

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO
PROCESSOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS**

Miriam Rodrigues Luama

**SUBSTRATO PÓS-CULTIVO DE COGUMELO SHIITAKE
(*Lentinula edodes*) NA PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO:
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**

**Sorocaba/SP
2019**

Miriam Rodrigues luama

**SUBSTRATO PÓS-CULTIVO DE COGUMELO SHIITAKE
(*Lentinula edodes*) NA PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO:
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Angela Faustino Jozala

**Sorocaba/SP
2019**

Ficha Catalográfica

I87s Iuama, Miriam Rodrigues
Substrato pós-cultivo de cogumelo shiitake (*Lentinula edodes*) na
produção de tijolo ecológico : avaliação das propriedades mecânicas
/ Miriam Rodrigues Iuama. – 2019.
56 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Angela Faustino Jozala
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais)
– Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2019.

1. Construção civil. 2. Resíduos como material de construção. 3.
Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 4. Sustentabilidade. 5.
Meio ambiente. I. Jozala, Angela Faustino, orient. II. Universidade de
Sorocaba. III. Título.

Miriam Rodrigues Luama

**SUBSTRATO PÓS-CULTIVO DE COGUMELO SHIITAKE
(*Lentinula edodes*) NA PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO:
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Angela Faustino Jozala
Universidade de Sorocaba

Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Denise Grotto
Universidade de Sorocaba

Dedico este trabalho a meus queridos
pais, filhos e irmãos ao suporte
durante essa empreita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha mãe Célia, meus irmãos Alexandre e Luciana, e meus filhos Tadeu e Beatriz por sua compreensão e apoio. Deixo registrado o agradecimento a meu pai Jorge, *in memoriam*, por todo conhecimento e sabedoria divididos.

Agradeço a minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Angela Faustino Jozala, pela confiança depositada no meu trabalho, pela honestidade nas palavras e tempo dedicado.

Aos demais professores da Pós-graduação em Processos Tecnológicos Ambientais, em especial a Prof.^a Dr.^a Valquíria Miwa Hanai Yoshida, Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves, Prof. Dr. Waldemar Bonventi Júnior, Prof. Dr. Thomaz Augusto Guisard Restivo, Prof. Norberto Aranha e Prof. Dr. José Martins de Oliveira Júnior.

Deixo ainda registrado o agradecimento a Prof.^a Dr.^a Marli Gerenutti a quem devo muito por ter despertado o amor pelos cogumelos, pessoa que sempre acreditou neste trabalho.

Ao colega e parceiro Vitor Rogério Pires pelas descobertas comuns desde o início da pesquisa e com quem pude dividir as dificuldades e fracassos enfrentados.

Ao sr. Iwao Akamatsu e toda a equipe da Yuri Cogumelos pelo auxílio sem o qual esse trabalho não teria sido possível.

As empresas Tilego – Tijolo Modular Ecológico, em Piedade e EBS Tijolos Ecológicos, em Salto de Pirapora, nas pessoas do sr. Verdi e Evandro, a quem devo a produção dos tijolos ecológicos com o material desenvolvido.

A empresa Qualitec Tecnologia de Materiais, na cidade de Votorantim, que prontamente me recebeu para realização dos ensaios necessários através de seu sócio diretor técnico, o Prof. Me. Emerson Cremm Busnello.

Aos técnicos do Laboratório de Materiais da Engenharia Civil pelo apoio técnico excepcional, em nome da coordenadora do curso de Engenharia Civil Eng. Cibeli Nierie e em especial a engenheira Jaqueline Mendes, pela disponibilidade e boa vontade, em todos os momentos.

A todos os meus amigos pelo apoio, confiança e descontração que me proporcionaram durante este percurso e ainda a Ana Carolina Modesto, minha fiel companheira de trabalho.

“É preciso, antes de mais nada, querer”.
Amyr Klink

RESUMO

A imediata necessidade pela sustentabilidade ambiental, haja vista a rápida degradação de algumas regiões do planeta em função da relação do homem com a natureza e principalmente devido as atividades da construção civil, norteou esta pesquisa. O material escolhido para confecção foi o tijolo ecológico por não poluir o meio ambiente, devido à ausência de queima durante sua produção e ainda, por gerar menos resíduos durante a fase de execução de obra. Com propriedades a serem estudadas e agregadas aos tijolos ecológicos, o substrato pós-cultivo de cogumelo tem sido descartado ou utilizado em hortas e lavouras para estruturar o solo. Trata-se de um material lignocelulósico que proporcionaria maior leveza, equalizando a utilização dos recursos naturais. Sendo assim, neste trabalho, pesquisou-se uma maneira de incorporar o substrato pós-produção de cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*), abundante na região de Sorocaba, em tijolos ecológicos. A metodologia para produção de tijolos de solo-cimento com porcentagem de substrato pós-produção de cogumelo Shiitake envolveu as etapas de secagem a temperatura ambiente do substrato para cogumelo, desfazimento do bloco e passado em peneira metálica para posteriormente ser misturado ao solo, cimento e água e prensado. Após prensado aguardou-se a cura para proceder as análises de resistência à compressão e de absorção de água dos tijolos ecológicos de solo-cimento produzidos com o substrato para cogumelo descartado, pós-cultivo. Os resultados das análises dos tijolos de solo-cimento produzidos com adição de substrato para cogumelo, pós-cultivo, demonstraram menor resistência à compressão e maior absorção de água em relação aos tijolos ecológicos de solo-cimento convencionais. Tal resultado está em desacordo com a NBR 8492:2012 como material estrutural, porém, pode ser usado como tijolo de vedação, o que não deixa de ser uma possibilidade de uso de recurso descartado que pode agregar valor ao substrato e ter sua aplicação como material de construção, com apelo ecológico por reduzir o consumo de matéria-prima, de energia, de água e a emissão de poluentes na sua produção.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Resíduo agroindustrial. Meio Ambiente. Construção Civil. Déficit Habitacional.

ABSTRACT

The immediate need for environmental sustainability, given the rapid degradation of some regions of the planet due to the relationship between man and nature and mainly due to construction activities, guided this research. The material chosen for the confection was the ecological brick because it does not pollute the environment, due to the absence of burning during its production and also because it generates less waste during the construction phase. With properties to be studied and added to ecological bricks, the post-cultivation mushroom substrate has been discarded or used in vegetable gardens to structure the soil. It is a lignocellulosic material that would provide greater lightness, equalizing the use of natural resources. Thus, in this work, we investigated a way to incorporate the post production substrate of Shiitake mushroom (*Lentinula edodes*), abundant in the Sorocaba region, in ecological bricks. The methodology for production of soil-cement bricks with Shiitake mushroom post-production substrate percentage involved the drying steps at room temperature of the mushroom substrate, block splitting and sieving to be later mixed with the soil, cement and water and pressed. After pressing, the cure was awaited to perform the compressive strength and water absorption analyzes of the ecological soil-cement bricks produced with the discarded, post-cultivation, mushroom substrate. The results of the analysis of soil-cement bricks produced with the addition of post-cultivation substrate for mushroom showed lower compressive strength and higher water absorption compared to conventional soil-cement ecological bricks. This result is in disagreement with NBR 8492: 2012 as a structural material, but can be used as a sealing brick, which is still a possibility of using a discarded resource that can add value to the substrate and have its application as a material. construction, with an ecological appeal to reduce the consumption of raw materials, energy, water and the emission of pollutants in its production.

Keywords: Sustainability. Agroindustrial waste. Environment. Construction. Housing deficit.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANPC	Associação Nacional de Produtores de Cogumelo
APTA	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
DHB	Déficit Habitacional Básico
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMP	Informações dos Municípios Paulistas
IPEA	Instituto de Pesquisa Aplicada
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e da Demolição
RMS	Região Metropolitana de Sorocaba
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados
SINDUSCON-SP	Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo
SMS	Spent Mushroom Substrate

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Substrato inoculado e embalado, pronto para a entrega para o produtor.....	21
Figura 2 -	Imagens aproximadas dos substratos	21
Figura 3 -	Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>) em bloco de substrato	22
Figura 4 -	Descarte dos blocos de substrato após a produção	22
Figura 5 -	Tijolos ecológicos de solo-cimento, diversos modelos	24
Figura 6 -	Blocos de substrato inoculados em três fases	27
Figura 7 -	Estresse Térmico dos Blocos de Substrato.....	29
Figura 8 -	Prensa para teste de resistência do substrato descartado	29
Figura 9 -	Amostra de substrato após moagem em moinho de bolas	30
Figura 10 -	Disco ou pastilha com o substrato e ácido bórico para análise de Fluorescência	31
Figura 11 -	Substrato parcialmente desfeito deixado para secagem ao ar livre...	32
Figura 12 -	Peneira utilizada para peneirar o substrato seco	32
Figura 13 -	Processo de produção do tijolo ecológico	33
Figura 14 -	Proporção de materiais utilizados na produção do tijolo ecológico ...	33
Figura 15 -	Teste de resistência à compressão realizado nos blocos de Substrato	38
Figura 16 -	Ensaio de resistência à compressão do tijolo ecológico	40
Figura 17 -	Ensaio de absorção de água do tijolo ecológico	41

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 -	Déficit Habitacional total por situação de domicílio no Estado de São Paulo.....	18
Tabela 2 -	Dados de população e domicílios no município de Sorocaba.....	19
Tabela 3 -	Valores de resistência à compressão e de absorção de água de tijolos de solo-cimento	24
Tabela 4 -	Identificação dos blocos de substrato e fases em que se encontram	28
Tabela 5 -	Dimensionamento de tijolos ecológicos (mm)	35
Tabela 6 -	Pesos dos blocos de substrato, por estágio de produção, após os diferentes estresses térmicos	37
Tabela 7 -	Elementos químicos e respectivas concentrações médias (Unidades em ppm ($\mu\text{g/g}$)	38
Tabela 8 -	Índices de Resistência a compressão dos tijolos ecológicos	40
Tabela 9 -	Absorção de água nos tijolos ecológicos (%)	41
Tabela 10 -	Peso médio dos tijolos ecológicos e percentual de leveza (%)	42
Tabela 11 -	Dimensionamento dos tijolos ecológicos de solo-cimento com e sem substrato (mm)	42

SUMÁRIO

1	JUSTIFICATIVA	13
2	INTRODUÇÃO	15
2.1	Sustentabilidade alavancando o emprego de Novas Tecnologias na Construção Civil	15
2.2	A Construção Civil na região de Sorocaba	17
2.3	Produção de Cogumelos e a economia na região de Sorocaba	19
2.4	Substrato para Produção de cogumelos Shiitake	21
2.5	Novas aplicações para o cogumelo e substrato pós-cultivo de cogumelo	23
2.6	Tijolos Ecológicos	23
3	OBJETIVOS	26
3.1	Objetivo Geral	26
3.2	Objetivos Específicos	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Processamento do Substrato.....	27
4.1.1	Comportamento após Estresse Térmico	28
4.1.2	Teste de Resistência Físico-mecânica	29
4.1.3	Propriedades Químicas do Substrato/Teste de Análise de Elementos	29
4.2	Produção do Tijolo Ecológico	31
4.2.1	Ensaio de Resistência Físico-mecânica	34
4.2.2	Ensaio de Absorção de Água	35
4.2.3	Dimensionamento do Tijolo Ecológico	36
4.3	Análise Estatística	43
5	RESULTADOS	37
5.1	Resultados das Análises dos Substratos	37
5.1.1	Comportamento após Estresse Térmico	37
5.1.2	Comportamento após teste de Resistência Físico-mecânica	37
5.1.3	Comportamento quanto aos Elementos e suas Concentrações	38
5.2	Resultados das Análises do Tijolo Ecológico	39
5.2.1	Ensaio de Resistência Físico-mecânica	39

