



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

BIOMIMÉTICA E CONFORTO TÉRMICO: ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS E DE SUA APLICAÇÃO EM HABITAÇÕES SOCIAIS

Bárbara Dutra da Silva Luz⁽¹⁾; Edgard Batista de Sousa Lima⁽²⁾ ; Leandro Nunes Batista⁽³⁾; Thales Henrique Ferreira⁽⁴⁾

(1) Professora e orientadora; Instituto Tecnológico de Caratinga; Rede de Ensino Doctum; Rua João Pinheiro, 125 - Centro, Caratinga - MG; barbara.dutra@doctum.edu.br; (2) Estudante de Engenharia Civil; Instituto Tecnológico de Caratinga; Rede de Ensino Doctum; Rua João Pinheiro, 125 - Centro, Caratinga - MG; edgardbatistasl@gmail.com; (3) Estudante de Engenharia Civil; Instituto Tecnológico de Caratinga; Rede de Ensino Doctum; Rua João Pinheiro, 125 - Centro, Caratinga - MG; leandro.nb3@gmail.com; (4) Estudante de Engenharia Civil; Instituto Tecnológico de Caratinga; Rede de Ensino Doctum; Rua João Pinheiro, 125 - Centro, Caratinga - MG; thaleshf@gmail.com.

Eixo temático: Gerenciamento de Recursos Hídricos e Energéticos

RESUMO – A utilização de sistemas construtivos que proporcionam conforto térmico se apresenta como vantajoso a nível técnico, mercadológico e, principalmente, pelo seu comprometimento com o meio ambiente, ganhando assim cada vez mais espaço na indústria da construção civil. Assim, a biomimética que é a ciência que utiliza a natureza como uma fonte de inspiração para a solução de diversos problemas, pode ser aplicada à eficiência energética. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar os princípios biomiméticos passíveis de aplicação em casas populares a fim de aumentar a eficiência energética das casas. Metodologicamente, realizou-se um levantamento de tecnologias biomiméticas utilizadas no campo da eficiência energética em construções pelo mundo. Posteriormente, os princípios foram aplicados em maquetes de casas populares padrão. Os resultados desta pesquisa mostram que sem elevar significativamente o custo da construção é possível aumentar a eficiência energética do projeto e garantir o conforto térmico de seus usuários.

Palavras-chave: Biomimética. Conforto térmico. Construções sustentáveis.

ABSTRACT - The usage of building systems that provide thermal comfort is presented as advantageous in technical and commercial levels, especially for its commitment to the environment, thus gaining more space in the construction industry. Therefore, biomimetics, which is the science that uses nature as a source of inspiration for the solution of various problems, can be applied to energy efficiency. In this regard, this study aims to analyze the biomimetic principles that can be applied to affordable housing in order to reduce its energy consumption. Methodologically a survey of biomimetic technologies used in the field of energy efficiency in buildings around the world was done. Subsequently, the principles were applied to standard affordable housing models. The results of this research show that without significantly raising the construction cost it is possible to increase the energy efficiency of the project and ensure the thermal comfort of its users.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE**

de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 pocos.com.br

Key words: Biomimicry. Thermal comfort. Sustainable buildings.

Introdução

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2016), o consumo de energia elétrica na rede pelo setor residencial no Brasil, foi de 11.821 GWh em janeiro de 2016, o que representa 30,9% do consumo de energia elétrica nacional para o mesmo mês, o equivalente a 38.214 GWh.

Dessa energia consumida pelo setor residencial grande parte é utilizada no conforto dos usuários. O desperdício de energia e o aumento de custos operacionais, ocorre na maioria das vezes por não considerar, desde o projeto arquitetônico, sua construção e utilização final, os critérios de desempenho e de produção construtiva derivados da dimensão bioclimática em arquitetura, bem como materiais, equipamentos e tecnologia construtiva vinculados à eficiência energética (ASSIS et al, 2007).

