



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
TECNOLOGIA EM CONCRETO
TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

JONATHAS FABRICIO DE SOUZA
LEANDRO DE LARA

**ANÁLISE COMPARATIVA E COMPORTAMENTAL DE SUBSTRATO
RÍGIDO PARA TELHADO VERDE COM USO DE
CONCRETO PERMEÁVEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2011

JONATHAS FABRICIO DE SOUZA
LEANDRO DE LARA

**ANÁLISE COMPARATIVA E COMPORTAMENTAL DE SUBSTRATO
RÍGIDO PARA TELHADO VERDE COM USO DE
CONCRETO PERMEÁVEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Concreto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo em Concreto.

Orientador: Prof. M.Sc Roberto Levi Sprenger.

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA E COMPORTAMENTAL DE SUBSTRATO RÍGIDO PARA TELHADO VERDE COM USO DE CONCRETO PERMEÁVEL

Por

Jonathas Fabrício de Souza
e
Leandro de Lara

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Concreto, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 04 de Outubro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof^o. Orientador – Roberto Levi Sprenger
UTFPR

Prof^o. Marcelo Queiroz Varisco
UTFPR

Prof^a. Vanessa Nahhas Scandelari
UTFPR

RESUMO

SOUZA, Jonathas Fabricio de.; LARA, Leandro de. **Análise comparativa e comportamental de substrato rígido para telhado verde com uso de concreto permeável**. 2011. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Concreto) – Curso Superior de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

O telhado verde é uma tecnologia sustentável que está no início de sua inserção no cenário brasileiro, com isso, surge à necessidade de alternativas para fabricação de seus componentes. Um desses componentes é o substrato rígido, que é parte essencial do telhado e também responsável pela absorção e escoamento da água da chuva. Verificando essa necessidade, no presente trabalho, foi fabricado o substrato rígido utilizando concreto com argila expandida. Como mecanismos de avaliação da viabilidade de utilização da peça fabricada no sistema do telhado verde foram mensuradas suas principais características físicas e comparadas com as outras tecnologias empregadas na fabricação do substrato rígido.

Palavras chave: Telhado verde. Substrato rígido. Argila expandida.

ABSTRACT

SOUZA, Jonathas Fabricio de.; LARA, Leandro de. **Comparative Analysis and Behavioral Rigid Substrate for Green Roof with The Use of Pervious Concrete.** 2011. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Concreto) – Curso Superior de Tecnologia em Concreto, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

The green roof is a sustainable technology that is at the beginning of its inclusion in Brazilian society, with that, comes the need for alternatives to the manufacture of its components. One such component is the rigid substrate, which is an essential part of the roof and also responsible for the absorption and drainage of rainwater. Noting this need, in this work, the rigid substrate was fabricated using concrete with expanded clay. As a mechanism for evaluating the viability of using the manufactured part in the green roof system were measured and its physical comparison with other technologies used to produce the substrate disk.

