROSA, 2019)

Dependendo do tipo construtivo as ferragens (Figura 04) podem ser embutidas no tijolo o que reduz os custos com concreto armado.

Figura 04 – Passagem das ferragens.



Fonte: (ROSA, 2019)

O tijolo ecológico possui um sistema modular o que facilita a uniformização da alvenaria, proporcionando um acabamento (Figura 05) de melhor qualidade.

Figura 05 – Blocos de acabamento.



Fonte: (ROSA, 2019)

3.4 Entrevista

A entrevista realizada com o engenheiro Felipe Rosa teve como intuito aprofundar os conhecimentos técnicos sobre o tijolo ecológico, bem como levantar os pontos principais que incidem sobre a sua utilização na construção civil.

1) Quais os componentes do tijolo ecológico?

RESPOSTA: O tijolo ecológico pode ser produzido com solo, cimento e água. Também, pode-se incorporar resíduos da construção civil.

2) Deve-se utilizar qualquer tipo de solo para fabricação do tijolo de solo-cimento?

RESPOSTA: Não. É importante observar que a granulometria do solo reflete no custo e na qualidade do tijolo, sendo mais viável a utilização de solos com características arenosas. Para se obter uma resistência superior à do tijolo convencional, utiliza-se solos com 50% até 70% de areia na sua composição; com a possibilidade de se acrescentar resíduos da construção civil.

3) Quanto à produção e mão de obra, qualquer pessoa pode produzir esse tijolo?

RESPOSTA: Devido à facilidade de fabricação, não é necessária mão de obra especializada e/ou qualificada. Usa-se apenas uma prensa, dispensando a queima em fornos. Os tijolos necessitam apenas de serem umedecidos durante o período de cura para se tornarem resistentes. O processo de fabricação, é muito mais rápido e econômico.

4) É necessário o uso de cola especial durante o assentamento do tijolo?

RESPOSTA: Não há necessidade de cola especial, pode-se usar, por exemplo, a cola branca (escolar).

5) O uso do tijolo de solo-cimento requer uma fundação especial?

RESPOSTA: Não, pelo contrário, as paredes de tijolo ecológico são mais leves quando comparadas com as paredes feitas com tijolos convencionais, desta forma, a fundação não precisa ser modificada em decorrência do menor peso das paredes. Além disto, tem-se que por ser um produto de encaixe e de fácil método construtivo, dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura, o que garante mais agilidade ao longo da construção, reduzindo o prazo de execução.

6) Pode-se comparar uma casa de tijolo ecológico com uma de tijolo convencional?

RESPOSTA: No meu ponto de vista, a casa feita com o tijolo de solo-cimento tem um aspecto muito mais bonito, além de proporcionar um ambiente com temperaturas agradáveis.

7) O que o tijolo de solo-cimento traz como benefício para o meio ambiente?

RESPOSTA: Confeccionado com solo, cimento e água se diferencia dos outros tijolos pelo fato de não ser cozido em forno, processo que consome madeira resultando na emissão de gases poluentes. Na fabricação do tijolo ecológico utiliza-se o processo de cura hidráulica, evitando os impactos ambientais citados acima. Por ser uma construção modular, resulta em grandes economias no canteiro de obra, reduzindo de forma significativa o desperdício de materiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Execução

Portela e Amaral (2019) confirmam em seus estudos que devido ao fato do bloco modular de solo-cimento ser encaixado gera-se uma maior rapidez na execução da construção, pois reduz ou elimina alguns materiais usados na construção convencional. No acompanhamento deste estudo observou-se a praticidade com que se desenvolve a execução da construção, pois a forma do tijolo ecológico facilita o encaixe e alinhamento da alvenaria, sendo o assentamento realizado de forma simples, garantindo um ganho de até 30% no tempo de execução.

De Castro Jordan e Freitas (2018) ressaltam que o tijolo ecológico evita quebras pois as tubulações podem ser embutidas o que reduz a quantidade de resíduos gerado, tornando a construção mais sustentável. Este é um dos pontos de destaque verificado, a possibilidade de embutir as tubulações referentes à rede hidráulica e elétrica, o que reduziu o volume de resíduos gerado. E também a possibilidade de embutir as ferragens diminuindo assim os custos com concreto armado.