Os novos desafios enfrentados pela indústria da construção civil, particularmente no setor de edificações, podem ser resumidos na necessidade de conjugar-se redução de custos com a elevação dos níveis de qualidade de processos e produtos. Na construção sustentável, os engenheiros civis e arquitetos podem usar tecnologias ecológicas nas obras para preservar o meio ambiente e poupar os recursos naturais (SILVA et al., 2011).

Neste sentido, a natureza pode ser utilizada como uma gigantesca fonte de inspiração para a solução de diversos problemas. Através da seleção natural e dos princípios evolutivos, testados e aprimorados ao longo de milhares de anos, como explicado por Darwin, a natureza encontra os meios mais eficientes de utilizar seus recursos e solucionar os problemas que permitem promover condições de perpetuação das espécies. É partir de tais soluções que a biomimética busca encontrar formas de responder a questões que afligem pesquisadores e engenheiros por todo o mundo. De forma sucinta, é possível compreender a biomimética como a interface entre a biologia, engenharia, ciência dos materiais e a química (TORGAL et al., 2015).

Os seres vivos, em conjunto, mantêm uma estabilidade dinâmica, continuamente manipulando recursos sem desperdícios. Depois de décadas de estudos, os ecologistas começaram a entender semelhanças escondidas entre alguns sistemas interligados. Nesses estudos, podemos observar alguns princípios de biomimetismo encontrados na natureza e que podemos adaptar à construção civil (BENYUS, 1997):

- A natureza trabalha à luz do sol;
- A natureza usa apenas a energia que necessita;
- A natureza adapta a forma à função;
- A natureza recicla tudo;
- A natureza vive em cooperação;
- A natureza se assenta na diversidade;



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE**

de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

- A natureza exige conhecimentos precisos;
- A natureza corta o desperdício desde a origem.
- A natureza toca o poder de limites.

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo fazer uma pesquisa exploratória acerca de tecnologias biomiméticas associadas à eficiência energética e analisar quais destas tecnologias são viáveis para aplicação em casas populares.

Material e Métodos

Inicialmente foram feitas pesquisas em bases de dados científicos sobre o tema conforto térmico e biomimética. Assim, este artigo apresenta-se como um estudo de caráter qualitativo, trazendo um referencial teórico sobre tecnologias baseadas na biomimética utilizadas para garantir conforto térmico. Além de apresentar uma maquete 3D de uma habitação de interesse social, com a inclusão de algumas tecnologias que poderiam ser mais facilmente aplicadas nesses tipos de casas. Ao final foram analisados os custos para aplicação das tecnologias biomiméticas em habitações de interesse social.

Resultados e Discussão

A utilização das condições externas a favor do conforto e da eficiência energética do edifício é uma das condições mais elementares para a sustentabilidade. Essa prática pode levar a soluções complexas, mas também a algumas ideias simples que apresentam uma grande eficiência (PAULA, 2008).

Nos anos 1990, o arquiteto Michael Pearce desenhou Eastgate Center, um centro comercial e prédio de escritórios, para garantir a eficiência energética foi utilizado um sistema de ventilação inspirado nos cupinzeiros. A partir do estudo de cupinzeiros locais, que necessitavam superar as altas temperaturas e manter estável a temperatura interna, a fim de cultivar o seu alimento que é um fungo, através do fechamento e abertura de canais para manter a temperatura em torno de 30°. Assim, o conjunto foi construído em 1996, pela Arup Engenharia, na cidade natal do arquiteto: Harare, no Zimbábue, África Central, pode-se observar esse biomimetismo através das aberturas laterais e das chaminés superiores, assim devido à diferença de densidade o ar frio que entra na parte inferior resfria o ambiente e direciona o ar quente às chaminés. A economia de energia elétrica é da ordem de 10% e isso reflete no preço dos alugueis em todo o prédio, em média 20% mais baixos do que os dos edifícios em seu entorno (JHON, 2012).