Keywords: Green roof. Rigid substrate. Expanded clay.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Componentes do telhado verde.....	12
Figura 2 – Substrato rígido fabricado em fibra da casca de coco.....	15
Figura 3 – Substrato rígido fabricado em plástico reciclado.....	16
Figura 4 – Concreto com E.V.A.....	17
Figura 5 – Moldagem e execução das fôrmas (a e b).....	19
Figura 6 – Moldagem da peça.....	20
Figura 7 – Peça após desmoldagem.....	21
Gráfico 1 – Resistência a compressão do concreto	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas do substrato fabricado em fibra de coco.....	16
Tabela 2 – Características físicas do substrato rígido fabricado em plástico reciclado.....	16
Tabela 3 – Características físicas do substrato rígido fabricado em concreto com E.V.A.	17
Tabela 4 – Características físicas do substrato rígido fabricado em concreto com argila expandida.....	20
Tabela 5 – Resultados dos ensaios à compressão dos corpos de provas.....	21
Tabela 6 – Comparativo das características das tecnologias utilizadas na fabricação do substrato rígido.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
CP II Z 32	Cimento Portland Composto com Pozolana – Classe 32
CP IV	Cimento Portland Pozolanico
DACOC	Departamento Acadêmico De Construção Civil
EVA	Ethylene Vinyl Acetate
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
MPa	Mega Pascal
USP	Universidade de São Paulo
kWh	Quilowatt-hora
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
kg	Quilograma
m ³	Metro cúbico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E JUSTIFICATIVAS	9
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 TELHADOS VERDES	12
2.2 SUBSTRATO RÍGIDO	13
2.3 PERMEABILIDADE	13
2.4 CONCRETO LEVE	13
2.5 CONCRETO PERMEÁVEL	14
2.6 AGREGADO LEVE	14
2.7 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DO SUBSTRATO RÍGIDO	15
2.7.1 Fibra da Casca do Coco	15
2.7.2 Plástico Reciclado	16
2.7.3 Concreto Com Adição de E.V.A.	17
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	18
3.1 DEFINIÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO A SER UTILIZADO NO EXPERIMENTO	18
3.2 DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DAS FÔRMAS	19
3.3 EXECUÇÃO DO CONCRETO E MOLDAGEM DA PEÇA	20
3.4 VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PEÇA	20
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	22
4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	22
4.2 COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PEÇA COM AS TECNOLOGIAS PARALELAS	23
4.2.1 Dimensões	24
4.2.2 Peso Saturado de Água	24
4.2.3 Absorção de Água	24
4.2.4 Custo de Venda por m ²	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
5.1 CONCLUSÕES	25
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXOS	28

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E JUSTIFICATIVAS

A substituição de coberturas tradicionais como as telhas cerâmicas ou de fibrocimento pela cobertura verde é ainda pouco difundida e conhecida no Brasil. Na Europa, entretanto, diversos países já possuem tecnologias desenvolvidas, conhecidas e aplicadas para telhados verdes. Estudos realizados na Universidade de Toronto, no Canadá, e da Universidade de Humboldt, em Berlim, na Alemanha, comprovam que os benefícios obtidos são não apenas estéticos, mas também de conforto termo acústico, qualidade de vida, economia de recursos financeiros e, principalmente, preservação ambiental. Segundo Heneine (2008), na Alemanha, cerca de 15% das residências e edifícios já possuem cobertura verde, caracterizando construções e urbanizações mais sustentáveis.

A utilização em larga escala dos telhados verdes poderá reduzir 1°C ou 2°C a temperatura nas grandes cidades, essa redução já é suficiente para impactar na qualidade de vida da população e das pessoas que habitam esses ambientes. A redução da temperatura da superfície das lajes após a instalação das coberturas diminui cerca de 15°C, o que influencia na sensação de conforto térmico dos ambientes. A diferença também é sentida no consumo de energia elétrica. Dependendo do tipo de telhado, capacidade de área, vegetação utilizada e do sombreamento, estima-se que, no andar de cobertura, a redução da carga térmica para o condicionador de ar seja de aproximadamente 240 kWh/m², proporcionado pela evapotranspiração (SPANGENBERG, 2009).

No Brasil, há um movimento ainda em fase inicial que aponta as tendências em relação às construções sustentáveis. A cidade de Curitiba também possui um Projeto de Lei que está em processo de aprovação na Câmara Municipal. Tal Projeto, chamado “IPTU Verde – Construções Ecológicas” prevê a redução no Imposto Predial e Territorial Urbano para as construções compostas por tecnologias verdes que caracterizam construções sustentáveis, promovendo estímulos à proteção, preservação e recuperação do meio ambiente (Revista CREA-PR, 2009).

O telhado verde é uma técnica que consiste na aplicação e uso de vegetação sobre a cobertura de edificações com impermeabilização e drenagem adequadas, que surgem como uma alternativa de cobertura capaz de proporcionar várias vantagens sobre as coberturas convencionais grandes centros urbanos (CASTRO; GOLDENFUM, 2008).

Diante do exposto, o tema foi escolhido com a finalidade de contribuir com uma tecnologia que alia o conceito de sustentabilidade à construção civil.