Motta *et al.* (2014) explica que além de contribuir para o conforto térmico e acústico do ambiente construído, o tijolo ecológico gera economia no consumo de materiais de acabamento, podendo até mesmo ficar na sua forma natural. Neste estudo verifica-se que o acabamento produzido pelo tijolo ecológico possui alta qualidade o que diminui o consumo de argamassa para o reboco.

Apesar das vantagens listadas, Fraga *et al.* (2016) salienta que a principal desvantagem se refere ao não conhecimento técnico por parte dos consumidores e de alguns profissionais da área que se prendem aos métodos tradicionais.

4.2 Resistência

Segundo os estudos de De Castro Jordan e Freitas (2018) o tijolo ecológico possui resistência seis vezes maior que o tijolo convencional, que dependente do tipo construtivo adotado é capaz de sustentar por si só a estrutura, não sendo necessário a utilização de vigas. No estudo em questão foi verificado que o lote de tijolos ecológicos utilizados na construção atingiu resistência de até 10 MPa, o que supera o valor estabelecido na norma padrão (ABNT) e representa um valor acima do atingido pelo tijolo convencional.

Neste sentido, Portela e Amaral (2019) apresentam que o tijolo solo-cimento produzido com água na dosagem adequada, e com a compactação e cura corretas atingem boa resistência à compressão e tração, alto índice de impermeabilidade, baixa retração volumétrica e uma grande durabilidade. O lote de tijolos ecológicos objeto deste estudo apresentou absorção de água abaixo de 10% (a norma permite até 20%), caracterizando-o como um material de excelência.

Fraga *et al.* (2016) menciona que o descrédito em relação à resistência do tijolo ecológico desfavorece a sua utilização, o que é uma barreira a ser vencida pelo mercado da construção sustentável.

4.3 Custo benefício

De Castro Jordan e Freitas (2018) lembram que o baixo custo do solo e o aproveitamento de mão de obra não qualificada contribuem diretamente para o barateamento do valor de produção do tijolo ecológico quando comparado aos modelos convencionais.

Sampaio (2015) destaca que é possível conseguir uma economia de até 40% na execução de uma obra com tijolo ecológico. Sendo que o valor de comercialização de imóveis construídos com materiais convencionais é maior, tendo em vista o custo de fabricação destes materiais, assim como a necessidade de argamassa de assentamento e de revestimento, o que torna a execução mais cara.

No projeto obteve-se 25,05% de economia referente a alvenaria e estrutura de sustentação resultando em mais de 17 mil reais de economia real. Comparando o método convencional cujo custo médio do metro quadrado de área construída é de R\$ 1.200,00, o método construtivo com a utilização do tijolo ecológico teve um custo médio do metro quadrado de área construída estimado em R\$ 950,00.

Cabe ressaltar que o fabricante do tijolo ecológico se encontra na mesma região da obra, o que reduz os custos com transporte e logística para entrega do material.

4.4 Sustentabilidade

Motta *et al.* (2014) apresenta em seus estudos a questão da sustentabilidade, descrevendo que a adoção do tijolo ecológico nas construções representa um pensamento ambientalmente correto, como também uma ação em favor da redução consumo de recursos naturais (água e energia) e da poluição ambiental, além de

propulsar o desenvolvimento de novos produtos que contribuam para sustentabilidade do mercado e diminuição da degradação ambiental.

No quesito sustentabilidade a utilização do tijolo ecológico possibilita a reutilização dos recursos provenientes de demolição e/ou construção, o seu processo de fabricação é livre da emissão de gás carbônico e, contribui de forma positiva para reduzir o volume de material descartado na natureza e a exploração dos recursos naturais, de maneira a preservar o ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado foi possível verificar que o uso do tijolo ecológico na construção civil é uma ação ambientalmente responsável, socialmente justa e economicamente viável.

É ambientalmente responsável pois a matéria prima é abundância, o processo de fabricação é menos agressivo ao ambiente e há a possibilidade de reaproveitamento de materiais. Socialmente justa porque o processo construtivo é mais simples e pode ser empregado em projetos de casas populares para famílias de baixa renda, além de possibilitar o emprego destas famílias em todo o processo. E economicamente viável pois o processo construtivo se torna mais barato com a redução dos custos com material e mão de obra e, tempo de execução menor.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 11798**. Materiais para base de solo-cimento – requisitos. 2012a. Rio de Janeiro, RJ, ABNT, 2012.