5.2.2	Ensaio de Absorção de Água	41
5.2.3	Dimensionamento do Tijolo Ecológico	42
6	DISCUSSÃO	44
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS.....	48
	ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DA PRENSA SOLOCAP	52
	ANEXO B - FOTO EXPERIMENTOS PHILLIP ROSS	54
	ANEXO C - FOTO EMBALAGEM DE COMPOSTO DE COGUMELO	55
	ANEXO D - FOTO HY-FI TOWER.....	56

1 JUSTIFICATIVA

O meio ambiente, com seus recursos finitos, deve ser uma preocupação comum a todas as pessoas. Nossos modos de viver e ocupar os territórios e os atuais padrões de produção e consumo estão causando devastação ambiental, escassez de recursos e extinção de espécies. O acentuado aumento da população humana tem sobrecarregado e desequilibrado os sistemas ecológico e social. A questão da frequente demanda habitacional no setor da construção civil, também contribui consideravelmente para a degradação do meio ambiente, devido à grande utilização de recursos naturais não-renováveis.

No Brasil, segundo o Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA, os Resíduos da Construção Civil – RCC, que são as sobras geradas conforme o processo construtivo, representam um grave problema em muitas cidades brasileiras. Os números indicam que 60% do resíduo sólido das cidades vêm da construção civil (FERNANDEZ, 2012). Estima-se que um valor médio de 0,50 t de RCC por habitante é gerado anualmente em algumas cidades brasileiras. As metas de gerenciamento desses resíduos devem priorizar a minimização dos resíduos, incentivar o adequado gerenciamento, a ampliação dos serviços de processamento e a reciclagem dos RCC (IPEA, 2012). Segundo a Carta da Terra, redigida em 1997 e ratificada em 2000, dentro do princípio da INTEGRIDADE ECOLÓGICA tratado em seu item 7 como necessidade de:

Adotar padrões de produção, consumo e reprodução que protejam as capacidades regenerativas da Terra, os direitos humanos e o bem-estar comunitário”, em especial diante do exposto em sua alínea a: “Reduzir, reutilizar e reciclar materiais usados nos sistemas de produção e consumo e garantir que os resíduos possam ser assimilados pelos sistemas ecológicos (ONU, 2000, p. 4).

A iminente busca pela sustentabilidade, haja vista a degradação ambiental que as atividades do homem causam ao meio ambiente, norteou esta pesquisa: uma necessidade imediata de revermos nossa maneira de morar, viver e construir, poupando ao máximo nossos escassos recursos trouxe-nos um desafio, o de utilizar resíduos da região na produção de materiais de construção.

Assim, optou-se pelo tijolo ecológico, mistura de parte de solo e de cimento, que diferentemente dos demais tijolos cerâmicos, não necessita de queima no seu processo produtivo, trazendo menos prejuízo ao meio ambiente já que diminui a geração de poluição devido à ausência de queima e economia de recursos naturais.

O resíduo utilizado na produção do tijolo ecológico desenvolvido foi o substrato, pós-cultivo, para cogumelo Shiitake, material de base lignocelulósica, abundante na nossa região, conforme explicado mais à frente.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Sustentabilidade alavancando o emprego de Novas Tecnologias na Construção Civil

Desde o advento da Revolução Industrial, as questões ambientais vêm se mostrando em desequilíbrio e fragilizadas. O capitalismo e o consumismo em excesso (principalmente a partir das últimas décadas do século passado) têm trazido drásticas consequências ao meio ambiente, tornando os recursos naturais mais escassos e fazendo-se necessária uma intervenção drástica na maneira como utilizamos esses recursos (WERNER et al, 2011).

No Brasil, a Lei Federal 12.305, em seu Artigo 13, item I, alínea “h” define os resíduos da construção civil como aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, adotando a sigla RCD por tratar de resíduos da construção e demolição. A Lei estabelece, a nível nacional, uma política de gerenciamento de resíduos sólidos como maneira de proteger o meio ambiente dos impactos advindos destes resíduos (BRASIL, 2010). Historicamente os resíduos da construção civil (RCC) eram da ordem de 30% do total dos materiais utilizados (PINTO, 1995).

Num contexto geral, as empresas ao adotarem posturas de menor impacto ambiental observam a valorização de sua imagem e de seus produtos e melhoria na competitividade de uma forma ampla. Isso faz com que as empresas pratiquem, cada vez mais, políticas e gestões ambientais o que muitas vezes culmina na adoção de novas tecnologias. A promoção de novas tecnologias e processos minimizando impactos ambientais aumenta o potencial de crescimento das empresas, razão pela qual tais práticas seriam uma grande oportunidade para as empresas. Nesse cenário podemos citar o ecoempreendedorismo, ou seja, empresas que utilizam novas tecnologias e voltam-se para produtos com apelo mais ecológico (MAÇANEIRO; CUNHA, 2015).

A busca por matérias-primas naturais e renováveis aliadas ao uso de tecnologias de transformação de baixo impacto, são princípios do EcoDesign. O EcoDesign é um processo na cadeia produtiva que objetiva um menor uso de energia e/ou que a energia utilizada seja de fontes renováveis na fabricação de produtos.

Estes produtos que surgem a partir desses princípios são reconhecidos tanto por suas qualidades ambientais quanto por suas funções primárias (BRAGA, 2014).

Os princípios do EcoDesign a partir de materiais e de sistemas construtivos menos poluentes e com menor consumo de água e energia nos canteiros vem sendo cada vez mais buscados juntamente com outras ferramentas de Gestão Ambiental (VILELA JÚNIOR; DEMAJOROVIC, 2006).

As tecnologias em *wood frame* e *steel frame* visam atender uma demanda de menor geração de resíduos na construção civil (RCC). Porém, são tecnologias importadas de custos acima dos valores médios dos sistemas construtivos nacionais mais usuais tais como a alvenaria estrutural e o concreto armado convencional. A alvenaria estrutural apresenta vantagens sobre o concreto armado convencional em relação a geração de resíduos, uma vez que o projeto é compatibilizado ao material, o que faz com que não sejam cortados os blocos no local, nem se utilizam colunas e vigas e com isso gera economia no uso de aço e de madeiras para formas e escoras. As madeiras usadas como formas e escoras geralmente são pouco nobres e menos resistentes, razão pela qual são comumente descartadas após pouco uso, contribuindo com a geração de resíduos. Pela NBR 10004, estes resíduos são classificados como de classe II: Não Perigosos de tipo B: Inertes, dentro dessa mesma classe, ou simplesmente IIB (ABNT, 2004).

Outra opção, similar a construção em alvenaria estrutural, é o emprego de tijolo ecológico, com a vantagem de poder ser executado no local da obra ou adquirido diretamente de fabricantes de tijolos. Embora não tão avançada e tecnológica, torna-se uma opção para a demanda de domicílios existentes apresentada. Além disso, para a execução de moradias com esse material não se exige mão de obra qualificada (SINDUSCON-SP, 2015).

A desqualificação da mão de obra na construção civil é um entrave para aplicação de novas tecnologias dentro do canteiro de obra. É reflexo da desigualdade social presente em nosso país que irá demandar políticas e investimentos nas próximas décadas.

As novas tecnologias que surgem ou estão por vir devem ser de industrialização de processos fora da obra, podendo aplicar o EcoDesign e outros processos mais vantajosos ao meio ambiente.

2.2 A Construção Civil na região de Sorocaba

“Em 2007, pela primeira vez, a população urbana ultrapassou a rural em níveis mundiais” (ONU NEWS, 2007), o que vem alavancando problemas ambientais e sociais, devido a maior concentração de pessoas, num menor espaço. O município de Sorocaba não difere desta tendência mundial. Segundo o Perfil dos Municípios Paulistas, em 2019, a taxa de urbanização é de 98,98% no município e 89,99% na sua Região Metropolitana, ou seja, uma minoria pertence a áreas rurais (SEADE, 2019).

Em 2011 a Revista Construção e Mercado publicou que Sorocaba apresentava potencial para crescer devido à população com grande poder aquisitivo. As facilidades na concessão de crédito existentes no mercado e a grande oferta de terrenos existentes fez com que o mercado imobiliário se impulsionasse nesses últimos anos.

Segundo balanço realizado pelo Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo, o mercado imobiliário do município de Sorocaba cresceu, aproximadamente, 70% apenas no período de 2007 a 2013, tendo diminuído este crescimento a partir do cenário de crise na economia desde 2014 (SINDUSCON-SP, 2016). No ano de 2016, o setor da construção civil representava 12% do setor de serviços do município, o qual teve um grande avanço em Sorocaba e região, especialmente devido aos investimentos no programa Minha Casa Minha Vida (PREFEITURA DE SOROCABA 2019).

Em termos de Brasil, no mesmo ano de 2016, a realidade brasileira já não era mais a mesma, conforme anúncio feito pelo Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP). O Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil no país fechou o ano de 2016 em queda de 5,3% em relação ao ano anterior. Isto ocorreu pela terceira vez seguida no setor, desde 2014 e 2015, com quedas de 2,1% e 6,5%, respectivamente. A queda do nível de emprego na indústria da construção é consequência da retração persistente dos investimentos de longo prazo (BONAFÉ, 2016).

Segundo a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE, Sorocaba atualmente (2019) conta com uma população de 651.434 habitantes e ocupava em 2010 o 25º lugar no ranking dos municípios do estado com 0,798 quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, um índice considerado alto (IMP, 2019), o que se reflete na demanda habitacional e no crescimento do setor da construção civil.

Sorocaba ainda se destacou no setor, chegando a criar 287 novas vagas no período de janeiro a abril de 2017, tendo a construção civil como segundo setor com melhor desempenho na geração de empregos com carteira assinada ao longo de 2017 (OS2 COMUNICAÇÃO, 2017).

Cabe ressaltar que a situação habitacional no estado de São Paulo é bastante deficitária, conforme divulgado em Déficit Habitacional no Brasil (CBIC, 2016) e apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Déficit Habitacional total por situação de domicílio no Estado de São Paulo

Anos	2011	2012	2013	2014
Déficit Habitacional	1.089.324	1.151.263	1.254.089	1.327.408

Fonte: Elaborada pela autora

Sorocaba apresenta um crescimento populacional significativo, conforme os Censos do IBGE de 2000 e 2010 (Tabela 2), e esse crescimento reflete no seu déficit habitacional (IBGE, 2010).