O que se busca neste trabalho, é a criação do substrato rígido, que é um dos componentes do telhado verde, utilizando concreto permeável, com argila expandida como agregado tendo-se uma tecnologia alternativa na fabricação do material.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade de fabricar em grande escala módulos em concreto permeável com argila expandida que atendam o objetivo de servir como substrato rígido para telhados verdes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Desenvolver um protótipo para o substrato rígido que atenda as necessidades do telhado verde. Levando em consideração características como:

- Absorção;
- Peso da peça;
- Durabilidade;
- Melhor relação custo x benefício no processo de fabricação.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos: o primeiro capítulo abrange a introdução do trabalho e a justificativa da pesquisa; no segundo capítulo está a revisão bibliográfica; no terceiro capítulo o programa experimental, ensaios e produção das peças; no quarto capítulo, estão os resultados obtidos através da análise dos ensaios; e o quinto capítulo conclui este estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TELHADOS VERDES

Historicamente os telhados verdes são conhecidos em várias regiões no mundo, assim como a eficiência do isolamento térmico da atuação conjunta de solo e vegetação, ajudando a reter calor no interior do edifício em climas frios e, em climas quentes, impedindo a sua penetração (PECK, 1999).

A composição das camadas de um Telhado Verde pode ter diferentes combinações apresentando geralmente à seguinte sequência (figura 1): 1) manta anti raízes; 2) membrana alveolar; 3) membrana filtrante; 4) substrato rígido; e, 5) vegetação e substrato. A água pluvial ao sobrevir em um Telhado Verde, ao contrário de simplesmente escoar em um telhado comum, será absorvida pela camada vegetal, diminuindo significativamente o coeficiente de escoamento de um telhado. Ao infiltrar no Telhado Verde, as camadas de vegetal e de substratos funcionam como uma camada filtrante, sendo que parte da água fica retida para consumo vegetal e parte para escoamento normal de um telhado podendo ainda ser utilizada. O telhado verde não funciona como uma estrutura independente, sendo necessária a execução de uma sub-base ou sub-telhado, como apoio para o mesmo. Este sub-telhado é nada mais do que o telhado convencional que pode ser de fibrocimento, telha metálica, laje de concreto impermeabilizada, telha cerâmica e/ou geomembrana de PEAD (SOUZA; SANTANA, 2009).



Figura 1 – Componentes do telhado verde
Fonte: Ecotelhado

2.2 SUBSTRATO RÍGIDO

O substrato rígido tem como funções proporcionar alta capacidade de drenagem devido à porosidade e ao mesmo tempo promover a retenção dos nutrientes e da umidade, além de proporcionar oxigenação às raízes, evitar a compactação das mesmas e promover uma boa fixação do sistema radicular, evitando a erosão em telhados inclinados.

2.3 PERMEABILIDADE

A principal função da água no concreto é de hidratar o cimento. Porém é o agente que dá plasticidade nas primeiras horas. Dependendo da quantidade de água empregada (fator água/cimento), do tempo de cura, das condições ambientais e da espessura de um elemento de concreto, quase toda água evaporável será perdida, deixando poros vazios ou não saturados. Assim, o concreto é um material que, por sua própria constituição, é necessariamente poroso, pois não é possível preencher a totalidade dos vazios do agregado com uma pasta de cimento.

A interconexão entre os vazios (ou poros) no concreto torna-o permeável à água (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.4 CONCRETO LEVE

O concreto leve é um material de construção com estrutura porosa que proporciona propriedades refratárias e de isolamento térmico, massas específicas entre 300 kg/m^3 a 2000 kg/m^3 e que pode ser obtido através da substituição de parte dos materiais sólidos do concreto convencional por ar.

Concretos leves isolantes ou de baixa massa específica: apresentam uma massa específica entre 300 kg/m^3 e 800 kg/m^3 e coeficientes de condutividade térmica bastante baixos, sendo usados para fins não estruturais, principalmente para

isolamento térmico. Os valores da resistência à compressão ficam em torno de 0,7 MPa a 7,0 MPa (MAYCÁ, CREMONINI; RECENA, 2008).