ABNT. Associação Brasileira de Normas técnicas [homepage]. **Normas para solo-cimento**. 2012b. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/3510-normas-para-solo-cimento>. Acesso em: nov. 2019.

ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, SP, (1):79-90, 1999. DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.1999n1p79>.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. **Anais**. São Paulo, SP, IBRACON, 2001. Disponível em: <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/rdc.pdf>. Acesso em: set. 2019.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. Orientador: Francisco Ferreira Cardoso. 2009. 229f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-28102009-173935/publico/Araujo_Diss_Ed_Rev.pdf. Acesso em: set. 2019.

ARAÚJO, M. A. AECweb [homepage]. **A moderna construção sustentável**. 2008. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/a/a-moderna-construcao-sustentavel_589. Acesso em: set. 2019.

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction; UNEP-IETC – United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document. Pretória, África do Sul, CIB/UNEP-IETC, 83p., 2002. Disponível em: https://www.academia.edu/19056415/Agenda_21_for_Sustainable_Construction_in_Developing_Countries. Acesso em: set. 2019.

CIC – Câmara da Indústria da. **Guia de sustentabilidade na construção**. Belo Horizonte, FIEMG, 60p., 2008. Disponível em: http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia_sustentabilidade.pdf. Acesso em: nov. 2019.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº. 307**. Brasília, DF, Diário Oficial da União, Seção 1, 95-96, 17/07/2002. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: nov. 2019.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. Orientador: José Cláudio Nogueira Vieira. 2009. 70f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, MG, 2009. Disponível em: http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/?page_id=334. Acesso em: set. 2019.

DE CARLI, C.; DALLA VECCHIA, L. R.; BATISTA, G. Estratégias para uma edificação mais sustentável: avaliação dos materiais de construção civil disponíveis em Xanxerê,

SC. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, SC, 4(2):209-216, 2013. Disponível em: <https://slidex.tips/download/estrategias-para-uma-edificacao-mais-sustentavel-avaliacao-dos-materiais-de-constr>. Acesso em: set. 2019.

DE CASTRO JORDAN, A.; FREITAS, V. A. Aplicações do tijolo ecológico na construção civil. **ETIC – Encontro de Iniciação Científica**, Presidente Prudente, SP, 14(14), 13p., 2018. Disponível em: <http://inter temas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7253/67647474>. Acesso em: set. 2019.

FERNANDES, A. L. G. **Sustentabilidade das construções**. Construções para um futuro melhor – Reaproveitamento da água. Orientador: José Cláudio Nogueira Vieira. 2009. 45f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, MG, 2009. Disponível em: <http://www.aemengenharia.com.br/site/wp-content/uploads/2016/03/Monografia-André-Luiz-2009.pdf>. Acesso em: set. 2019.

FIGUEIREDO, L. D. **Benefícios na execução de uma obra sustentável em contrapartida aos métodos tradicionais da construção civil**. Orientador: Enos Arneiro Nogueira Silva. 2012. 61f. TCC (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Guaratinguetá, SP, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/138972>. Acesso em: set. 2019.

FRAGA, Y. S. B.; BARBOSA, A. Q.; SANTOS, L. H. P.; MOTA, W. V.; DORTAS, I. S. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo solo-cimento na construção civil. **Caderno de Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, SE, 3(3):11-24, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/2882/1944>. Acesso em: set. 2019.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, SP, 25(71):135-158, 2011. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10603>. Acesso em: set. 2019.

MARTINS, T. Jus.com.br [homepage]. **O conceito de desenvolvimento sustentável e seu contexto histórico**: algumas considerações. Teresina, PI, 2014. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/5490/o-conceito-de-desenvolvimento-sustentavel-e-seu-contexto-historico/1#>. Acesso em: set. 2019.

MIELI, P. H. **Avaliação do Tijolo Modular de Solo-Cimento como Material na Construção Civil**. Orientador: Célio Albano da Costa Neto. 2009. 48f. TCC (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Rio de Janeiro, RJ, 2009. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8088/1/monopoli10003721.pdf>. Acesso em: set. 2019.

