

## NOVO MODELO DE ALVENARIA VISANDO O RESFRIAMENTO DO AMBIENTE INTERNO

### BRICKWORK'S NEW MODEL AIMING THE COOLING OF THE INTERNAL ENVIRONMENT

**MARIANNE SILVA GUIMARÃES**

Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás  
marianne\_silva13@hotmail.com

**LÍDIA ALLA SILVA**

Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás  
lidiaallasilva@gmail.com

**PATRÍCIA SARDINHA DIAS**

Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás  
patricia.sdias3@gmail.com

**RAPHAELA CHRISTINA COSTA GOMES**

Doutora e Docente da UEG – CCET, Curso de Engenharia Civil, Anápolis - GO  
raphachris@gmail.com

**Resumo:** Em grande parte das edificações percebe-se certa insatisfação quanto à falta de conforto térmico, necessitando de alguma forma de arrefecimento do ambiente interno. Desta forma, este trabalho se propõe a aplicar a ideia do Pot-in-Pot nas paredes externas das edificações. Pot-in-Pot é um projeto criado pelo nigeriano Mohammed Bah Abba para ajudar as famílias mais carentes a conservar seus alimentos. A ideia é também conhecida como uma geladeira que não faz uso de eletricidade. Consiste em colocar um vaso de barro dentro de outro e areia entre eles. Os alimentos são colocados no vaso interior. Os passos seguintes são manter a areia molhada e cobrir o vaso interno com um tecido molhado, e assim conserva-se o interior resfriado. O mecanismo é bastante simples, quando a água contida na areia evapora, ela leva consigo o calor que estava na areia e no interior do sistema. A invenção do nigeriano é aplicável à construção uma vez que resfria o ambiente interno, assim como se deseja nas edificações. Desta forma, este trabalho consiste em aplicar o trabalho de Mohammed às paredes externas de uma edificação buscando melhor adaptar o mecanismo para a nova realidade em que está sendo inserido. Os resultados indicam que a aplicação deste sistema, feitas as adaptações necessárias, implicam em provável melhora na temperatura interna do ambiente, já que nos modelos reduzidos houve uma melhora de aproximadamente 3.8 °C.

**Palavras-chave:** Temperatura. Conforto Térmico. Arrefecimento ambiental. Bioconstrução.

**Abstract:** In most of the buildings there is a certain dissatisfaction with the lack of thermal comfort, making necessary adopting a kind of cooling of the internal environment. Thus, this work intends to apply the Pot-in-Pot idea to the external walls of the buildings. Pot-in-Pot is a project created by the Nigerian Mohammed Bah Abba to help the neediest families to conserve their food. The idea is also known as a refrigerator that does not use electricity. It consists of putting a clay pot inside another and sand between them. Food is placed in the inner pot. The next steps are to keep the sand wet and to cover the inner vessel with a wet cloth, and thus keep the interior cooled. The mechanism is quite simple, when the water contained in the sand evaporates, it carries with it the heat that was in the sand and inside the system. The Nigerian's invention is applicable to construction since it cools the indoor environment, just as one wishes in buildings. In this way, this work consists of applying Mohammed's work to the exterior walls of a building, seeking to better adapt the mechanism to the new reality in which it is being inserted. The results indicate that the application of this system, made the necessary

adaptations, imply a probable improvement in the internal temperature of the environment, considering that the models showed an improvement of approximately 3.8 °C.

**Keywords:** Temperature. Thermal comfort. Environment cooling. Bioconstruction.

## Introdução

Os níveis de satisfação que estão envolvidos em uma habitação vão desde os aspectos de segurança, estabilidade e durabilidade, até os aspectos de conforto, tais como térmico, luminoso, acústico e ergonômico, sendo o conforto térmico responsável por uma grande parcela do conforto ambiental seja nas residências, escolas ou comércio (NOGUEIRA et al., 2006). De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), as Normas de desempenho das habitações são estabelecidas buscando atender aos requisitos dos usuários, que se referem a sistemas que compõem edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

Segundo Neto et al, a inércia térmica tem origem na capacidade, que os materiais possuem, de armazenar calor. Na construção civil conceito de inércia térmica está diretamente ligado à capacidade do edifício de reduzir o calor transferido em suas maiores temperaturas e liberá-lo posteriormente. A otimização desta técnica proporciona aumento do conforto térmico no interior da construção.

O desempenho térmico de uma edificação está diretamente ligado às características climáticas, às quais está submetido. É importante ressaltar que o clima varia de região para região de acordo com as características geográficas locais do clima e da geografia local é essencial no auxílio para todo profissional executar um bom projeto arquitetônico, utilizando-se dos recursos naturais, que atendam às exigências de conforto do usuário (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2003).