2.5 CONCRETO PERMEÁVEL

Concreto permeável é um tipo de concreto com alto índice de vazios interligados, preparado com pequena quantidade de agregado mi, o que permite a passagem desobstruída de grandes quantidades de água. No concreto permeável, quantidades controladas de água e cimento formam um espesso revestimento em torno das partículas agregadas. Assim, criam-se muitos vazios interligados, que deixam a peça altamente permeável. Normalmente consegue-se um índice de 15 a 25% de vazios. A alta porosidade reduz significativamente a resistência à compressão deste material em relação ao concreto comum. Em países como estados unidos é muito utilizado em pavimentação, para facilitar a drenagem das águas pluviais. É considerada também uma importante aplicação no conceito de construção sustentável (POLASTRE; SANTOS, 2006).

2.6 AGREGADO LEVE

São considerados agregados leves, os que possuem massa específica menor do que 1120 kg/m^3 . O seu peso leve se deve a microestrutura celular ou altamente porosa. Agregados leves naturais são produzidos através do beneficiamento de rochas ígneas vulcânicas como pumicita, escória ou tufo. Agregados leves sintéticos podem ser fabricados por tratamento térmico de uma variedade de materiais, por exemplo, folhelhos, ardósia, datomita, perlita, vermiculita, escória de alto-forno, cinza volante e argila expandida (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.7 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DO SUBSTRATO RÍGIDO

Abaixo, serão apresentadas algumas das tecnologias empregadas na fabricação do substrato rígido.

2.7.1 Fibra da Casca do Coco

Nesse sistema os módulos são construídos à base de fibra da casca do coco, obtida através do beneficiamento da mesma, entrelaçadas entre si elas formam uma peça de baixa massa específica e com alta porosidade. O que propicia elevada absorção de água. As peças são retangulares (0,4 x 0,5 x 0,05m), conforme tabela 1, e são divididas internamente em quatro cavidades nas quais são depositadas a vegetação com o substrato.



Figura 2 – Substrato rígido fabricado em fibra da casca de coco

Fonte: Instituto Cidade Jardim

Como principais vantagens da utilização fibra de coco na confecção do substrato rígido, pode-se citar: o aproveitamento de um resíduo sólido que seria descartado na natureza, o fato de ser um material orgânico proporcionando melhor indexação ao substrato e por ser uma tecnologia limpa não utiliza quantidade significativa de energia na sua fabricação.

Tabela 1 – Características físicas substrato fabricado em fibra de coco

Características	Dimensões	Peso saturado de água	Absorção de água
	0,4 x 0,5 x 0,05	80 kg/m ²	16 dm ³ /m ²

Fonte: Instituto Cidade Jardim .

2.7.2 Plástico Reciclado



Figura 3 – Substrato rígido fabricado em plástico reciclado

Fonte: Green Roof Outfitters

Desenvolvida utilizando plástico (PEAD) 100% reciclado, é uma peça retangular (figura 3) com pequenos alvéolos em seu interior, que têm a função de propiciar porosidade à peça. Também é uma das alternativas na fabricação do substrato rígido. Possui como vantagens: a característica de ser um material muito leve conforme tabela 2, baixa necessidade de manutenção, facilidade de manuseio e baixo custo.

Tabela 2 – Características físicas substrato rígido fabricado em plástico reciclado

Características	Dimensões	Peso saturado de água	Absorção de água
	0,4x0,5x0,09m	80 kg/m ²	16 dm ³ /m ²

Fonte: Instituto Cidade Jardim

2.7.3 Concreto Com Adição de E.V.A.



Figura 4 – Concreto com E.V.A.
Fonte: www.estadao.com.br

Substrato rígido confeccionado partir da reciclagem do Etileno-acetado de vinila (EVA) – resíduo comum das empresas calçadistas – misturada a cimento CP-IV e a um substrato orgânico oriundo de resíduos industriais misturados com *nylon* de pneus reciclados. Origina um Módulo de paredes de cor acinzentada, formato retangular e textura irregular. É composta de módulos com dimensões de 0,68x0,35x0,08 conforme tabela 3 e possui 8 subdivisões, denominadas de vasos, onde é colocado o substrato e cultivadas as plantas.