MONTIBELLER FILHO, G. Ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável: conceitos e princípios. **Textos de Economia**, Florianópolis, SC, 4(1):131-142, 1993. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/6645>. Acesso em: set. 2019.

MORAIS, M. B.; CHAVES, A. M.; JONES, K. M. Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil. **Revista Pensar Engenharia**, Belo Horizonte, MG, 2(2), 12p., 2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/artigo/no=a138.pdf>. Acesso em: set. 2019.

MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na construção civil**: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos. Orientador: Maria Teresa Paulino Aguiar. 2009. 122f. Dissertação (Mestre em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, MG, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-842G7C/diserta__o_silvio_motta.pdf;sequence=1. Acesso em: set. 2019.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P.W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, MG, 7(1):13-26, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.1038>. Acesso em: set. 2019.

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. Meio Ambiente e Construção [homepage]. Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da Resolução 307 do Conama. 2008. Disponível em: <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/estudo-de-caso-construtora-consciente.pdf>. Acesso em: set. 2019.

ONU BRASIL. Nações Unidas Brasil [homepage]. **Desenvolvimento sustentável**. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/secao/desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: nov. 2019.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Orientador: Vahan Agopyan. 1999. 218f. Tese (Doutor em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, SP, 1999. Disponível em: http://www.mpdfpt.mp.br/saude/images/Meio_ambiente/Metodologia_gestao_diferenciada.pdf. Acesso em: set. 2019.

PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento. **Sinergia**, São Paulo, SP, 6(1):53-59, 2005. Disponível em: http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/Número%201/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf. Acesso em: set. 2019.

PORTELA, N. F.; AMARAL, D. R. B. Uso do tijolo ecológico: aspectos e aplicações desta técnica construtiva nos dias atuais. **Humanidade e Tecnologia**, Paracatu, MG, 1(16):534-554, 2019. Disponível em: http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/687. Acesso em: set. 2019.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. **Aproveitamento de resíduos na construção**. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. Utilização de resíduos na construção habitacional. v.4. Porto Alegre, RS, ANTAC, 2003. p.72-73. Disponível em: http://issuu.com/habitare/docs/coletanea_4. Acesso em: set. 2019.

ROSA, F. Acervo pessoal de Felipe Rosa.

SALA, L. G. **Proposta de habitação sustentável para estudantes universitários**. Orientador: Raquel Kohler. 2006. 86f. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, 2006. Disponível em: http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/tcc-titulos/2006/Proposta_de_Habitacao_Sustentavel_para_Estudantes_Universitarios.pdf. Acesso em: set. 2019.

SAMPAIO, G. S; NUNES, I. E. S. Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade. **Janus**, Lorena, SP, 12(22):33-46, 2015. Disponível em: <http://fatea.br/seer3/index.php/Janus/article/view/362>. Acesso em: set. 2019.

SCHNEIDER, D. M. PHIPIPI JR, A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, 4(4):21-32, 2004. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3571/1977>. Acesso em: set. 2019.

ANEXO

ROTEIRO ENTREVISTA

Esta é uma entrevista, que segue um roteiro predefinido, sobre os principais pontos técnicos do processo de fabricação e conhecimentos gerais sobre o tijolo ecológico. Representa parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil, 2º semestre de 2019, da Faculdade de Patos de Minas. Gostaria de contar com a sua colaboração, respondendo algumas perguntas que levarão apenas alguns minutos.

- 1) Quais os componentes do tijolo ecológico ou tijolo solo-cimento?
- 2) Deve-se utilizar qualquer tipo de solo para fabricação do tijolo ecológico?
- 3) Quanto à produção e mão de obra, qualquer pessoa pode produzir esse tijolo?
- 4) É necessário o uso de cola especial durante o assentamento do tijolo?
- 5) O uso do tijolo ecológico requer uma fundação especial?
- 6) Pode-se comparar uma casa de tijolo ecológico com uma de tijolo convencional?
- 7) O que o tijolo ecológico traz como benefício para o meio ambiente?

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autoriza-se a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Faculdade Patos de Minas – Patos de Minas, 11 de novembro de 2019.

Carlos Henrique Silva Martins

Raquel Resende Rocha