Tabela 2 – Dados de população e domicílios no município de Sorocaba

Anos	2000	2010
População	493.468	586.625
Domicílios	135.171	178.733

Fonte: Elaborada pela autora

O Déficit Habitacional Básico – DHB - absoluto no município de Sorocaba é de 11.151 unidades habitacionais em 2011, segundo levantamento feito pelo Plano Local de Habitação de Interesse Social de Sorocaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA, 2011). O DHB considerou os dados referentes à coabitação familiar, aos domicílios improvisados e domicílios rústicos, com bases nos levantamentos do IBGE no Censo Demográfico de 2000, não tendo sido registrado o número de domicílios recenseados pelo IBGE em 2010, de 201.136 domicílios. Apesar da diferença, esses dados confirmam a demanda e potencial de crescimento do setor na região.

2.3 Produção de Cogumelos e a economia na região de Sorocaba

A Região Metropolitana de Sorocaba, institucionalizada em 2014, é composta por 27 municípios. A região gera cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista e destaca-se, em âmbito nacional, por intensa atividade econômica. É a maior produtora agrícola entre as regiões metropolitanas do Estado de São Paulo, com elevada diversidade (EMPLASA, 2017). Dentre os produtos agrícolas desta região, destaca-se a produção de cogumelos culinário-medicinais.

Segundo a Associação Nacional de Produtores de Cogumelo – ANPC, estima-se que no Brasil a produção de cogumelos seja de pouco mais de 12.000 toneladas “*in natura*” e deste total, cerca de 12% da produção é de Shiitake (*Lentinula edodes*). A região de Sorocaba contribui fortemente com a produção nacional tanto com a produção de cogumelos como com a produção de insumos, tendo realizado dois Simpósios Internacionais sobre Cogumelos no Brasil (SICOG), o V SICOG em 2010 e o VIII SICOG em 2015.

Em fevereiro de 2015, o Jornal Cruzeiro do Sul destacou a produção de cogumelo Shiitake na região de Sorocaba, representando uma fonte de renda para muitas famílias e empresas (LOURENÇO, 2015). O consumo de cogumelos no Brasil

tem aumentado nos últimos anos, em parte devido ao aumento do poder aquisitivo da população e devido ao aumento da produção e colocação desse produto no mercado. Em 2016 tivemos um consumo médio de 160 gramas per capita enquanto na Europa tem-se de 2 a 4 quilogramas per capita, segundo dados Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA (GOMES et al, 2016).

Durante o IX Simpósio Internacional sobre Cogumelos no Brasil, em 2017, a Câmara Setorial de Fungicultura da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo, divulgou que no ano de 2016 foi constatado o número de 505 produtores de cogumelos em 93 municípios paulistas. O cultivo de cogumelos em substratos, o mais produtivo e rentável e que se desenvolvem em ambientes controlados, é realizado através de substratos lignocelulósicos enriquecidos ou não com sais minerais, dependendo da espécie.

A empresa Yuri Cogumelos Ltda. localizada em Sorocaba é especializada na produção de substratos para cultivo de Shiitake. É grande fornecedora nacional do insumo, sem o qual a produção brasileira de cogumelos seria menor, tendo desenvolvido tecnologia própria, conforme matéria divulgada sobre produção de Shiitake (BARROS, 2016).

Os cogumelos são macrofungos com corpos de frutificação característicos grandes o suficiente para serem visíveis a olho nu e coletados com as mãos (CHANG; MSHIGENI 2013). Necessitam de compostos orgânicos pré-formados como fonte de energia, obtidos através de absorção. São decompositores da matéria orgânica, desempenhando um importante papel junto ao meio ambiente.

Cogumelos comestíveis compreendem cerca de duas mil espécies. Entre as mais cultivadas no Brasil destacam-se Champignon de Paris (*Agaricus bisporus*), o Shiitake (*Lentinula edodes*) (Figura 1) e o Shimeji (*Pleurotus spp*). Apresentam excelentes propriedades nutricionais, uma vez que são ricos em proteínas, minerais, fibras e vitaminas do complexo B e baixa quantidade de gordura (FURLANI; GODOY, 2005). Também apresentam substâncias com ação anti-inflamatórias, antivirais, antitumorais entre outras.

Figura 1 – Shiitake (*Lentinula edodes*) em bloco de substrato.



Fonte: Própria autora

2.4 Substrato para a produção de cogumelos Shiitake

O substrato para a produção de cogumelo consiste basicamente de resíduos de madeira, bagaço de cana-de-açúcar e farelo de arroz. A serragem, molhada por um período de 10 dias, recebe a adição de farelos para enriquecimento do substrato e é esterilizado por autoclave a 120°C por cerca de 2 horas.

Esses materiais serão a fonte de alimento e de energia para o desenvolvimento das hifas, micélio e o cogumelo propriamente dito.

Os substratos são blocos compactos de serragem enriquecidos com farelos vegetais, inoculados com fungos para que posteriormente frutifiquem produzindo os cogumelos, e embalados em sacos de polietileno autoclaváveis com filtro, permitindo o desenvolvimento do micélio do cogumelo sem que ocorra risco de contaminação (Figura 2).

Figura 2 - Substrato inoculado e embalado, pronto para a entrega para o produtor.



Fonte: Própria autora

A Figura 3 apresenta as imagens aproximadas de duas amostras em diferentes estágios do bloco de substrato.

Figura 3 – Imagens aproximadas dos substratos.



(A) Substrato inoculado e colonizado pelo micélio, apto a produzir e (B) Substrato após o período de produção

Fonte: Própria autora

Após o período de produção dos cogumelos, cerca de 4 a 6 meses, o substrato é descartado, via de regra no meio ambiente.

[...] “Após a colheita dos cogumelos é gerado um subproduto, que é um misto de biomassa microbiana (micélio fúngico) e biomassa vegetal. Essa biomassa vegetal (substratos para o cultivo) é parcialmente degradada ou desconstruída por ações enzimáticas dos macrofungos. Este subproduto é denominado em inglês de *Spent Mushroom Substrate* (SMS), que poderia ser traduzido livremente como a biomassa residual do pós-cultivo dos cogumelos comestíveis” (SIQUEIRA et al, 2015, p. 138).

Esse material, classificado como resíduo não perigoso e inerte, classe IIB (ABNT, 2004), descartado em grande quantidade nos locais de cultivo (Figura 4), representam risco biológico de contaminação à produção e poderiam ser utilizados como matéria prima em novos materiais e agregar valor ao substrato exaurido do cultivo (SMS).

Figura 4 – Descarte dos blocos de substrato após a produção.



Fonte: Própria autora

2.5 Novas aplicações para o cogumelo e o substrato de cogumelo pós-cultivo

Seguindo uma tendência mundial de novas tecnologias, utilizando-se novos processos produtivos, mais sustentáveis, Philip Ross, professor de arte na Universidade de São Francisco (USA), inicia trabalhos com os cogumelos Reishi. Para ele, os tijolos de cogumelos Reishi são firmes, resistentes, e ecologicamente sustentáveis — praticamente inesgotável, na verdade. Eles aguentam quase tudo, desde temperaturas extremas até balas de arma de fogo, e, quando deixam de ser úteis, podem ser facilmente dispensados (MOTHERBOARD, 2014).

Além do trabalho de Philip Ross, surge em New York uma empresa que produz materiais de embalagem biodegradáveis de micélio, e outros materiais a partir do substrato, a Ecovative Design. Também o designer Eben Bayer demonstra a utilização de um material para embalagens a partir dos fungos (MOTHERBOARD, 2015).

O professor e microbiólogo Han Wösten explica que, por causa do crescimento dos fungos em filamentos, ele pode se desenvolver com diferentes materiais descartados, decompondo-os e, ao mesmo tempo, os fortificando. O designer Eric Klarenbeek constrói móveis rígidos usando o método. Ele usa um filamento de impressão 3D feito de amido de batata e imprime um molde poroso para que o fungo possa crescer dentro dele. Depois de ser preenchido pelo fungo, o modelo é assado em um forno de secagem. A ideia é matar o fungo para cessar seu crescimento. O resultado é um material seco e inerte que pode apoiar o peso inteiro de uma pessoa, capaz de ser utilizado na produção de móveis (MOTHERBOARD, 2015).

Em 2014, David Benjamin e sua empresa de arquitetura, The Living, criam e constroem “Hy-Fi”, uma estrutura exibida no MoMA - Museum of Modern Art PS1, em New York (STOTT, 2014). A colônia de micélio faz com que os blocos se solidifiquem e dá resistência à estrutura.

2.6 Tijolos Ecológicos

O tijolo de solo-cimento é produzido a partir de terra, cimento Portland e água e não necessita de queima. É produzido através de prensa manual, podendo ser

maciço ou vazado. O tijolo pode receber aditivos ou algum tipo de pigmento. Os tijolos ecológicos estão sujeitos a normatização específica: a NBR 8491 dispõe sobre os requisitos para tijolos de solo-cimento (ABNT, 2012), enquanto a NBR 8492 (ABNT, 2012) trata sobre a metodologia de ensaios sobre as dimensões, resistência à compressão e de absorção de água (Tabela 3) e também da NBR 10833 que trata dos procedimentos para fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica (ABNT, 2012a).

Tabela 3 – Valores de resistência à compressão e de absorção de água de tijolos de solo-cimento

Valores limite aos 28 dias	Média	Individual
Resistência à compressão (Mpa)	$\geq 2,0$	$\geq 1,7$
Absorção de água (%)	≤ 20	≤ 22

Fonte: Própria autora

O tijolo ecológico é um tijolo modular de solo-cimento vazado (Figura 5) e que contém dois furos para passagens de tubos e eletrodutos, aço e graute. Pode ser assentado com argamassa de assentamento com cimento e areia ou industrializada, que contém ainda compostos poliméricos que resultam em maior adesão do material além de proporcionar maior economia e rapidez na aplicação devido ser geralmente aplicada através de bisnaga.

Figura 5 – Tijolos ecológicos de solo-cimento, diversos modelos.



(A) – Tijolos solo-cimento empresa Tilego; (B) – Tijolos solo-cimento empresa EBS.

Fonte: Elaboração própria

Este tijolo é um material considerado ecológico por não necessitar da extração da argila vermelha que é a principal matéria-prima dos tijolos cerâmicos tradicionais além de ter sua cura através da água, não necessitando assim de queima e consumo de energia de lenha e carvão.

O seu desenho permite um encaixe (razão pela qual é conhecido também como tijolo modular), gerando maior rapidez (30% menos tempo) e precisão nos prumos e alinhamentos em relação à alvenaria convencional. Pode receber apenas acabamento com material impermeabilizante a base de silicone ou acrílico em sua superfície. A aplicação de revestimentos como reboco e gesso e assentamento de azulejos pode ser feito diretamente sobre o tijolo.

Outro fator que contribui para a economia e rapidez é que não são necessárias vigas e colunas. Estas são substituídas pelo uso de graute e aço nos furos a distâncias de aproximadamente um metro. Por se tratar de cargas distribuídas, as fundações são rasas e utilizam-se menos concreto e aço.