Na busca pelo conforto térmico surgiu uma nova estratégia construtiva baseada na invenção de Mohammed Bah Abba, o chamado pot-in-pot. A invenção desse nigeriano consiste em colocar um vaso de barro dentro de outro maior e preencher o espaço entre eles com areia e molhá-la periodicamente, favorecendo o resfriamento evaporativo. Os alimentos são colocados no pote interno e durante o uso, mantidos cobertos por um tecido úmido. A água contida na areia evapora pela parede porosa do pote externo onde o ar mais seco de fora está circulando. O processo de evaporação causa naturalmente a queda de temperatura, resfriando o espaço do pote interno, preservando os alimentos. Esta invenção permitiu que muitas famílias que não tinham acesso à energia elétrica, conservassem seus alimentos (ELKHEIR, 2005).

Segundo Mendonça (2005), o resfriamento evaporativo utiliza a evaporação da água para diminuir a temperatura do ambiente. Para a água evaporar, ela deve absorver energia em forma de calor latente de evaporação, sem aumentar a sua temperatura. Esse processo evita que essa energia em forma de calor aumente a temperatura do ar ambiente e além disso faz com que haja um aumento na umidade do ar. A agitação da fonte de água pode ajudar a evaporação, assim como a incidência de vento também facilita o processo.

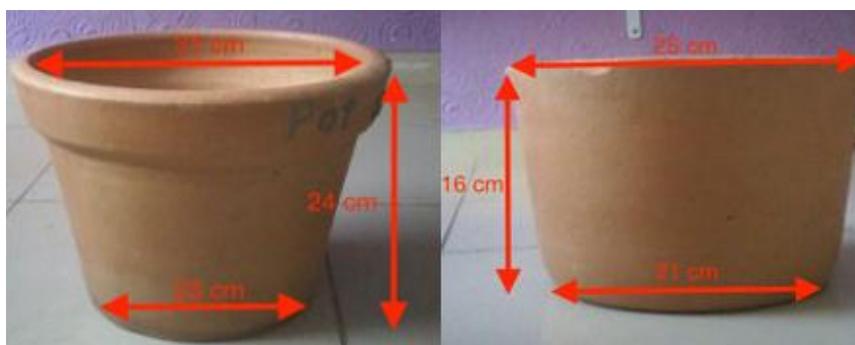
Todos os elementos de uma estrutura são responsáveis pelo conforto térmico da edificação, porém depois da cobertura, a parede é o principal elemento responsável pela absorção de calor existente no interior da edificação (FROTA; SCHIFFER, 1995). Desta forma, por meio deste projeto, estudou-se o comportamento térmico de paredes, pretendendo elaborar um modelo que atenda às exigências técnicas do modelo de alvenaria convencional e que seja capaz de resfriar o ambiente interno de uma edificação.

## Metodologia

O projeto foi executado na UEG - Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, de longitude  $48^{\circ} 42' 23''$  O e de latitude  $16^{\circ} 22' 44''$  S, com altitude média de 1.040 m.

A princípio realizou-se a coleta de dados no sistema pot in pot, semelhante ao projeto original do nigeriano Mohammed Bah Abba, para a determinação da capacidade de resfriamento da técnica (Figura 1).

Para montagem do sistema pot-in-pot, utilizou-se dois vasos de barro em formato de tronco de cone cujas dimensões de base, abertura superior e altura estão explícitas na Figura 1.



**Figura 1:** Dimensões dos vasos de barro utilizados no primeiro experimento realizado

**Fonte:** Autores, 2016

Para a preparação dos vasos para o experimento, preencheu-se os furos localizados na base inferior dos vasos com cola epóx conforme pode ser observado na Figura 2. Após a secagem da cola, adicionou-se cerca de 3L de areia no pote maior de modo que ao colocar o pote menor dentro dele abertura superior dos dois ficassem no mesmo plano. Após o nivelamento dos potes, preencheu-se o espaço lateral entre eles com a areia (Figura 3).



**Figura 2** - Preenchimento do fundo dos vasos com cola epóx  
**Fonte:** Autores, 2016



**Figura 3** - Adição de areia entre os potes  
**Fonte:** Autores, 2016

Após a montagem do sistema, iniciou-se o experimento com a adição de água na areia até sua saturação e o fechamento do sistema com um pano úmido conforme a Figura 4. Utilizando-se dois termômetros digitais (Figura 5) anotou-se a temperatura do ar do interior do recipiente e do ambiente do local entre 8:30 e 16:15.



