



XVI CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR
São Paulo Expo - 10 a 13 de setembro de 2019

PASSIVHAUS: TECNOLOGIA ALEMÃ DE EDIFÍCIOS EFICIENTES SOB A PERSPECTIVA DO CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DE BAIXO CONSUMO DE ENERGIA

Gabriele Raquel de Sousa dos Santos;

RESUMO

Haja vista a busca por desenvolvimento tecnológico bem como a eminência de assuntos de cunho sustentável, espera-se que os países promovam um desenvolvimento sustentável. Esse trabalho traz um exemplo de tecnologia do ramo HVAC oriunda de um dos países mais industrializados e sustentáveis do mundo, a Alemanha, chamado de "Passivhaus" ou "casa passiva", uma rigorosa norma voluntária para a eficiência energética em edifícios, ao passo que reduz sua pegada ecológica, resultando em edifícios que exigem pouco consumo de energia para aquecimento ou resfriamento dos seus ambientes. Este trabalho traz também um estudo de caso numa cidade brasileira, Rio de Janeiro, como exemplo de análise da aplicação da casa passiva em locais de climas quentes.

Palavras-chave: HVAC; Passivhaus; Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

Due to the search for technological development as well as the eminence of activities of a sustainable nature, they aim to promote sustainable development. This paper is an example of teaching technology for the preservation of the quality of life of one of the world's most industrialized and sustainable countries, Germany, called as "Passivhaus" or "passive house", an international standard for energy step that reduces its ecological footprint, forming projects that active little energy for heating or cooling of their environments. This paper also brings an example of analysis of the passive technology at Rio de Janeiro, as a place of hot climate.

Keywords: HVAC; Passivhaus; SustainableDevelopment.

INTRODUÇÃO

A partir de uma visita de campo na Europa e, através dos olhos de uma estudante de refrigeração e climatização no período, observou-se aspectos sustentáveis em diversos âmbitos em Vauban, um bairro que é exemplo de comunidade ecológica na Alemanha, um dos países mais industrializados do mundo, e que vem apresentando marcos históricos no tema do desenvolvimento aliado à sustentabilidade, como as suas residências que funcionam como micro usinas de energia elétrica, pois produzem tanta energia que chegam a subsidiar o excedente à rede pública; do mesmo modo funcionam os sistemas de cisternas com captação de água da chuva, utilizada para a irrigação, vaso sanitário e limpeza das casas; à reciclagem, uma vez que os seus resíduos são reciclados e descartados separadamente em coletores que são espalhados pela cidade; o esgoto que é coletado por um sistema de tubulação a vácuo que é encaminhado para uma unidade de produção de biogás que fermenta os esgotos e o lixo orgânico doméstico por via anaeróbia, gerando o biogás que é usado nas cozinhas; dentre outros.

A casa passiva, por sua vez, é uma tendência no bairro que é considerado o mais sustentável do mundo. O termo em alemão, Passivhaus, refere-se a uma rigorosa norma voluntária para a eficiência energética em um edifício, reduzindo a sua pegada ecológica e, conseqüentemente, resultando em edifícios de energia muito baixa, que exigem pouco consumo de energia para aquecimento ou arrefecimento de espaços.

Já a pegada ecológica é uma expressão traduzida do inglês ecological foot print e refere-se, à quantidade de terra e água (medida em h [hectares]) que seria necessária para sustentar as gerações atuais, tendo em conta todos os recursos materiais e energéticos, gastos por uma determinada população. A pegada ecológica é atualmente usada ao redor do mundo como um indicador de sustentabilidade ambiental. Pode ser usado para medir e gerenciar o uso de recursos através da economia. É comumente usado para explorar a sustentabilidade do estilo de vida de indivíduos, produtos e serviços, organizações, setores industriais, vizinhanças, cidades, regiões e nações. A pegada ecológica de uma população tecnologicamente avançada é, em geral, maior do que a de uma população subdesenvolvida.

Esta produção textual tem o objetivo de difundir conhecimento sobre a tecnologia passiva a partir de um exemplo verificado no bairro de Vauban, na Alemanha, sob a perspectiva do conforto térmico com baixo consumo de energia. Como a Alemanha é um país conhecido por invernos rigorosos, embora o verão seja quente, esta produção textual traz um exemplo de estudo de caso num estado brasileiro, Rio de Janeiro, para ilustrar o funcionamento da casa passiva em locais de climas quentes. A visita em Vauban foi acompanhada por uma guia e moradora local, Astrid Mayer, que guiou todos os bolsistas do programa de intercâmbio e prestou

informações sobre o bairro, o país, e as medidas sustentáveis, assim como suas respectivas consequências para os alemães e para o mundo.