Os tijolos ecológicos são seis vezes mais resistentes que os tijolos convencionais por utilizarem cimento em sua composição. Apesar disso, indica-se que as construções não ultrapassem dois pavimentos, por se tratar de sistema construtivo autoportante diferente do modelo convencional em concreto armado em que a alvenaria tem o papel unicamente de vedação do sistema.

As instalações elétricas e hidráulicas devem ser previstas inicialmente e ficam embutidas dentro dos seus furos e não há a necessidade de cortar a alvenaria convencional de vedação para embutir tubos e eletrodutos com a geração de entulho. Os furos nos tijolos ecológicos funcionam como câmaras de ar que lhes conferem conforto térmico e funcionam como isolamento acústico.

Os tijolos ecológicos de solo-cimento podem gerar uma economia na obra de até 30% em relação aos sistemas convencionais utilizados de concreto armado convencional e alvenaria de vedação, o que é bastante interessante sob o aspecto econômico e sustentável.

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Incorporar o SMS de cogumelo Shiitake na produção de tijolo ecológico de solo-cimento, como material para a construção civil mais sustentável.

3.2. Objetivos Específicos

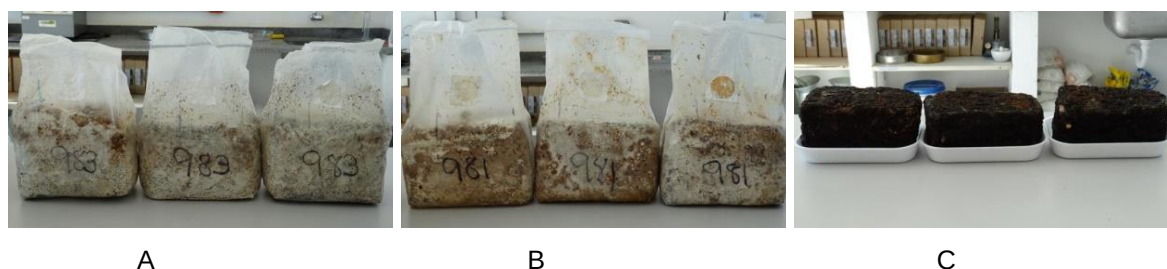
- Avaliar as propriedades químicas e físico-mecânicas do substrato pós-cultivo de cogumelo Shiitake,.
- Avaliar o desempenho físico-mecânico do tijolo ecológico produzido com adição do SMS de cogumelo, por meio de ensaios de resistência à compressão e do percentual de absorção de água.
- Comparar os resultados da resistência à compressão e teor de absorção de água do tijolo ecológico produzido com adição do SMS de cogumelo com o tijolo ecológico de solo-cimento convencional, sem adição do substrato.
- Verificar a viabilidade econômica de agregar valor ao material descartado na produção de tijolos ecológicos de solo-cimento com adição do SMS.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Processamento do Substrato

Nesta fase foram utilizados 27 blocos de substrato para cultivo de *Lentinula edodes* (Shiitake), em três diferentes estágios de cultivo (Figura 6), produzidos pela Empresa Yuri Cogumelos Ltda. Todos os blocos estavam em ambientes climatizados com temperatura entre 20°C e 23°C e sob iluminação constante de cerca de 30 lux durante as 24 horas do dia. Após a retirada dos blocos, os mesmos foram levados ao Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Sorocaba - UNISO, onde foram pesados, medidos e identificados, devidamente armazenados em local seco e limpo para retirada das quantidades necessárias aos ensaios e análises.

Figura 6 – Blocos de substrato inoculados em três fases



(A) - Blocos de substrato inoculados que se encontram prontos para início de produção - serão encaminhados para produtores; (B) - Blocos de substrato inoculados que, por razão desconhecida, não serão capazes de produzir - para descarte ; (C) - Blocos de substrato inoculados em fim de produção - para descarte.

Fonte: Elaboração própria

Os blocos de substrato coletados foram divididos em três grupos (Fases A, B e C), segundo os diferentes estágios do processo produtivo em que se encontravam. Foram denominados como BIP (Blocos em Início de produção), BNP (Blocos não aptos a produzir), BPP (Blocos pós-produção para descarte), conforme identificados na Tabela 4.

Tabela 4 - Identificação dos blocos de substrato e fases em que se encontram

Descrição das Fases	Lotes	Identificação Blocos	Data Inoculação	Data Retirada	Identificação das Fases
Blocos que Irão Produzir - BIP	983, 984, 985	7, 8, 9, 16, 17, 18, 25, 26, 27	11/02/2017 a 25/02/2017		A
Blocos Não Aptos a Produzir - BNP	972, 979, 981	4, 5, 6, 13, 14, 15, 22, 23, 24	21/11/2016 a 21/01/2017	15/03/2017 a 05/04/2017	B
Blocos Pós-Produção - BPP	s/ identificação	1, 2, 3, 10, 11, 12, 19, 20, 21	± 10 semanas		C

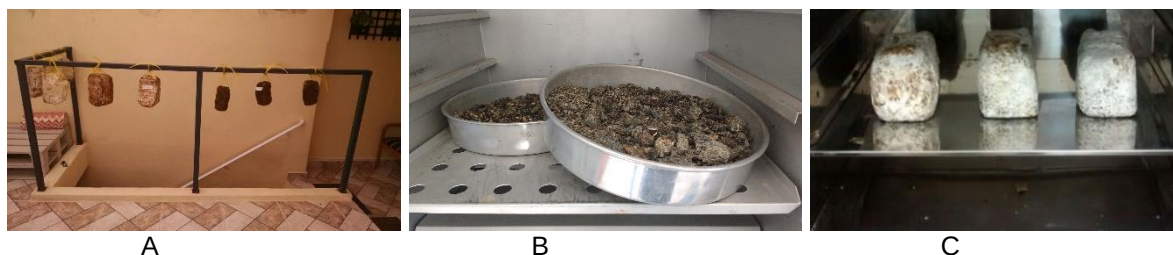
Fonte: Elaboração própria

Do universo de 27 amostras coletadas, as que estavam na Fase A (BIP) se encontravam no ápice da colonização do micélio (período médio de 30-40 dias). Já as amostras da Fase B (BNP) eram do substrato em fase de colonização em que a mesma não se desenvolveu a contento e, portanto, não seria destinada à produção e sim descartada. Além dessas, também se analisaram amostras da Fase C (BPP) de substrato após a frutificação do fungo, ou seja, em final de ciclo, cujo destino é o descarte ou utilização sem nenhuma agregação de valor.

4.1.1 Comportamento após Estresse Térmico

Para avaliação do comportamento após o estresse térmico dos blocos todas as 27 amostras foram empregadas com a finalidade de avaliar qual seria o método mais eficiente para a secagem do bloco de substrato. Foi utilizada a exposição à temperatura ambiente (máxima de 30°C e umidade relativa do ar de 52%, protegido de chuva e sereno) (Figura 7) em 3 blocos de substrato para cada um dos três estágios diferentes de produção; secagem a 50°C (30 minutos) e 150°C (120 minutos) em estufa para secagem e esterilização (marca DeLeo® DL-SE) também em 3 blocos de substrato para cada um dos três estágios diferentes de produção; secagem a 40°C (144 horas) em estufa de ar circulante (Marconi ® MA 035) também em 3 blocos de substrato para cada um dos três estágios diferentes de produção. Os testes foram realizados no Núcleo de Estudos Ambientais da Universidade de Sorocaba (NEAS).

Figura 7 – Estresse Térmico dos Blocos de Substrato



(A) - Blocos de substrato expostos à temperatura ambiente; (B) - Blocos de substrato em estufa para secagem e esterilização; (C) - Blocos de substrato em estufa de ar circulante.

Fonte: Elaboração própria

4.1.2 Teste de Resistência Físico-mecânica

Para o ensaio de resistência físico-mecânica, foi utilizada a Prensa Manual de Compressão (capacidade máxima de 30 ton., marca Ribeiro®) (Figura 8) sobre os blocos de substrato BIP (Blocos em Início de produção), BNP (Blocos não aptos a produzir), BPP (Blocos pós-produção, para descarte). Os testes foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade de Sorocaba com a finalidade de observar a resistência físico-mecânica à compressão do material.

Figura 8 – Prensa para teste de resistência do substrato descartado



Fonte: Elaboração própria

4.1.3 Propriedades Químicas do Substrato/Teste de Análise de Elementos

Haja vista a importância desse substrato para o produtor em se ter conhecimento de quais elementos e quantidades se encontram presentes no material, a análise dos elementos presentes no substrato foi feita por meio do método de

Fluorescência por Raio-X (XRF), um tipo de análise multielementar que consiste na leitura espectrométrica dos Raios-X característicos provenientes da excitação dos átomos de uma amostra. É uma técnica qualitativa e quantitativa que permite identificar e estabelecer a proporção dos elementos de maneira não destrutiva, viabilizando a empregabilidade nas mais diversas áreas (PARREIRA, 2006).

As análises de elementos químicos foram feitas apenas nos substratos para descarte, que são o foco do trabalho. Foram analisadas amostras dos substratos dos blocos 10, 20 e 21 (BPP) e bloco 15 (BNP).

O material foi triturado manualmente e moído no Moinho de Bolas durante 4 horas. Devidamente embalado e etiquetado (Figura 9), o material foi levado ao Laboratório de Biomaterias e Nanotecnologia da Uniso (LaBNUS) para montagem das pastilhas. Foi pesado 100mg do material em balança de precisão (marca Uni Bloc) e adicionado a 100mg de ácido bórico, misturando-os em um almofariz. O material misturado foi comprimido dentro de uma prensa pneumática (marca Shimadzu) por 10 minutos e ao final foi obtida uma pequena pastilha (disco) (Figura 10), que foi levada ao Laboratório de Física Nuclear Aplicada da Uniso – LAFINAU para análise dos seus componentes químicos no equipamento de Fluorescência por Raios-X (XRF da marca Amptek®).

Figura 9 – Amostra de substrato após moagem em moinho de bolas.



Fonte: Elaboração própria

Figura 10 – Disco ou pastilha com o substrato e ácido bórico para análise de Fluorescência.



Fonte: Elaboração própria

O sistema de XRF pode ser usado, a princípio, para quantificar qualquer elemento químico presente numa formulação, desde que tenha número atômico igual ou superior ao do elemento químico Magnésio ($Z=12$) até o elemento Férnio ($Z=100$), com precisão de, aproximadamente, algumas partes por milhão (ppm). Os testes foram executados e analisados pelo Prof. Dr. José Martins de Oliveira Júnior usando-se software específico fornecido pelo fabricante para se obter os resultados.

4.2 Produção do Tijolo Ecológico

A produção de tijolos ecológicos de solo-cimento com adição de SMS de cogumelo Shiitake foi adotada apenas para os blocos de substrato BPP que se encontram em fase final de seu ciclo de vida.