**Figura 4** - Reprodução do experimento de Mohammed Bah Abba  
**Fonte:** Autores, 2016

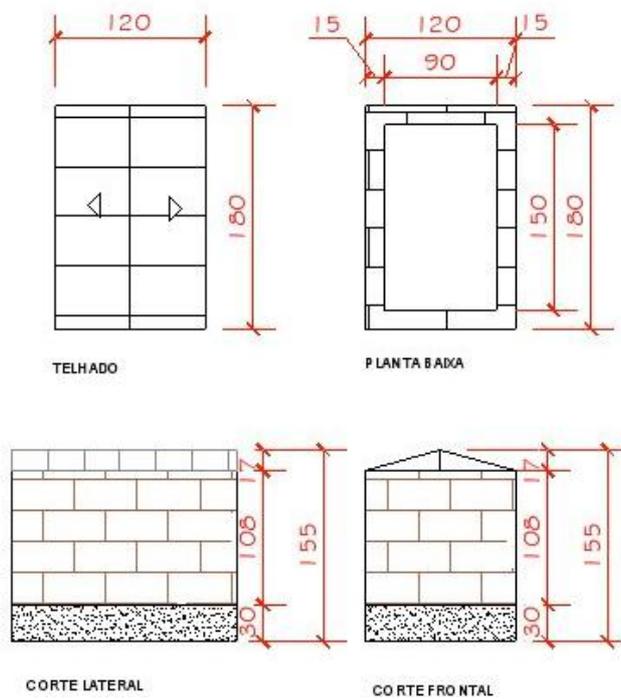


**Figura 5** - Reprodução do experimento de Mohammed Bah Abba  
**Fonte:** Autores, 2016

Posteriormente, construiu-se dois modelos reduzidos de casas nas dimensões de 1,20 x 1,80 x 1,00m (largura x comprimento x pé-direito), o primeiro com alvenaria de tijolo ecológico (M1) e o segundo com alvenaria de bloco cerâmico convencional (M2). Para que o primeiro modelo se tornasse uma aplicação da técnica pot in pot, preencheu-se os espaços formados no interior da alvenaria com argila expandida e molhou-se esse núcleo com 10L de água por dois horários em cada dia de realização do experimento, a saber às 9:00 e às 15:00.

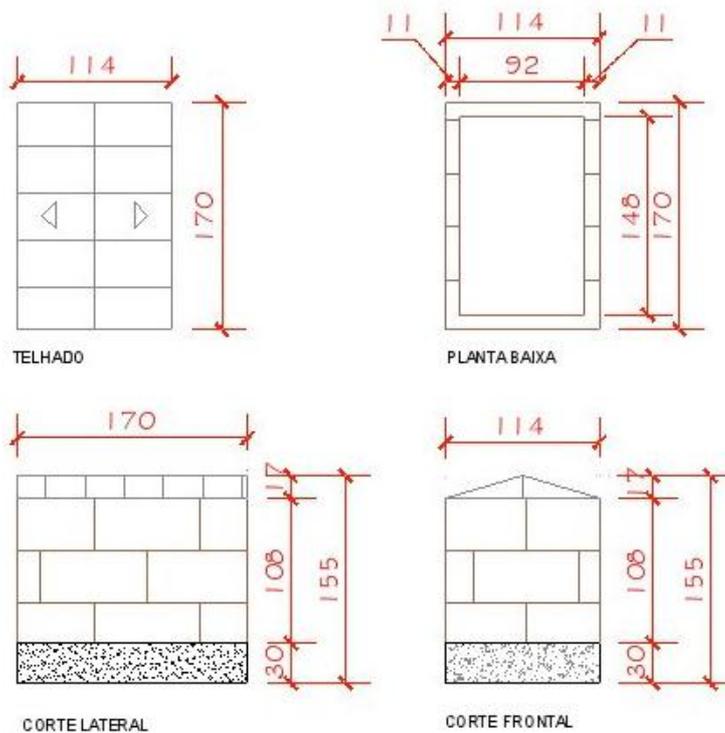
A Figura 6 mostra o projeto para a construção do modelo M1, em tijolo ecológico, enquanto a Figura 7 mostra o projeto para a construção do modelo de referência M2. A Figura 8 mostra a execução do modelo experimental.