Tabela 3 – Características físicas substrato rígido fabricado em concreto com E.V.A.

Características	Dimensões	Peso saturado de água	Absorção de água
	0,68x0,35x0,07m	60 kg/m ²	16 dm ³ /m ²

Fonte: Fabricante.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Buscando uma maneira eficaz de avaliar a viabilidade de fabricação do substrato rígido com argila expandida para telhado verde, as rotinas de trabalho foram divididas nas quatro etapas a seguir apresentadas.

3.1 DEFINIÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO A SER UTILIZADO NO EXPERIMENTO

O traço, em volume, pré-determinado para ser utilizado no experimento foi 1:0,5:3:0,5 (cimento, areia, argila expandida e fator água cimento) o tipo de cimento utilizado CII Z 32 e a dimensão máxima da argila utilizada foi 25mm, em razão de ensaios realizados em experimentos anteriores essa proporção ter apresentado melhores características de trabalhabilidade e absorção de água. Para verificar a durabilidade do concreto, foram moldados corpos de prova cilíndricos 10x20 cm (diâmetro x altura), capeados com neoprene por sua superfície apresentar irregularidades, para determinação da resistência à compressão sendo ensaiadas três amostras aos 3, 7 e 28 dias de idade.

Dentre os métodos de capeamento existentes, o capeamento com neoprene foi escolhido em razão das limitações físicas do C.P. referentes a sua alta permeabilidade.

3.2 DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DAS FÔRMAS

As fôrmas foram dimensionadas para que a peça ofereça melhor adequação ao sistema do telhado verde, e também que tenha maior viabilidade de custos para competir com as outras tecnologias empregadas na confecção do substrato rígido. O material utilizado na fabricação foi madeira e para fixação da forma foram utilizadas barras roscadas de metal e porcas 4mm de diâmetro.

Com o intuito de oferecer maior facilidade no momento de desmolde as cavidades internas da peça foram projetadas com uma pequena inclinação (figura 5).



(a)



(b)

Figura 5 – Moldagem e execução das fôrmas (a e b)
Fonte: Autoria própria.

3.3 EXECUÇÃO DO CONCRETO E MOLDAGEM DA PEÇA

Por fornecer os subsídios necessários para realização do experimento, essa etapa do projeto foi feita numa oficina fora da UTFPR. A peça foi moldada e colocada no estado de cura por 7 dias para posteriormente ser desmoldada.



Figura 6 – Moldagem da peça
Fonte: Autoria própria.

3.4 VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PEÇA

Com a intenção de obter parâmetros de comparação com outras tecnologias empregadas na confecção do substrato rígido, após ser desmoldada a peça, passou pelas seguintes grandezas as quais foram: absorção de água, peso por metro quadrado, custo de fabricação. Para posteriormente comparadas com gráficos e tabelas das demais tecnologias, possibilitando verificação da existência da viabilidade de fabricação da peça e o seu uso no mercado.

Tabela 4 – Características físicas substrato rígido fabricado em concreto com argila expandida

Características	Dimensões	Peso saturado de água	Absorção de água
	0,6x0,3x0,08m	40 kg/m ²	16 dm ³ /m ²

Fonte: Autoria própria.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS



Figura 7 – Peça após desmoldagem
Fonte: Autoria própria.

4.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Nos ensaios de resistência à compressão foram obtidos os seguintes valores:

Tabela 5 – Resultados dos ensaios à compressão dos corpos de provas

	CP1	CP2	CP3	MÉDIA
7 dias	0,98	0,99	0,63	0,87
14 dias	1,28	1,01	1,44	1,24
28 dias	1,16	1,25	0,35	1,25

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados obtidos, conforme gráfico 1, ratificou-se que é possível a utilização de concreto com argila expandida para execução do substrato

rígido. Diferentemente de outras situações, como concreto para fins estruturais, em que esses valores seriam considerados baixos para resistência a compressão.