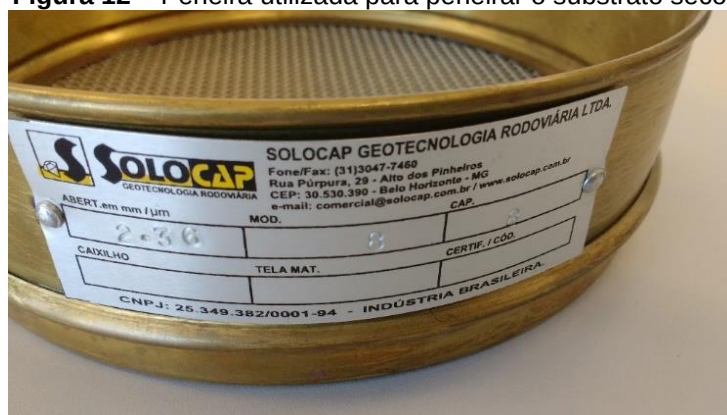
A metodologia para a produção inicia-se pela retirada do SMS de cogumelo que deve ser coletado no local de cultivo, deixado secar naturalmente, protegido de sereno e umidade, por pelo menos 15 dias (Figura 11). Posteriormente o substrato seco deve ser desfeito manualmente, triturado, picado ou apiloado. Em seguida o material deve ser peneirado (utilizou-se uma peneira metálica granulométrica 8 x 2, malha 8, abertura de 2,36 mm como se vê em Figura 12).

Figura 11 – Substrato parcialmente desfeito deixado para secagem ao ar livre.



Fonte: Elaboração própria

Figura 12 – Peneira utilizada para peneirar o substrato seco.



Fonte: Elaboração própria

Utilizaram-se 60 blocos de SMS que processados representaram cerca de 12 quilogramas de SMS moído e desidratado. Esse montante foi processado na produção de aproximadamente 120 unidades de tijolos ecológicos com o SMS de cogumelo, sessenta unidades na empresa Tilego e número aproximado de sessenta na empresa EBS (estes prensados manualmente).

O processo de produção do tijolo ecológico de solo-cimento em prensa hidráulica consiste em passar o material (solo, substrato e areia) no triturador e peneirador (4mm de abertura), em seguida pelo misturador planetário 1000 litros (com cimento, cal e água) e, em seguida pela prensa hidráulica de 15 toneladas, conforme mostrado em Figura 13.

Figura 13 – Processo de produção do Tijolo Ecológico.



(A) – Material passando pelo triturador e peneirador; (B) – Material sendo preparado no misturador planetário; (C) – Material sendo prensado em prensa hidráulica.

Fonte: Elaboração própria

Foram produzidos 60 tijolos com a incorporação do SMS de cogumelo Shiitake. O substrato foi usado substituindo parte da quantidade de solo na produção, obedecendo a porcentagem de proporção de material para parte de cimento adotada pela empresa, conforme demonstra a Figura 14.

Figura 14 – Proporção de materiais utilizados na produção do tijolo ecológico.



Fonte: Elaboração própria

A empresa Tilego utiliza na produção do tijolo ecológico convencional uma mistura de 9,5% de cimento para 76% de solo, 9,5% de areia (para correção do solo) e 5% de cal. Para a produção do tijolo ecológico com adição do SMS de cogumelo utilizou-se mistura de 9,5% de cimento, 9,5% de SMS de cogumelo, 66,5% de solo, 9,5% de areia e 5% de cal.

A proporção utilizada foi quantificada e adicionado à terra (preferencialmente arenosa) e ao cimento, tudo misturado em betoneira. Esta mistura deve ser colocada em formas de tijolo e prensada em prensa hidráulica ou mecânica, neste caso utilizou-se prensa hidráulica. Na mesma data a empresa produziu e disponibilizou 20 tijolos sem incorporação do substrato para análise comparativa. O tijolo prensado deve passar por processo de cura através de água, devendo ficar à sombra e umedecido duas vezes ao dia durante um período de 7 dias.

Após este período os tijolos ecológicos produzidos com adição de SMS de cogumelo e sem adição dos SMS foram submetidos a análises conforme determina a norma para verificação de resistência média à compressão e do teor de absorção de água médio, conforme recomenda a NBR 8492:2012.

4.1.4 Ensaio de Resistência Físico-mecânica

Conforme a norma NBR 8492:2012 específica, os ensaios foram realizados após 28 dias da produção dos tijolos ecológicos, quando o cimento se encontra curado, ou seja, atingiu a máxima resistência.

Para a realização dos ensaios, foram preparadas previamente 14 amostras de tijolos que foram cortados ao meio no sentido do comprimento. Suas faces foram invertidas e ligadas por camada fina de cimento Portland (pré-contraída por tempo mínimo de repouso de 30 minutos) e aguardada a secagem por tempo superior a 24 horas. Este corpo de prova teve suas superfícies regularizadas com camada fina de cimento Portland (pré-contraída por tempo mínimo de repouso de 30 minutos) e aguardada a secagem também por tempo não inferior a 24 horas em cada uma das faces.

Foram analisadas na empresa Qualitec Tecnologias de Materiais, em Votorantim, individualmente, as resistências à compressão sobre as 14 amostras de tijolos conforme normas NBR 8491 (ABNT, 2012) e NBR 8492 (ABNT, 2012a), a partir da carga máxima observada no ensaio dividida pela área média das duas faces de trabalho e em seguida feita a média dos valores individuais, sendo 7 amostras de

tijolos ecológicos de solo-cimento com substrato e 7 amostras de tijolos ecológicos de solo-cimento sem adição do substrato.

Para o ensaio de resistência à compressão, a NBR 8492 (ABNT, 2012) recomenda a utilização de máquina apropriada ao ensaio, que distribua uniformemente a carga aplicada no corpo de prova, de modo progressivo e uniforme, com dispositivo para controle da velocidade de aplicação da carga e que permita a leitura das cargas aplicadas com sensibilidade de 100 N.

4.1.5 Ensaio de Absorção de Água

Para este ensaio foram preparadas 6 amostras de tijolo ecológico, sendo 3 de tijolos ecológicos convencionais e 3 de tijolos ecológicos com adição de SMS de cogumelo.

A realização do ensaio de absorção de água necessita de balança de precisão, estufa de secagem que permita atingir temperatura de 105°C a 110°C e tanque de imersão para absorção de água e realizado em ao menos 3 amostras de tijolo de solo-cimento. Deve-se primeiramente estabilizar as massas das amostras, utilizando-se da estufa e balança de precisão. Posteriormente deixa-se as amostras do tijolo imersas em tanque por 24 horas, após o que estas devem ser secas superficialmente com pano e pesadas em até 3 minutos.

Deve-se tomar os pesos das amostras após estabilização e, após saturação e calculados os valores individuais de absorção, em porcentagem, de acordo com a fórmula:

$$A = \frac{(M_2 - M_1)}{M_1} \times 100$$

Onde:

M_1 = Massa do tijolo seco em estufa

M_2 = Massa do tijolo saturado

A = Absorção de água, em porcentagem

De acordo com a NBR 8492: 2012, a média dos 3 valores individuais das amostras é o valor médio de porcentagem de absorção de água do tijolo ecológico que não deve ultrapassar 20%.

4.2.3 Dimensionamento do Tijolo Ecológico

Os tijolos de solo-cimento segundo a NBR 8491 (ABNT, 2012) são classificados em tijolos Tipo I e Tipo II. A NBR 8491 (ABNT, 2012) especifica as dimensões nominais de comprimento, largura e altura, com tolerância de ± 3 mm para cada um dos tipos, conforme verifica-se na Tabela 5. A média deve ser obtida através da soma de todas as amostras divididas pelo número total de amostras. A norma aceita ainda dimensões diferentes para os tijolos desde que a altura seja menor que a largura, e devem ser tomadas com precisão de 1mm. As medidas foram tomadas com auxílio de paquímetro Universal Série 125 da marca Starret, na empresa Qualitec Tecnologias de Materiais.

Tabela 5 – Dimensionamento de tijolos ecológicos (mm).

Nomenclatura	Comprimento	Largura	Altura
Tipo I	200	95	50
Tipo II	230	110	50

Fonte: Elaboração própria, baseada na NBR 8491 (ABNT, 2012)

Com relação a tijolos de solo cimento com reentrâncias, estas devem estar distantes no mínimo a 25 mm a partir das arestas e as profundidades devem ser no máximo de 13 mm.

4.2 Análise Estatística

As análises estatísticas dos dados foram analisados pelo sistema ANOVA.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados das Análises dos Substratos

As análises no substrato mostram os resultados obtidos do comportamento após estresse térmico, teste de resistência físico-mecânica e quanto aos elementos presentes e suas concentrações.

5.1.1 Comportamento após Estresse Térmico

A Tabela 6 mostra o comportamento dos blocos de substrato, em diferentes estágios, após as diferentes metodologias de desidratação. Nota-se que os BIP - blocos que irão produzir, perderam mais peso pelo método de secagem a temperatura ambiente. Os BNP - blocos não aptos a produzir, apesar de colonizados, perderam mais do seu peso pelo método de circulação de ar. Já os BPP - blocos pós-produção, perderam mais peso também pelo método de secagem a temperatura ambiente. O método de secagem em estufa de secagem e esterilização não apresentou vantagem em relação aos demais utilizados.

Tabela 6 - Pesos dos blocos de substrato, por estágio de produção, após os diferentes estresses térmicos.

Estágio de Produção do Substrato	Peso inicial (kg) <i>in natura</i> (n=9)	Porcentagem (%) de perda de peso após secagem a temperatura ambiente (n=3)	Porcentagem (%) de perda de peso após secagem a estufa 150°C (n=3)	Porcentagem (%) de perda de peso após secagem em estufa de circulação de ar 40°C (n=3)
BIP	2,392 ± 0,202	68,0	29,4	63,8
BNP	2,300 ± 0,058	62,8	39,7	67,5
BPP	1,046 ± 0,226*#	69,1	46,9	63,8

Blocos que irão Produzir – BIP; Blocos Não Aptos a Produzir - BNP; Blocos Pós-Produção - BPP. Média ± desvio padrão *p<0.05 em comparação ao grupo BIP, # em comparação ao grupo BNP, (ANOVA, seguida de Bonferroni Post Test).

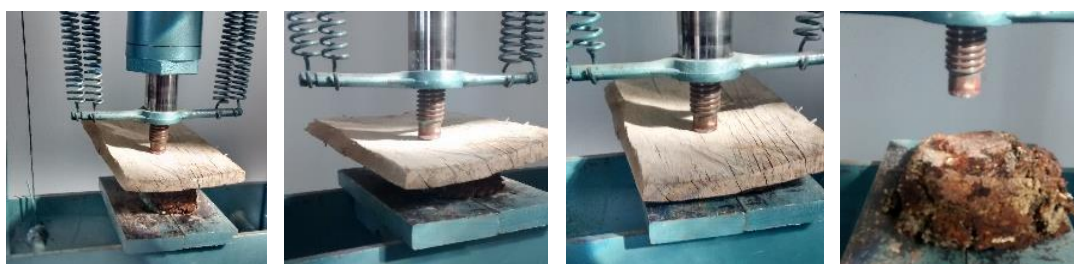
Fonte: Elaboração própria

5.1.2 Comportamento após Teste de Resistência Físico-mecânica

Os blocos de substrato de cogumelo não apresentaram resistência físico-mecânica à compressão estatisticamente significativa nos ensaios realizados em

prensa manual de compressão (capacidade máxima de 30 ton.), o que indica serem material bastante poroso (grande permeabilidade) e com elevada capacidade de deformação conforme vê-se em Figura 15, compatível com a sua origem lignocelulósica.