### Sistema Pot in Pot



**Figura 6** - Projeto arquitetônico do modelo pot-in-pot M1 – Planta baixa e fachada  
**Fonte:** Autores, 2016

### BLOCO CERAMICO



**Figura 7** - Projeto arquitetônico do modelo de referência M2 – Planta baixa e fachada  
**Fonte:** Autores, 2016



**Figura 8** - Implantação do modelo pot-in-pot M1 utilizando alvenaria de tijolo ecológico  
**Fonte:** Autores, 2016

O modelo reduzido de referência M2 já se encontrava no local, no entanto realizou-se adaptações quanto aos fechamentos laterais no sentido norte-sul, que eram inexistentes. O modelo de referência utiliza alvenaria convencional com blocos cerâmicos de 8 furos.

Para avaliação da eficiência de arrefecimento do sistema de aplicação pot-in-pot (M1) em relação à alvenaria convencional (M2) coletou-se as temperaturas do ar ( $t_a$ , °C) dos ambientes internos e externos por meio de sensores/registradores como os da Figura 5 (precisão de  $\pm 3\%$ ) nos horários de 9 h, 11 h, 14 h, 15 h, 16 h e 18 h durante 2 semanas durante o mês de agosto de 2016, totalizando 10 dias de avaliação. Os modelos estão localizados em uma área experimental com ventilação livre, insolação direta, um ao lado do outro, distados a três metros, orientação leste-oeste (cumeeira do telhado) e cobertura de telha fibrocimento ondulada, 5 mm de espessura (figura 9).



**Figura 9** - Modelo convencional e novo modelo de alvenaria aplicando técnica de resfriamento. No novo modelo, observa-se aparelho de medição de temperatura interna e externa  
**Fonte:** Autores, 2016

Para as análises estatísticas utilizou-se o software livre SISVAR (FERREIRA, 2014).

## Resultados

Os dados do experimento de referência pot in pot (Figura 4) estão apresentados na Tabela 1. A partir desses pode-se observar as diferenças de temperatura ( $\Delta T$ ) entre dentro e fora do sistema pot in pot ao longo do dia. Pode-se observar também que a técnica é capaz de reduzir a temperatura em média 4 °C e até 5,6°C.

**Tabela 1** - Temperaturas observadas dentro e fora do sistema *pot-in-pot* em diferentes horários e a redução de temperatura pelo uso do sistema.

Horário	Termômetro n1		$\Delta T$ (°C)	Termômetro n2		$\Delta T$ (°C)
	Fora (°C)	Dentro (°C)		Fora (°C)	Dentro (°C)	
08:30	24,8	22,9	1,9	25	23,2	1,8
08:35	28,9	26,6	2,3	29,1	26,4	2,7
08:40	28,6	26,3	2,3	28,8	26,3	2,5
08:45	28,5	26,1	2,4	28,7	26,1	2,6
08:50	25,1	22,5	2,6	25,2	22,7	2,5
08:55	25,1	22,5	2,6	25,2	22,5	2,7
15:00	29,5	24	5,5	29,9	24,6	5,3
15:12	25,9	21,9	4,0	26,1	21,5	4,6
15:15	29,7	24,1	5,6	29,9	24,8	5,1
15:25	26,3	21,7	4,6	26,7	21,4	5,3
15:30	29,7	24,1	5,6	30	24,8	5,2
15:45	29,7	24,1	5,6	30	24,9	5,1
15:55	26,5	21,5	5,0	26,8	21,5	5,3
16:00	30	24,6	5,4	30,2	25,3	4,9
16:15	30,2	24,9	5,3	30,5	25,4	5,1

Fonte: Autores, 2016

Do experimento realizado nos modelos reduzidos, obteve-se os dados apresentados na Tabela 2 nos quais as diferenças de temperatura ( $\Delta T$  °C) foram calculadas comparando-se as temperaturas internas dos dois modelos (interna) e as temperaturas ambiente aferidas pelos termômetros de cada uma delas (externa).

Tabela 2 - Exemplo de dados coletados por dia para avaliação.

Data	Horário	M1		M2		$\Delta T$ (°C)	
		Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
31/08	09:00	29,1	24,1	29,1	25,2	0,0	1,1
	11:00	27,5	26,5	28,9	28,4	1,4	1,9
	14:00	31,2	28,5	31,2	33,3	0,0	4,8
	15:00	29,8	26,9	30,6	32,7	0,8	5,8
	16:00	29,8	27,0	30,5	32,3	0,7	5,3
	18:00	26,2	26,8	26,2	29,1	0,0	2,3

Fonte: Autores, 2016

De acordo com a análise estatística realizada, foi encontrada diferença significativa de temperaturas de acordo com as variações de horário dentro dos tratamentos. É possível observar pelo gráfico da Figura 10, que traz a média das temperaturas dos 10 dias de análises, uma redução de temperatura decerca de 3.8°C do modelo pot-in-pot quanto ao ambiente externo às 9h. Às 18h, observa-se a inércia térmica do modelo quanto as alterações de temperatura ao longo do dia, enquanto o modelo convencional ganha e perde calor de acordo com o ambiente externo.