Também na capital do Zimbábue é conhecido um sistema de exaustão, este chamado Vawtex que possui o design semelhante ao de uma turbina que é capaz de captar a energia presente nos ventos e transmiti-la para um ventilador que tem a função de sugar o ar quente do ambiente interior para fora. O princípio deste funcionamento se assemelha ao encontrado nas sâmaras, um tipo de fruto encontrado em alguns gêneros das famílias das *Malpighiaceae*, *Sapindaceae* e algumas *Fabaceae*. Ambos redirecionam a energia presente no ambiente de modo a favorece-las, a semente possui uma hélice que capta a brisa de forma a leva-la o mais longe possível de sua árvore progenitora (PAULA, 2016).



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

O complexo cultural Esplanade localizado em Singapura também apresenta tecnologias biomiméticas para manter o conforto térmico. Por ser construído em um local com grande beleza natural a equipe de construtores teve o interesse de manter o contato com a paisagem, no entanto, se as paredes fossem compostas somente por vidro, haveria um enorme ganho de calor devido ao clima do País. Assim, a alternativa foi inserir no exterior painéis de alumínio no formato triangular. O intervalo entre os elementos proporciona espaços por onde o ar pode circular e por onde é possível se observar o exterior do prédio. O animal biomimetizado foi o urso polar, que em certos momentos mantém seus pelos eriçados, criando espaços entre os mesmos, que ao se encher de ar funciona como um cobertor (PAULA, 2016).

Inspirado pela capacidade de algumas plantas de manterem suas folhas sempre limpas e secas, estudos revelaram que isso se deve à característica super-hidrofóbica (que conforme indica a literatura é determinada quando o ângulo de contato da água encontra-se superior a 150°) da superfície que permite que às gotas de água rolem facilmente levando a sujeira e deixando a superfície limpa. Como melhor exemplo de superfície autolimpante está a folha da flor de lótus, e por esta razão este processo é conhecido como Efeito Lótus. O que só ocorre pela ação de dois fatores conjuntos: a hidrorepelência, relativo à composição química do material, que deve apresentar baixa energia superficial; e a características antiaderentes, que aumentam o deslizamento das gotas e que são obtidas aumentando a área de contato, através do aumento da rugosidade. A ênfase deste projeto está na reprodução deste efeito, que permite diversificada aplicação, indo de tintas que mantêm as fachadas limpas, revestimentos que diminuem o arraste hidrodinâmico nas embarcações, além do forte aspecto ambiental já que materiais autolimpantes reduzem o número de ciclos de lavagem e dispensam o uso de agentes de limpeza agressivos (SOUSA et al, 2007). No Brasil há empresas que vendem tintas com características autolimpantes e térmicas, que ajudam a manter a temperatura no interior da casa cerca de 30% mais baixa se comparada com as pinturas convencionais (ECCOLUST, 2016).

Inserção das tecnologias em habitações de interesse social

O Brasil apresenta um déficit habitacional de cerca de 6,723 milhões de habitações, sendo notável em metrópoles por todo país. Para diminuir o déficit, o governo federal criou o programa “Minha Casa, Minha Vida” em 2009 no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Por serem habitações de interesse social, os custos de construção das mesmas devem atingir preços de vendas acessíveis aos consumidores potenciais.

Para inserção das tecnologias biomiméticas foi utilizado o projeto padrão para casas populares da Caixa Econômica Federal (2006), que possui $37m^2$ de área. Após análise das tecnologias biomiméticas utilizadas para auxiliar no conforto térmico, constatou-se que a inserção de chaminé solar e a pintura exterior na cor branca com tintas térmicas autolimpantes são tecnologias mais práticas para serem adotadas. A utilização da tinta térmica além de ajudar a diminuir a temperatura no interior do imóvel ainda promove um menor gasto com manutenções posteriores,



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE**

de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

devido à sua propriedade autolimpante. Pode-se observar as tecnologias inseridas na figura 1.