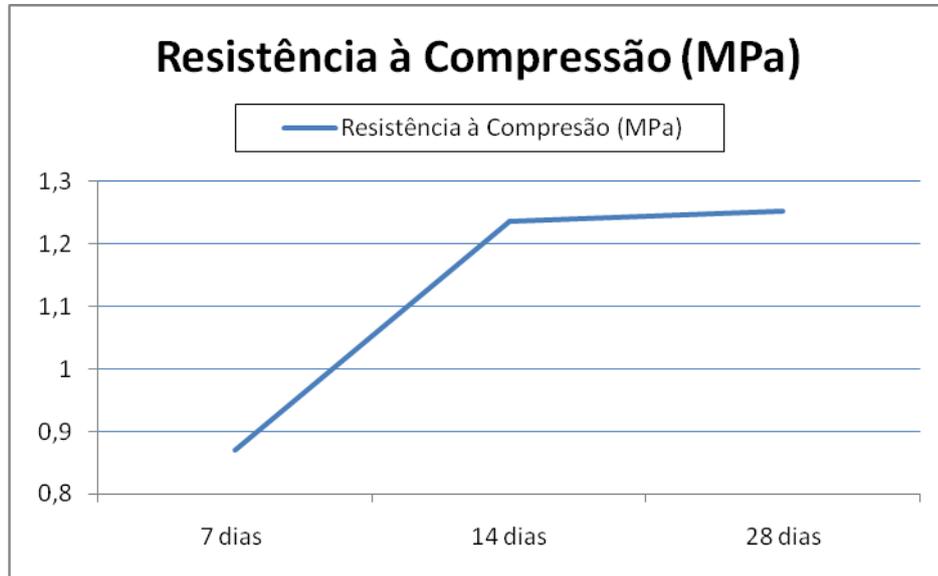


Gráfico 1 – Resistência a compressão do concreto
Fonte: Autor

4.2 COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PEÇA COM AS TECNOLOGIAS PARALELAS

Tabela 6 – Comparativo das características das tecnologias utilizadas na fabricação do substrato rígido

Comparativo das características das tecnologias utilizadas	Dimensões (m)	Peso saturado de água (kg/m ²)	Absorção de água (dm ³ /m ²)	Custo de venda por m ² (R\$)
Concreto com adição de E.V.A	0,68x0,35x0,07	60	16	150,00
Plástico reciclado	0,4x0,5x0,08	80	16	60,00
Fibra de coco	0,4x0,5x0,05	80	16	100,00
Concreto com argila expandida	0,6x0,3x0,08	63,32	15,4	95,61

Fonte: Autoria própria.

4.2.1 Dimensões

As dimensões, para todas as tecnologias, não apresentaram variação significativa, em razão de que esses valores são os mais viáveis para execução do substrato rígido.

4.2.2 Peso Saturado de Água

De acordo com a tabela, observa-se o concreto com argila expandida e o concreto com adição de E.V.A apresentaram menores valores para o peso saturado de água.

4.2.3 Absorção de Água

Neste item verificou-se que para todas as tecnologias empregadas na confecção do substrato rígido, os valores referentes à absorção de água sofreram variações insignificantes.

4.2.4 Custo de Venda por m²

O substrato rígido de concreto com argila expandida obteve um valor competitivo em relação aos seus concorrentes. O valor de venda por m² foi maior apenas, que a peça fabricada com plástico reciclado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

O substrato rígido fabricado em concreto com argila expandida mostrou evidente potencialidade para o uso no telhado verde, em cada uma das grandezas mensuradas apresentou valores melhores que, pelo menos, dois de seus concorrentes.

Fator essencial no momento da escolha do produto a ser utilizado pelo cliente, o preço, com a utilização de fôrmas metálicas que podem ser reutilizadas aproximadamente mil vezes cairá significativamente elevando ainda mais a capacidade de competição do substrato rígido com argila expandida, com as outras tecnologias empregadas.