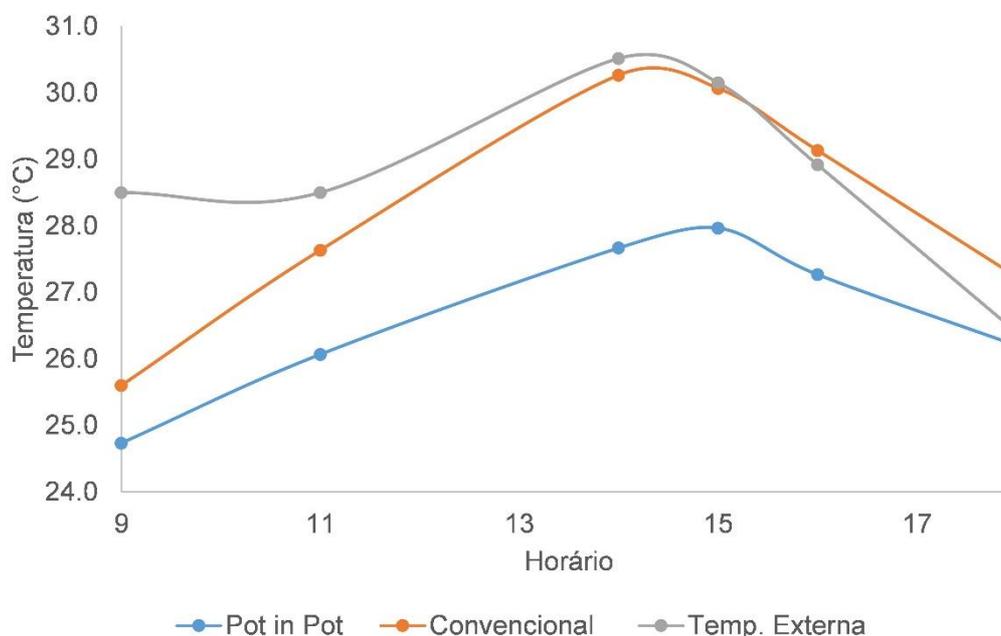


Figura 10 - Comportamento das Temperaturas (°C) em relação ao ambiente interno do sistema pot in pot, convencional e ambiente externo

Fonte: Autores, 2016

## Conclusões

O modelo pot-in-pot aplicado aos modelos reduzidos de habitação mostrou-se eficiente quanto a redução de temperatura ambiente em temperaturas na média de 3.8 °C. Foi possível identificar que a aplicação do método pode ser relevante na busca por amenização das temperaturas de ambientes internos. O modelo reduzido no qual foi aplicado o sistema de resfriamento apresentou temperaturas mais estáveis ao longo do dia que aquelas identificadas no ambiente externo e no modelo de referência. Estes fatores podem ser vistos como indicadores da eficiência do sistema.

Serão necessárias análises quanto a eficiência do sistema em diferentes estações do ano, nas quais há variações de temperatura externa e de condições de umidade do ambiente, verificando, principalmente, o comportamento do sistema no verão chuvoso. Além disso, deve ser analisada a durabilidade do sistema.

## Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575 – Desempenho de edificações habitacionais**. Partes de 1 – 5, v. 1-5, 2013.

ELKHEIR, M. The Zeer Pot – a Nigerian invention keep food fresh without electricity. **Science in Africa**. September, 2004.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FROTA, A.F.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995

MENDONÇA, P.J. F. A. U.; **Habitar sob uma segunda pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2005.

NOGUEIRA, M.C.J.A.; SANTOS, F.M.M.; NOGUEIRA, J.S.; SAMPAIO, M.M.A; MUSIS, C.R.; OLIVEIRA, A.S. Análise da eficiência térmica de duas habitações de padrão popular em Cuiabá-MT: uma contribuição para o meio ambiente. **UNICiências**, v.10, n.1, 2006.

NOGUEIRA, M.C.J.A.; NOGUEIRA, J.S. Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. **Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental**, 10, 2003.

NETO, Gilberto Strafacci e et al, **A influência da inércia térmica no desempenho térmico das edificações**, Blog da Engenharia. Disponível em: <<http://blogdaengenharia.com/influencia-da-inercia-termica-no-desempenho-termico-das-edificacoes/>> acesso em: 12 de Junho de 2017