CASA PASSIVA: CONFORTO TÉRMICO, BIOCLIMATISMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Figura 1 – Duto de Ventilação



Fonte: Gabriele Raquel, 2017

As casas passivas em Vauban seguem um padrão visual interessante, todas as residências são cobertas por camada vegetal, caracterizadas pela integração da arquitetura com a natureza, para atingir conforto térmico de modo mais ecológico, chamado de "bioclimatismo". Este conceito surgiu na década de 70, e é um elemento extremamente importante para a fomentação da eficiência ambiental de um edifício, uma vez que engloba aspectos físico-biológico, potencial climático e ambiente local, consumo de energia, identidade arquitetônica regional, equilíbrio urbano-arquitetônico, dentre outros. A projeção arquitetônica das construções integra clima com o edifício em si, para propiciar conforto térmico, preferencialmente sem o uso de equipamentos mecânicos. Segundo informações prestadas pela guia, Astrid Mayer, há uma logística relacionada aos ângulos de irradiação solar. As varandas impedem a entrada direta de calor nas estações quentes; já em períodos frios, as janelas grandes permitem a passagem de iluminação natural sem prejudicar o conforto térmico da climatização.

A definição de Passivhaus é impulsionada pela qualidade do ar e conforto: "A Passivhaus é um edifício em que o conforto térmico pode ser alcançado apenas pelo pós-aquecimento ou pós-resfriamento do fluxo de ar

fresco necessário para uma boa qualidade do ar interior, sem a necessidade de recirculação adicional de ar". - Instituto Passivhaus (PHI)

As perdas de calor do edifício são reduzidas de tal forma que dificilmente precisa de aquecimento algum. Fontes de calor passivo, como o sol, ocupantes humanos, eletrodomésticos e o calor do ar extraído, cobrem uma grande parte da demanda de aquecimento. O calor restante pode ser fornecido pelo ar fornecido se a carga máxima de aquecimento for inferior a 10W por metro quadrado de espaço vital. Se tal aquecimento de ar de suprimento for suficiente como a única fonte de calor, chamamos o edifício de Casa Passiva.

O imóvel gerencia a sua climatização através da tecnologia de mecanismos simples e de baixo consumo energético. A Passivhaus é muito mais isolada termicamente (em portas, paredes, piso) do que os edifícios tradicionais, resultando em alta eficiência energética, já que é evitado ou reduzido o consumo de energia para o aquecimento ou a refrigeração do imóvel. Ou seja, a dissipação de calor gerada na casa, seja por pessoas, eletrodomésticos e/ou luminárias, será usada em favor do seu aquecimento, já que através de um envoltório térmico (paredes, telhado, pisos e esquadrias) bem isolado, o ambiente interior torna-se climaticamente agradável, sem a necessidade de recorrer a equipamentos com alto consumo energético, como aquecedores e bombas de calor. Para evitar fuga de calor, é imprescindível o uso de materiais de qualidade, como portas e janelas bem isoladas termicamente e acusticamente.

No projeto arquitetônico da casa passiva (vide Figura 1), é possível e opcional a inclusão de ventiladores mecânicos, recuperadores de calor, e equipamentos de climatização por ciclo de compressão a vapor¹, absorção², ou adsorção³. Todos os equipamentos são utilizados para conforto térmico e higienização da casa.

Para gerenciar o monitoramento e controle do comportamento térmico da construção civil aos parâmetros térmicos almejados pelo projeto da casa, é utilizado o software Passivhaus Planning Package (PHPP), um programa informático baseado no Excel.

As edificações de Vauban cumprem a Norma EnEV 2007, uma lei de economia de energia alemã que visa a comprovação de eficiência energética em todas as edificações. Ou seja, desde 01 de outubro de 2007, todas as novas construções na Alemanha deveriam apresentar comprovação energética; além disso, a norma prevê também um

¹ Ciclo termodinâmico tradicional com uso de compressor e, conseqüentemente, energia elétrica, para comprimir o fluido refrigerante.

²Ciclo de refrigeração acionado por alguma fonte de calor, de modo que um fluido secundário ou absorvente na fase líquida absorva o fluido primário ou refrigerante, na forma de vapor.