Com isso coloca-se à disposição do mercado da construção civil um produto que contribui ao conceito de sustentabilidade, que está substancialmente sendo inserido em todos os seguimentos do cenário nacional.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Verificação da viabilidade de utilização de concreto permeável para pavimentos;
- Análise de técnicas sustentáveis para construção civil;
- Técnicas de impermeabilização para superfícies que serão instaladas o telhado verde.

REFERÊNCIAS

- AECWEB. **Telhado vivo**. 2009. [S.l.]. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/tematico/Conteudo_Artigo_Detalhes.asp?idCanal=6&idMateria=816>. Acesso em: 22 out. 2010.
- BBS GREEN ROOFING. **Green roof system**. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.green-roofing.co.uk/index.php?module=system:3>>. Acesso em: 02 nov. 2010.
- CASTRO, A.; GOLDENFUM, J. **Uso de telhados verdes no controle qualitativo do escoamento superficial urbano**. 2008. (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) IPH/UFRGS, Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<http://www.ecotelhado.com.br/pt.asp?exibir=28>>. Acesso em: 06 set. 2010.
- ECOTELHADO®. **Sistema alveolar ecotelhado®**. Ficha Técnica. Disponível em: <<http://www.ecotelhado.com.br/arquivos/documento/Especificacao%20do%20Sistema%20Alveolar%20Ecotelhado.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2010.
- HENEINE, Maria Cristina Almeida de Souza. **Cobertura Verde**. 2008. 49 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Maria%20Cristina%20Almeida.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- MAYCÁ, Jeferson; CREMONINI, Ruy A.; RECENA, Fernando A.P. **Contribuição ao estudo da argila expandida nacional como alternativa de agregado graúdo para concretos leves estruturais**. 2008.
- MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 2008.
- POLASTRE, B.; SANTOS, L.D. **Concreto Permeável** Novembro de 2006 Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/Trabalhos_Finais_2006/Concreto_Permeavel.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2010.
- REVISTA TECHNÉ. <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-7.asp>. Acesso em 21 jan. 2011.

SPANGENBERG, Jörg. **Improvement of urban microclimate in tropical metropolis: a case study Maracanã**. Rio de Janeiro, 2009. Dissertação (Mestrado de Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, 2009.

Disponível em: <<http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/38p.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2011.

ANEXOS

CUSTO DE PRODUÇÃO

Tabela 1 – Custo dos insumos

MATERIAL	UNIDADE	CUSTO R\$	FORNECEDOR
AREIA	m ³	45,00	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO MILANI 41 32176000
ARGILA EXPANDIDA	m ³	300,00	QUALITAT DISTRIBUIDOR 4136213595
ARRUELAS E PORCAS	UNIDADE	0,25	OFICINAS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 41 32662442
BARRA ROSCADA	m	2,35	OFICINAS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 41 32662442
CIMENTO CP2-Z 32	SACO 50 kg	18,50	BALAROTI MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 41 30279000
COMPENSADO COLA FENOLICA	UNIDADE 1,10x2,20m	27,00	BALAROTI MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 41 30279000

Tabela 2 – Custo de fabricação da forma

	QUANTIDADE UTILIZADA	CUSTO (R\$)
COMPENSADO	0,42m ²	4,69
BARRA ROSCADA	32 cm	0,75
ARRUELAS E PORCAS	6 un.	1,50
PREGO	0,08kg	0,34
COEFICIENTE DE REAPROVEITAMENTO	10 vezes ou mais	
Total		0.73

Tabela 3 – Custo de execução do concreto

	QUANTIDADE UTILIZADA (dm ³)	CUSTO (R\$)
CIMENTO	2,12	1,12
AREIA	1,06	0,04
ARGILA EXPANDIDA	6,36	1,91
TOTAL		3,07

Tabela 4 – Composição preço de venda por peça

	Custo R\$
Forma	0,73
Materiais	3,07
Mão de obra e encargos sociais	9,44
B.D.I. 30%	3,97
Preço de venda	17,21