Figura 15 - Teste de resistência à compressão realizado nos blocos de substrato.



Fonte: Elaboração própria

5.1.3 Comportamento quanto aos Elementos e suas Concentrações

A Tabela 7 mostra a média de concentração dos elementos encontrados nas amostras de substrato analisadas. As amostras dos substratos analisadas foram dos blocos 10, 20 e 21 (BPP) e bloco 15 (BNP).

Tabela 7 - Elementos químicos e respectivas concentrações médias (Unidades em ppm ($\mu\text{g/g}$))

Componente	BNP Bloco 15	BPP Bloco 10	BPP Bloco 20	BPP Bloco 21
Ca (Cálcio)	3079,44 $\pm$ 37,65	8992,16 $\pm$ 80,53*	9598,32 $\pm$ 85,49 ^a	8731,22 $\pm$ 79,23 ^a ^{ab}
Fe (Ferro)	811,28 $\pm$ 8,26	1584,98 $\pm$ 11,32*	212,14 $\pm$ 1,12 ^a	108,75 $\pm$ 0,88 ^a
Ti (Titânio)	247,62 $\pm$ 8,64	137,35 $\pm$ 6,45	407,32 $\pm$ 10,95 ^a	70,16 $\pm$ 5,15 ^b
Si (Silício)	1309,00 $\pm$ 142,30	7121,92 $\pm$ 316,94*	12135,84 $\pm$ 374,04 ^a	2826,60 $\pm$ 194,84 ^a ^{ab}
P (Fósforo)	2017,86 $\pm$ 72,31	3459,76 $\pm$ 108,71*	4532,74 $\pm$ 132,42 ^a	3270,26 $\pm$ 91,24 ^a ^b
S (Enxofre)	503,08 $\pm$ 68,37	628,76 $\pm$ 49,18	642,70 $\pm$ 63,24	580,90 $\pm$ 40,42
K (Potássio)	897,88 $\pm$ 21,45	1030,86 $\pm$ 22,62	1369,26 $\pm$ 26,38 ^a	1189,60 $\pm$ 22,63*
Mn (Manganês)	115,05 $\pm$ 2,63	172,01 $\pm$ 3,11	166,96 $\pm$ 3,07	207,02 $\pm$ 3,66
Zn (Zinco)	74,64 $\pm$ 3,05	119,82 $\pm$ 3,25	107,76 $\pm$ 2,79	123,01 $\pm$ 3,21
Rb (Rubídio)	21,70 $\pm$ 2,44	17,78 $\pm$ 5,31	14,66 $\pm$ 2,61	17,76 $\pm$ 5,95
Bi (Bismuto)	231,26 $\pm$ 49,23	424,56 $\pm$ 45,24	230,88 $\pm$ 27,84	292,54 $\pm$ 38,64
Y (Ítrio)	20,41 $\pm$ 2,46	18,528 $\pm$ 2,14	12,38 $\pm$ 1,64	20,03 $\pm$ 2,25

Blocos Não Aptos a Produzir - BNP; Blocos Pós-Produção - BPP N: 3 pastilhas. Média $\pm$ desvio padrão

* $p < 0.05$ em comparação ao grupo BIP, ^a em comparação ao grupo BPP-Bloco10, ^b em comparação ao grupo BPP-Bloco 20, (ANOVA, seguida de Bonferroni Post Test).

Fonte: Elaboração própria

As maiores concentrações de elementos são de Ca (Cálcio), P (Fósforo) e Si (Silício), presentes em maior quantidade nas amostras de Blocos Pós-Produção - BPP. O elemento Si (Silício) apresentou grande variação de concentração em todas as amostras analisadas. Os elementos Cl (Cloro), Sc (Escândio), Cr (Crômio), Ni (Níquel), Cu (Cobre) e V (Vanádio) apresentaram como resultado concentração igual a zero.

5.2. Resultados das Análises do Tijolo Ecológico

Os resultados mostram o comportamento após ensaio de resistência físico-mecânica, absorção de água e quanto ao dimensionamento dos tijolos ecológicos produzidos com SMS de cogumelo Shiitake, segundo a NBR 8492 (ABNT, 2012).

5.2.1 Ensaio de Resistência Físico-mecânica

O desempenho dos tijolos ecológicos de solo-cimento produzidos com o SMS de cogumelo Shiitake não atingiu o mínimo de resistência à compressão que a norma indica, que é 2,0 Mpa. O valor médio encontrado nas amostras ensaiadas foi de 0,8 Mpa. A Tabela 8 mostra os índices de resistência à compressão que os tijolos ecológicos de solo-cimento suportaram no ensaio. Nessa tabela estão as amostras com adição de substrato e também aqueles produzidos de maneira convencional, ou seja, sem adição do SMS de cogumelo Shiitake.

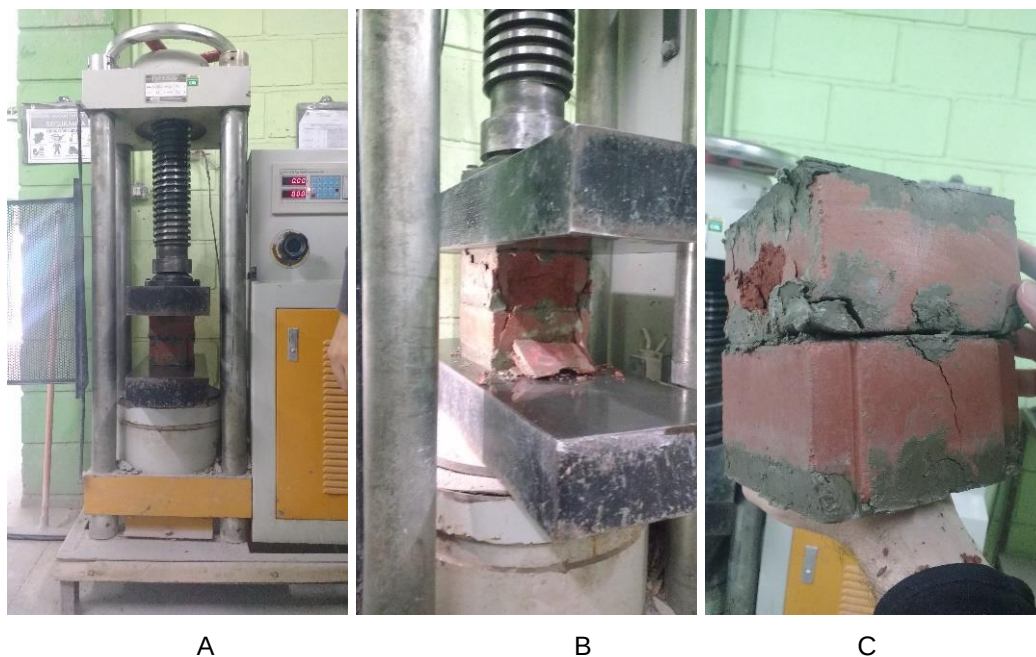
Na Figura 16 pode-se ver os ensaios de resistência à compressão realizados nas amostras de tijolos ecológicos produzidos com o SMS do cogumelo e nos tijolos produzidos sem adição do substrato. Estes ensaios foram realizados na empresa Qualitec Tecnologias de Materiais, em prensa Solocap modelo 4HCIC de 2.000 KN. O Anexo A demonstra o certificado de Calibração da prensa.

Tabela 8 – índices de Resistência a compressão dos tijolos ecológicos

Amostras	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Carga Aplicada (KN)	Resistência (Mpa)
Tijolo 1A	142	132	48,69	2,6
Tijolo 2A	142	136	45,64	2,4
Tijolo 3A	139	135	46,08	2,5
Tijolo 4A	141	137	41,32	2,1
Tijolo 5A	143	139	48,14	2,4
Tijolo 6A	140	139	40,52	2,1
Tijolo 7A	137	139	43,15	2,3
Valor Médio				2,4
Tijolo 1B	140	142	13,64	0,7
Tijolo 2B	141	141	13,03	0,7
Tijolo 3B	140	144	19,94	1
Tijolo 4B	142	140	15,23	0,8
Tijolo 5B	142	143	13,18	0,6
Tijolo 6B	139	135	19,27	1
Tijolo 7B	141	141	10,9	0,5
Valor Médio				0,8

(A) – Amostras de Tijolos Ecológicos sem adição de SMS; (B) – Amostras de Tijolos Ecológicos com adição de SMS.

Fonte: Elaboração própria

Figura 16 – Ensaio de resistência à compressão do tijolo ecológico.

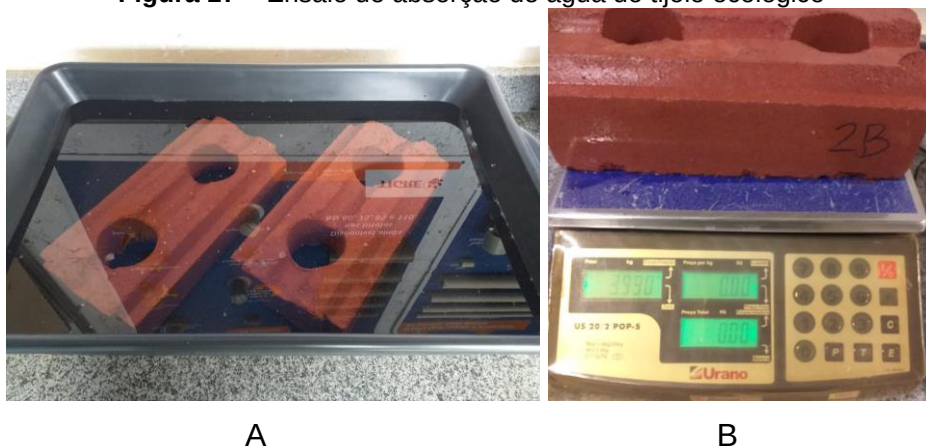
(A) – Ensaio à compressão em prensa hidráulica; (B) – Material sendo rompido no ensaio; (C) – Material após rompimento no ensaio.

Fonte: Elaboração própria

5.2.2 Ensaio de Absorção de Água

As 6 amostras de tijolos ecológicos permaneceram imersos em água por 24 horas (Figura 17), conforme orienta a NBR 8492 (ABNT, 2012).

Figura 17 – Ensaio de absorção de água do tijolo ecológico



(A) – Material imerso em tanque de imersão por 24 horas; (B) – Pesagem das amostras após imersão.