³Ciclo no qual o material de adsorção, o adsorvente, "suga" e adsorve vapor, causando a evaporação e o frio.

cronograma de modernização de aquecedores e isolamento térmico das canalizações de água para as edificações já existentes. Para Sr. Yvo de Boer, chefe do secretariado de Mudança Climática da ONU, “eficiência energética é o meio mais promissor de reduzir os gases do efeito estufa em curto prazo”.

Para ilustrar a possibilidade de execução em locais com climas quentes, como no Brasil, o autor Micheel Wossef escreveu um livro chamado “Da casa passiva à norma passivhaus – A arquitetura passiva em climas quentes” que traz uma temática interessante sobre as casas passivas que demandam refrigeração em vez de aquecimento. Foram feitos estudos de casos em alguns locais, como Colômbia, México e Brasil (Rio de Janeiro).

O Rio de Janeiro requer uma demanda anual de refrigeração sensível e latente muito alta (121 kWh/m²), pois a umidade relativa do ar é muito alta durante o ano inteiro, e temperaturas médias diurnas que chegam a superar 27°C.

Devido à preocupação com os males causados por gases de refrigeração em sistemas convencionais, o autor sugere soluções alternativas para suprir a necessidade de resfriamento conforme carga térmica no ambiente. A solução para a demanda de refrigeração < 150 Wh/m² seria a ventilação natural, combinação de ventilação mecânica e natural, e refrigeração adiabática (por evaporação do ar; < 250 Wh/m² seria geotermia com bomba de calor (geotérmica) e “lajes ativadas” ou geotermia com ventilação mecânica, para demanda maior que 250 Wh/m² têm-se as opções de torres de refrigeração e “lajes ativadas”, bombas de calor ar-água e teto refrigerado, e máquinas de condensação e ventilação natural/mecânica. O PHPP introduziu métodos de cálculo dinâmico mais apropriados para zonas climáticas.

Os sistemas de lajes ativas (Thermal Active Building System, TABS) combinam os sistemas de aquecimento e arrefecimento através de um sistema de circuitos de tubos embutidos em placas de concreto por onde circulam água, cuja principal vantagem do seu uso é que ele esse sistema reduz a carga de pico ativando a capacidade de armazenamento térmico das lajes de concreto dos edifícios.

O uso do TABS começou na Suíça no início dos anos 90, usado principalmente em novos edifícios de escritórios, foi instalado em escritórios na Europa, América do Norte e Ásia. Ao planejar um escritório ou edifício comercial, os arquitetos e designers precisam incluir aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), sendo que cada um pode ser uma tarefa considerável e investimento em si mesmo, mas que pode ser simplificado quando o HVAC é incluído na própria construção. Dessa forma, tetos, pisos ou paredes contribuem principalmente para o resfriamento sensível e, secundariamente, para o aquecimento básico do edifício, uma vez que os tubos embutidos ativam o núcleo de concreto na massa do prédio para armazenamento e descarga de cargas térmicas, e isso ajuda a

garantir o melhor conforto térmico possível para os ocupantes do edifício, de forma invisível e inaudível, sem correntes de ar.

Em consonância com o princípio de sustentabilidade da casa passiva, esse tipo de sistema é adequado para edifícios modernos e sustentáveis, incorporando isolamento eficiente e sombreamento solar, perfeito para a integração de fontes de energia renováveis, e sendo benéfico pelo conforto proporcionado, maior confiabilidade com menos partes móveis e menor consumo de energia. Dentre seus benefícios, está a operação em temperaturas próximas ao ambiente, perfeito para integração de fontes de refrigeração renováveis e gratuitas, como dito anteriormente, sendo fácil de combinar com sistemas convencionais de aquecimento, refrigeração e ventilação. O conforto térmico, por exemplo, é assegurado pela entrega de temperaturas ideais com o uso de um sistema silencioso que não circula o ar: sem poeira, sem correntes de ar - garantindo um ambiente interno saudável – ao passo que coopera contra “A Síndrome dos Edifícios Doentes” e, além do mais, o sistema invisível também dá aos arquitetos e projetistas a liberdade do espaço e o design interno flexível, pois os dutos de ar condicionado, quando necessários, são significativamente reduzidos.

A confiabilidade do sistema TAB foi confirmada em muitos projetos de construção em todo o mundo, com trocadores de calor embutidos com segurança em construções de edifícios.