Figura 1 - Representação em 3D da aplicação do conceito de chaminé solar.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O estreitamento da parte superior promove a liberação mais rápida do ar quente para área externa. No entanto, as chaminés solares diferem-se dos cupinzeiros ao adicionarem um vidro que aquece o ar da parte superior, provocando sua saída de forma ainda mais rápida. Além disso, ao sair, o ar quente no topo da estrutura consegue “sugar” o ar presente no interior da edificação através do fluxo de ar por convecção livre (NEVES 2012). Como há a necessidade de manter a segurança dos moradores da casa, sugere-se a substituição do vidro por chapas de policarbonato compacto, que possui a característica de transparência óptica de 90% e grande resistência a impactos.

Já as telhas de argila utilizadas na cobertura da estrutura promovem uma garantia adicional da manutenção de uma temperatura agradável no interior da edificação. Novamente, de forma análoga ao que ocorre nos cupinzeiros que, além de utilizarem entradas e saídas estratégicas de ar, utilizam a umidade nas suas paredes de lama e o princípio de resfriamento evaporativo para a manutenção da temperatura interna. Tal princípio baseia-se na ideia de que, ao evaporar, a umidade será capaz de retirar parte do calor presente nas telhas, ou no caso dos cupinzeiros, em suas paredes de lama (UNICAMP, 2012).

Macias e colaboradores (2009) analisaram um sistema de resfriamento passivo aplicado em um conjunto residência de baixo custo na cidade de Madrid, na Espanha, que utiliza uma chaminé solar e uma etapa de pré-resfriamento do ar ao passar pelo subsolo da construção, que geralmente está a uma temperatura mais baixa que a temperatura externa no verão. O mesmo sistema é utilizado no inverso, sendo útil para a renovação do ar nos apartamentos, concluindo que o sistema é eficaz, podendo economizar até 50% de energia ao longo de um ano, se combinadas as técnicas para o verão e para o inverno.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

Quanto ao uso de pintura branca, a mesma promove significativamente a reflexão da radiação solar e, com isto, acarreta um menor fluxo térmico e melhorando as condições de conforto térmico (SEVEGNANI et al, 1994). Guimarães e colaboradores (2002) analisaram a variação superficial de temperatura durante uma semana, em oito diferentes tipos de materiais mais utilizados em fachadas. Foi observado grandes variações das temperaturas superficiais, sendo que no bloco cerâmico revestido de argamassa com pintura de cor preta e na orientação Norte, a de maior insolação, notou-se variação de temperatura muito alta, alcançando valores de até 35% maiores do que a ambiente, enquanto os materiais de cores claras, na mesma orientação, atingiram valores em média 8% superiores aos da temperatura ambiente.

Empresas atuantes no Brasil trabalham com tintas térmicas autolimpantes e garantem a eficiência de 30% de redução da temperatura interna dos ambientes, devido a presença de microesferas de vidro em sua composição que são capazes de refletir até 96% dos raios UV incidentes sobre a parede e ao mesmo tempo proporciona baixa condução de calor e grande troca de calor por convecção, promovendo isolamento térmico (ECCOLUST, 2016).

Custo de aplicação da solução baseada em biomimética

O cálculo de custo de aplicação das tecnologias é de grande importância para garantir a viabilidade de aplicação das mesmas. Para cálculo dos custos de implantação das soluções baseadas na biomimética, os valores de referência para o cálculo foram pesquisados em lojas especializadas online.

O valor acrescido com materiais para a implementação da chaminé solar de 3,00 m² é de R\$ 563,00, visto que as casas populares unitárias já são construídas com telhas coloniais, o material que deverá ser acrescentado ao telhado é a placa de policarbonato compacto de 3,00 m² que custa no mercado cerca de R\$563,00 (DWGA, 2016).

Quanto a pintura da área exterior da casa, serão necessários cobrir uma área de 75,21 m², o valor da tinta térmica autolimpante para cobrir esta área é de R\$ 475,25 (ECCOLUST, 2016).

Os gastos para implantação das tecnologias biomiméticas é de cerca de R\$ 1.038,25, neste cálculo foram considerados somente os gastos com materiais, sem a mão-de-obra. Segundo SINAP (2016), o custo para construção de uma casa popular no Estado de Minas Gerais é de R\$ 45.303,91, assim, o acréscimo de valor da casa é de cerca de 2%.