Fonte: Elaboração própria

Pode-se verificar, na Tabela 9, que as amostras dos tijolos ecológicos produzidos com o SMS de cogumelo superaram o valor máximo permitido de absorção de água para o tijolo de solo-cimento, que deve ser menor ou igual a 20%. Já as amostras de tijolo ecológico sem adição de substrato não excederam o valor máximo de absorção de água.

Tabela 9 – Absorção de água nos tijolos ecológicos

Denominação das Amostras	Massa (Kg) após secagem a estufa 105°C e estabilizado (n=6)	Massa (Kg) após imerso 24 hs em água e saturado (n=6)	Absorção de água (%)
TIJOLOS TIPO A	3,306 ± 0,024	3,96 ± 0,020	19,8 ± 0,347
TIJOLOS TIPO B	3,195 ± 0,066	3,94 ± 0,064	23,5 ± 0,338

Tijolos Tipo A – Sem adição de substrato; Tijolos Tipo B – Com adição de substrato. Média ± desvio padrão *p<0.05. (ANOVA, seguida de Bonferroni Post Test).

Fonte: Elaboração própria

Com relação ao peso das amostras estabilizadas após secagem, determinou-se o peso médio dos tijolos ecológicos com e sem o (SMS), que pode ser visto na Tabela 10 e ainda o percentual médio de leveza do tijolo ecológico produzido com o substrato em relação ao tijolo sem adição do substrato que foi de 3,47% comparando-

se com a substituição de 9,5% de SMS da parte de solo correspondente a mistura utilizada na produção do tijolo ecológico.

Tabela 10 – Peso médio dos tijolos ecológicos e percentual de leveza (%)

Amostras sem substrato	Peso (kg)	Amostras com substrato	Peso (kg)	Percentual de leveza (%)
Tijolo1A	3,292	Tijolo1B	3,236	
Tijolo 2A	3,286	Tijolo 2B	3,248	
Tijolo 3A	3,340	Tijolo 3B	3,102	
Peso médio das amostras	3,306		3,195	3,47

Fonte: Elaboração própria

5.2.3 Dimensionamento do Tijolo Ecológico

As medidas foram tomadas em mm e são apresentadas na Tabela 11 abaixo em um total de 20 amostras, sendo 10 amostras do Tipo A, sem adição de substrato e 10 amostras do Tipo B, com adição de substrato.

Tabela 11 – Dimensionamento dos tijolos ecológicos de solo-cimento com e sem substrato (mm).

Denominação das Amostras	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Denominação das Amostras	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)
Tijolo 1 A	136	74	272	Tijolo 1 B	135	75	270
Tijolo 2 A	136	76	272	Tijolo 2 B	136	76	271
Tijolo 3 A	137	75	272	Tijolo 3 B	136	75	271
Tijolo 4 A	136	75	272	Tijolo 4 B	135	74	271
Tijolo 5 A	136	75	272	Tijolo 5 B	136	75	272
Tijolo 6 A	137	76	272	Tijolo 6 B	135	75	272
Tijolo 7 A	135	77	272	Tijolo 7 B	135	76	272
Tijolo 8 A	136	75	272	Tijolo 8 B	136	76	272
Tijolo 9 A	136	75	273	Tijolo 9 B	137	76	272
Tijolo 10 A	136	75	272	Tijolo 10 B	136	76	272
Dimensões médias	136	75	272	Dimensões médias	135	75	271

Tijolos Tipo A – Sem adição de substrato; Tijolos Tipo B – Com adição de substrato

Fonte: Elaboração própria

As medidas tomadas mostram que as dimensões são diferentes dos dois tipos de dimensões descritos na norma como Tipo I e Tipo II, e atendem a relação de altura inferior a largura. A variação entre as dimensões de largura, altura e comprimento dos tijolos não ultrapassaram 3 mm entre as amostras analisadas. Não houve nenhuma

diferença significativa entre as amostras de tijolos ecológicos de solo-cimento Tipo A, sem adição de substrato com relação as amostras de tijolo ecológico de solo-cimento Tipo B, com adição de SMS de cogumelo Shiitake.

6 DISCUSSÃO

A aplicação de resíduos na produção de tijolos ecológicos não é inédita. Basta fazer uma breve pesquisa para encontrar dezenas de publicações com esse tema.

Lodo de estação de tratamento, cinza de bagaço de cana, de palha de arroz e resíduos da fabricação de papel são alguns exemplos de resíduos incorporados. Normalmente, esses resíduos seriam descartados, quase sempre de maneira inadequada (MORAIS, 2014).

O desenvolvimento do tijolo ecológico, produzido com adição do SMS de cogumelo Shiitake, mostra as potencialidades de recursos descartados na região de Sorocaba, que podem e devem ser aplicados em processos de produção de novos materiais, acrescentando outras propriedades e possibilidades de aplicação, de maneira a reduzir o consumo de matéria-prima, de energia, de água e a emissão de poluentes.

Tijolos ecológicos produzidos a partir de lodo de estação de tratamento, resíduos da construção civil e solo também foram analisados e resultaram em valores de resistência à compressão menores aqueles indicados pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012) e concluindo por necessidade de uso de solo com mais areia e silte para melhor compressão (MACHADO; ARAÚJO, 2014).

O tijolo ecológico de solo-cimento com adição de resíduos da fabricação de papel (FERNANDES, 2017) apresentou resultados variáveis. Em relação a diferentes concentrações utilizadas pode-se observar resultados de resistência à compressão inferiores e acima da média recomendada pela NBR 8492 (ABNT, 2012). Concluiu-se que valores acima de 10% de adição não atenderam aos requisitos das normas quanto à absorção de água e resistência à compressão.

Conforme Amaral (2014, p. 60), os resultados à compressão dos tijolos ecológicos com adição de cinza de bagaço de cana foram superiores aqueles determinados pela NBR 8492 (ABNT, 2012). Nesse tijolo ecológico utilizou-se 14% de

cimento em relação à massa total e traços com 2%, 4% e 6% de resíduo de cinza de bagaço de cana.

A utilização do substrato descartado (SMS) pós-cultivo na produção de tijolo ecológico de solo-cimento alcançou resultados de resistência à compressão inferiores aos indicados pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012) para o tijolo ecológico de solo-cimento. O valor mínimo exigido é de 2,0 Mpa e o valor alcançado no tijolo ecológico produzido com adição de substrato pós-cultivo de cogumelo foi de 0,8 Mpa enquanto que o ensaiado sem adição de substrato apresentou a resistência de 2,6 Mpa.

Comparando-se com o tijolo ecológico produzido com SMS de cogumelo Shiitake pode-se notar no tijolo ecológico com cinza de bagaço de cana foi usada quantidade superior de cimento, o que conferiu maior resistência ao tijolo ecológico com resíduo de cinza de bagaço de cana.

Seria necessário então aumentar a quantidade de cimento e reduzir a porcentagem de SMS na mistura?

Apesar de aumentar a resistência do tijolo ecológico, acredita-se que, com o aumento da quantidade de cimento o valor de custo do tijolo ecológico deixe de ser alternativa viável economicamente para a construção de moradias, principalmente as famílias de baixa renda. A diminuição da quantidade do SMS no tijolo ecológico também não se demonstra atrativa a questão de geração de renda complementar ao produtor de cogumelo.

Ainda que estejam em desacordo com a norma NBR 8492 (ABNT, 2012) para a função de alvenaria estrutural, que é um sistema construtivo em que as paredes são capazes de suportar seu próprio peso, da laje, cobertura e cargas acidentais, os tijolos ecológicos com SMS de cogumelo podem ter uso sem função estrutural. Mais interessante seria a utilização do tijolo ecológico produzido com adição de SMS como material de vedação, como qualquer outro tijolo ou bloco.

Os resultados obtidos com a produção de tijolos ecológicos de solo-cimento utilizando o SMS do cogumelo Shiitake permitem vislumbrar a aplicação do substrato

descartado, em materiais para a construção civil com apelo sustentável e poderá contribuir para mitigar os impactos quanto a riscos de contaminação à produção na região e permitir agregar valor ao material descartado pelos produtores de cogumelo e de insumos deste setor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Desenvolvimento de tijolo ecológico com o substrato descartado
- Resultado inferior ao recomendado pela norma para o material
- Uso como material de vedação como qualquer outro tijolo ou bloco.
- Material mais leve e com ótimo aspecto
- Potencial de uso de recurso agroindustrial descartado
- Equaciona o consumo de matéria-prima, de energia, de água e a emissão de poluentes.
- Contribui para mitigar os impactos ambientais na região
- Permite agregar valor ao material descartado

REFERÊNCIAS

AMARAL, Mateus Carvalho. **Avaliação da incorporação de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em tijolo solo-cimento**. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ. Fevereiro – 2014. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/disserta%C3%A7%C3%A3o-completa.pdf>>. Acesso em 16 fev. 2018.

ANPC. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS. **Setor de cogumelos**. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>. Acesso em 22 de setembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8491**. Tijolos de solo-cimento – Requisitos. 2012. São Paulo, Brasil.

_____. **NBR 8492**. Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. 2012. São Paulo, Brasil.

_____. **NBR 10.004**. Resíduos sólidos - classificação. 2004. São Paulo, Brasil.

_____. **NBR 10.833**. Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica. 2012. São Paulo, Brasil.

BARROS, Betina. Produção de shiitake. **Revista Valor Econômico** Sorocaba, 22/02/2016. Disponível em: <http://www.valor.com.br/agro/4447172/crise-passa-ao-largo-de-polo-paulista-de-shiitake?utm_source=newsletter_tarde&utm_medium=22022016&utm_term=crise+passa+ao+largo+de+polo+paulista+de+shiitake&utm_campaign=informativo&NewsNid=4445044>. Acesso em: 6 de maio de 2017.

BONAFÉ, Gabriel. **Construção civil encerra 2016 com retração no PIB e menos postos de trabalho**. AECweb. O portal da Arquitetura, Engenharia e Construção. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/construcao-civil-encerra-2016-com-retracao-no-pib-e-menos-postos-de-trabalho_14869_10_0. Acesso em 01 de novembro de 2017.

BRAGA, J. Ecodesign: Estudos de caso de estratégias aplicadas a produção nacionais. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**. p. 28-40, abr. – jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305/10, de 12 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

CHANG, S.T.; Mshigeni, K.E., 2013. **Mushroom farming: life-changing humble creatures**. Dar es Salaam, Tanzania: Mkuki na Nyota Publishers Ltd, 84 p.

CBIC: Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Déficit habitacional no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em 30 de outubro de 2017.

DAZZI, Carla. Aumento da produtividade no setor passa por tecnologia e gestão. **Revista Notícias da Construção**, SINDUSCON-SP, n. 149 – ano 12 – out/nov/2015. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/12/ed_149.compressed.pdf>. Acesso em 08 jul.2019.

EMPLASA. **Região Metropolitana de Sorocaba**. Disponível em <https://www.emplasa.sp.gov.br/RMS>>. Acesso em 07 de abril de 2017.