Conclusões

A biomimética surge como uma opção para a geração de ideias e soluções para os desafios encontrados na implementação de projetos energeticamente eficientes e sustentáveis. Conclui-se que é grande importância que o projetista analise opções construtivas diferentes do convencional a fim de melhorar o conforto das habitações populares, pois, como mostrado neste estudo é possível melhorar o conforto térmico sem elevar significativamente o custo da obra.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.meioambiente.pocos.com.br

Agradecimento(s)

Os autores agradecem a Rede de Ensino Doctum pela oportunidade de expandir seus conhecimentos através da participação no Grupo de Leitura supervisionado.

Referências

ASSIS, E. S.; PEREIRA, E. M. D.; SOUSA, R. V. G.; DINIZ, A. S. A. C. Habitação social e eficiência energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2., 2007, Vitória. Anais... 2007.

BENYUS, J. M. Biomimética – Inovação inspirada pela natureza. São Paulo: Cultrix, 1997. 303 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Projeto padrão – casas populares. Cadernos Caixa. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

DWGA. Soluções em plástico – Chapa de policarbonato. Online. Disponível em: <<https://www.dwga.com.br/policarbonato/chapas-compactas/1/1/61?ordem=menorpreco>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ECCOLUST. Manual técnico eccoColor® - Tinta Térmica Autolimpante. Online. Disponível em: <http://www.eccolust.com.br/lojavirtual/eccoColor/Manual_Tecnico_eccoColor.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resenha: Mensal do mercado de Energia Elétrica. Ano IX, nº 101, fevereiro de 2016. Online. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Resenha%20Mensal%2020Janeiro%202016_vf.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2016.

GUIMARÃES, L. E.; PEREIRA, C. H. A. F.; OLIVEIRA, K. R. B.; CARASEK, H. Acompanhamento das variações das temperaturas superficiais dos principais materiais utilizados em fachadas. Encontro sobre pesquisa de materiais de construção. In: Encontro sobre pesquisa de materiais de construção 2002, 2. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://www.padrao.eng.br/padrao/downloads/2002-II_EPMAC-variacoes_de_temperaturas_em_fachadas.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

JHON, L. Ventilação à moda cupinzeiro - 2012. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/biodiversa/ventilacao-a-moda-cupinzeiro/>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

MACIAS, M.; GAONA, J. A.; LUXAN, J. M.; GOMEZ, G. Low cost passive cooling system for social housing in dry hot climate, v. 41, n. 09, p. 915-921, 2009.

NEVES, L. de O. Chaminé solar como elemento indutor de ventilação natural em edificações. 2012. 270 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016 www.pocos.com.br

SEVEGNANI, K. B.; GHUELFILHO, H.; SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 01, p. 01-07, 1994.

SILVA, A. C. B.; ASSIS, B. S.; SILVA, E. G.; DARC, K. K.; FARIA, K. A. F.; NETO, O. O.; LAGE, S. O. M.; LIMA, M. C. P. B. *Século XXI Cupinzeiro: Estrutura e Construção Sustentável. E-xacta – Edição Especial Interdisciplinaridade*, v. 04, n. 02, p. 75-65, Belo Horizonte, 2011.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Online. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/const/>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

TORGAL, F. P.; LABRINCHA, J. A.; DIAMANTI, M. V.; YU, C. P.; LEE, H. K. *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*. Nova York: Springer International Publishing, 2015. 414 p.

SOUSA, J. S. T.; SHIGUEAKI, A.; BERGMANN, C. P. Efeito lótus: obtendo super-hidrofobicidade através da construção de uma morfologia de micro e nanoestruturas. In: *Salão de Iniciação Científica*, 19., 2007, Porto Alegre – UFRGS. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/58085/Resumo_200701722.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 fev. 2016.

PAULA, F. L. Análise de aplicabilidade de princípios da biomimética ao projeto arquitetônico. Disponível em: <<https://issuu.com/flp87/docs/043402rf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

PROCEL. Dicas de Economia de Energia. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>>. Acesso em: 10 fev. 2016.