FERNANDES JÚNIOR, Wellington. **Avaliação das propriedades tecnológicas de Tijolo Ecológico Modular de solo-cimento com incorporação de resíduo da fabricação de papel**. 2017. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes – RJ. 2017. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2017/11/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Wellington.pdf>>. Acesso em 16.03.2019

FERNANDEZ, Jaqueline A. B. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. IPEA Brasília, 2012.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY H. T. **Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão**. Rev. Instituto Adolfo Lutz, 64(2): 149-154, 2005.

GOMES, D. et al. **Censo Paulista de Produção de Cogumelos Comestíveis e Medicinais** Apta Regional. Disponível em Pesquisa & Tecnologia, vol. 13, n. 1, Jan - Jun de 2016. Disponível em: <http://aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2016/janeiro-junho-4/1691-censo-paulista-de-producao-de-cogumelos-comestiveis-e-medicinais/file.html>. Acesso em 14 de Julho de 2017.

IBGE. **População em Sorocaba: evolução populacional e pirâmide etária**. Censo 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?codmun=355220>>. Acesso em 24 de outubro de 2017.

IMP. **PORTAL DE ESTATÍSTICAS. PERFIL DOS MUNICÍPIOS PAULISTAS**. Informações dos Municípios Paulistas, 2019. Disponível em: <<http://www.perfil.seade.gov.br/>>. Acesso em 28 de agosto de 2019.

IMP. **PORTAL DE ESTATÍSTICAS. CONDIÇÕES DE VIDA**. Informações dos Municípios Paulistas, 2019. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#!/tabelas>>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em 17 de agosto de 2017.

LOURENÇO, A. **Cultivo de cogumelo vira alternativa para os produtores rurais**. *Jornal Cruzeiro do Sul*, Sorocaba, 13/02/2015. Disponível em: <<https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/593969/cultivo-de-cogumelo-vira-alternativa-para-os-produtores-rurais>>. Acesso em 07 de fevereiro de 2017.

MACHADO, Amanda Ozório; ARAÚJO, Joice Andrade de. SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, XI. 2014. **Avaliação de Tijolos Ecológicos Compostos por Lodo de Eta e Resíduos da Construção Civil**. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/41220411.pdf>>. Acesso em 11 set. 2019.

MAÇANEIRO, M. B.; CUNHA, S. K. Relações entre fatores contextuais internos às organizações e a adoção de estratégias proativas e reativas de ecoinovações. **Ram, Rev. Adm. Mackenzie**, Edição Especial, São Paulo, SP, v. 16, n. 3, p. 20-50, maio – jun. 2015.

MORAIS, Marcelo Brito; CHAVES, Armando Macêdo; JONES, Kimberly Marie. Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea. **Revista Pensar Engenharia**, v.2, n. 2, Jul./2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a138.pdf>. Acesso em 26 ago. 2019.

MOTHERBOARD. **O fungo que pode substituir o plástico**. 5 out. 2015. Disponível em: <https://www.vice.com/pt_br/article/xyaemd/o-fungo-que-pode-substituir-plastico>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MOTHERBOARD. **A Casa Construída por Cogumelos**. 29 dez. 2014. Disponível em: <https://www.vice.com/pt_br/article/78wzaa/a-casa-construida-por-cogumelos>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

ONU. **CARTA DA TERRA**. 1997. Ratificada em março de 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/carta_terra.pdf>. Acesso em 29 de julho de 2017>.

ONU NEWS. **Pela primeira vez, população urbana supera a rural no mundo**. 2007. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2007/04/1267511-pela-primeira-vez-populacao-urbana-supera-rural-no-mundo>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

OS2 COMUNICAÇÃO. **Na contramão do mercado nacional, construção civil tem alta em Sorocaba**. Revista AMAIS. Disponível em: <<http://revistaamais.com.br/na-contramao-do-mercado-nacional-construcao-civil-tem-alta-em-sorocaba>>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

PARREIRA, P. S. **Metodologia de EDXRF e aplicações com um sistema portátil**. 2006. 17 f. Publicação Técnica – Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

PINTO, T. **De volta a questão do desperdício**. Construção. São Paulo, n.271, p.34-35, dez.1995.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. Secretaria da Habitação e Urbanismo. **Plano Local de Habitação de Interesse Social de Sorocaba. Etapa III. Estratégias de Ação**. Prefeitura de Sorocaba, 2011. Disponível em <<http://habitacao.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/10/plano-local-de-habitacao-de-interesse-social-de-sorocaba.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Trabalho, Turismo e Renda. **Guia de Informações Estatísticas Sorocaba. EDIÇÃO| ISSUE 2018/2019**. Prefeitura de Sorocaba, 2019. Disponível em < https://drive.google.com/file/d/1135H7rOQhKHBcvdJXBEg30RyOQ_BtTwE/view>. Acesso em 11 de maio de 2019.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Perfil dos Municípios Paulistas**. Disponível em: < <http://www.perfil.seade.gov.br>>. Acesso em 24 de julho de 2019.

SINDUSCON-SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Regional Sorocaba. **Sinduscon-SP realiza estudo de atratividade do mercado de Sorocaba**. 2016. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-realiza-estudo-de-atratividade-do-mercado-de-sorocaba/>> Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

SIQUEIRA, F. G. et al. **Aplicações Biotecnológicas para biomassas do pós-cultivo de cogumelos comestíveis (Biotechnological application for spent mushroom substrate – SMS)**. 2015. Trabalho apresentado no VIII Simpósio Internacional sobre Cogumelos no Brasil, Sorocaba, 2015, p.138.

STOTT, Rory. **Hy-Fi, a torre de tijolos orgânicos, é inaugurada no MoMA PS1**. 6 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/623487/hy-fi-a-torre-de-tijolos-organicos-e-inaugurada-no-moma-ps1>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

VILELA JUNIOR, A.; DEMAJOROVIC, J. **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Senac, 2006.

WERNER, E. de M. et al. Produção mais limpa: conceitos e definições metodológicas. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, vol. 03, nº 2, fev. 2011. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/306_306_PMaisL_Conceitos_e_Definicoes_Metodologicas.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DA PRENSA SOLOCAP



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

Av. Torres de Oliveira, 78-CEP 05347-902 São Paulo/SP-Fone: (11) 3760-5348 - Fax: (11) 3760-5363

ÁREA DE TECNOLOGIA – LABORATÓRIO

Nº REGISTRO: 216416

INTERESSADO: Qualitec Tecnologia de Materiais Ltda.

ENDEREÇO : Rua Cândido dos Santos, 49 - Votorantim/SP

REFERÊNCIA : Orçamento 80865

1/2



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 96926

1. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Máquina de Ensaio à Compressão	
Marca: Solocap	Modelo: 4HCIC
Número de série: 303	Número de Identificação: 0002
Indicador Digital: Zhejiang	Número de Série: não consta
Faixa Nominal da Máquina de Ensaio (kN): 2000	
Faixa Nominal da Escala Calibrada (kN): 2000	
Resolução da Escala Calibrada (kN):	0,01 até 1000kN 0,1 acima de 1000kN

2. GENERALIDADES

Data da Calibração: 20/09/18	Temperatura Ambiente: (22 ± 2)°C
Condições Ambientais: Sem ar condicionado	
Local da Calibração: Laboratório	
Técnico Operador: Gerson Luiz	
Procedimento de Medição Utilizado: PO-GT-4002/14	
Descrição:	A calibração foi efetuada à compressão, conforme norma ABNT NBR NM-ISO 7500-1:2016, utilizando-se célula de carga posicionada entre os pratos de carregamento da máquina. Os resultados encontrados são referentes a média das medições.

3. CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO UTILIZADO

Tipo	Marca	Número	Certificado Nº	Validade
Célula de Carga	Kratos	002694	156054-101 - IPT	10/01/19

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre, a qual avaliou a competência do Laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s). Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.



Laboratório de calibração acreditado pelo Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o número CAL 0078

CONTINUAÇÃO DO CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 96926

2/2

4. CONDIÇÕES DE ENSAIO

Calibração em única posição do curso do pistão: 20 mm
Força fixa indicada na máquina de ensaio.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Força Fixa Indicada na Máquina	Força Indicada no Padrão	Erro Relativo de:			Incerteza de Medição Expandida "U"
		Exatidão	Repeti- tividade	Resolução Relativa	
(kN)	(kN)	(*)			(kN)
0,00	0,00	-	-	-	-
100,00	99,56	0,44	0,34	0,10	0,28
200,00	198,92	0,54	0,29	0,05	0,46
400,00	399,09	0,23	0,29	0,03	0,92
800,00	797,91	0,26	0,05	0,01	0,72
1200,0	1196,7	0,27	0,22	0,01	2,2
1600,0	1597,2	0,17	0,26	0,01	3,5
2000,0	1997,5	0,13	0,28	0,01	4,5

5.1 Erro Relativo de Zero:

Determinações	1ª	2ª	3ª
Erro(%)	0,00	0,00	0,00

6. CLASSIFICAÇÃO DA MÁQUINA DE ENSAIOS:

Conforme NBR NM-ISO 7500-1:2016	Classe 1
---------------------------------	----------

NOTAS: 1) A Incerteza expandida de medição é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k=2$, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%, conforme publicação EA-4/02.

2) Faixa de escala calibrada de acordo com a solicitação do interessado.

Responsável: Tecg ^o . Gerson Luiz Gomes Gerschimo - SIGNATÁRIO	
Data: 21/09/18	Assinatura:

ANEXO B - FOTOS EXPERIMENTOS PHILIP ROSS

Phillip Ross mycelium furniture

The fungus can be trained to grow in almost any shape imaginable.



Fonte: BOYER, Mark *in* Inhabitat.

Disponível em: <<https://inhabitat.com/phillip-ross-molds-fast-growing-fungi-into-mushroom-building-bricks-that-are-stronger-than-concrete/mushroom-furniture-13/>>. Acesso em 11.09.2019

Mushrooms as building material for architectural structures and furniture by Philip Ross



Fonte: ECKER, Shana *in* HuffPost Home.

Disponível em: <https://www.huffpostbrasil.com/2012/10/01/mushrooms-as-building-material_n_1924370.html>. Acesso em 11.09.2019

ANEXO C - FOTO EMBALAGEM DE COMPOSTO DE COGUMELO

Ikea planeja trocar isopor das embalagens por um composto à base de cogumelo que se dissolve no seu jardim



Fonte: REDAÇÃO in Hypness.

Disponível em: <<https://www.hypeness.com.br/2017/04/ikea-planeja-trocar-isopor-das-embalagens-por-um-composto-a-base-de-cogumelo-que-se-dissolve-no-seu-jardim/>>. Acesso em 11.09.2019

ANEXO D - FOTO HY-FI TOWER

Hy-Fi, The Organic Mushroom-Brick Tower Opens At MoMA's PS1 Courtyard



Fonte: STOTT, Rory in Archdaily.

Disponível em: <<https://www.archdaily.com/521266/hy-fi-the-organic-mushroom-brick-tower-opens-at-moma-s-ps1-courtyard>>. Acesso em 08.09.2019.