O impacto financeiro pode ser observado pelos custos de instalação reduzidos: 30 a 50% de economia devido à menor refrigeração, unidades de aquecimento menores e dutos de ar condicionado reduzidos a volumes higiênicos; baixos custos de manutenção e operação: economia de até 50% em comparação aos sistemas convencionais de ar-condicionado. O baixo consumo de energia é alcançado por uma temperatura média da água de funcionamento (18–28 ° C) próxima do ambiente, ao passo que aumenta a eficiência da fonte de calor. Desta forma, sistemas de construção termicamente ativos tornaram-se um padrão para o uso eficiente de energia renovável para aquecimento e resfriamento devido ao excelente conforto térmico que oferece. Pode ser melhor aplicado a uma variedade de projetos que incluem edifícios comerciais e de escritórios, showrooms, bibliotecas e museus, centros de saúde e hospitais, escolas e universidades.

E foi no Brasil a inauguração da primeira Casa Passiva Modelo da América Latina, localizada no Centro de Educação e Tecnologias SENAI Flávio Azevedo, na Zona Norte de Natal, que será usada como laboratório e ambiente para cursos dentro da parceria entre o Sistema FIERN e o Governo Alemão. O modelo certificado pelo Governo Alemão existe somente em países da Europa e nos Estados Unidos, portanto é uma experiência nova para trazer conhecimento para profissionais da área de arquitetura e engenharia e a comunidade acadêmica em geral, bem como para possível utilização de cunho social através de programas do Governo Brasileiro como o “Minha Casa, Minha Vida” e “cidades inteligentes”.

O embaixador Alemão, Georg Witschel, destacou que deverá certificar a pedra de tijolo leve maciça, com isolamento térmico e acústico que dá conforto térmico ao interior. A casa dispõe de um sistema de troca de ar com reutilização de calor, que controla a temperatura e a umidade no seu interior, trazendo mais conforto e qualidade de vida para os habitantes.

O projeto da Casa Passiva faz parte da cooperação entre o Rio Grande do Norte e a Alemanha, desde 2009, para a realização de um intercâmbio nas áreas de ciência, comércio e empresarial. Dividida em quatro cômodos (sala, quarto, cozinha e banheiro), a edificação de 80m² de área construída, no Centro de Educação e Tecnologias SENAI Flávio Azevedo, será usada como laboratório, showroom e ambiente para cursos. Servirá para a qualificação de operários, técnicos, engenheiros e arquitetos, bem como, para demonstração e divulgação das novas tecnologias.

Figura 2 – Casa Passiva em Natal/RN



Fonte: Adriano Abreu, 2018. Tribuna do Norte

USO DE FLUIDOS REFRIGERANTES E SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como o conjunto de ações capazes de suprir as necessidades da geração atual, não esgotando recursos para gerações futuras, de forma a não as prejudicar. Por iniciativa das Nações Unidas, através da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, demonstra-se uma preocupação com a gestão de recursos finitos, e por isso é imprescindível discutir e apresentar propostas para harmonizar o desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente.

Conforme explicitado no Artigo “Vauban: um exemplo de cooperação entre gestão pública e sociedade para o desenvolvimento sustentável”, é sabido que fluidos refrigerantes são uns dos principais responsáveis pela destruição da camada de ozônio (devido ao ODP – OzonionDestructionPotential) e efeito estufa (devido ao GWP – Global WarmingPotential). Por isso, tem-se o

desejo de eliminar os gases danosos ao meio ambiente que são utilizados nos sistemas de refrigeração, tais como geladeiras, aparelhos de ar condicionado e frigoríficos. Os principais fluidos são: o CFC (clorofluorcarboneto), alto ODP e GWP; HCFC (hidroclorofluorcarboneto), menor ODP e alto GWP; e HFC (hidrofluorcarboneto) sem ODP, mas com GWP. Por isso a ONU, através de protocolos e acordos internacionais, vem criando cronogramas e disseminando informação sobre o assunto a fim de eliminar tais gases. O protocolo de Montreal, por exemplo, é um tratado internacional que entrou em vigor em 1989 em prol da proteção da camada de ozônio, com o objetivo de eliminar o CFC; já o protocolo de Kyoto, que entrou em vigor em 2004, tem como objetivo reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, minimizar o aquecimento global. Embora o HFC seja o menos danoso dentre os fluidos citados anteriormente, por não ser prejudicial à camada de ozônio, sua menor utilização poderia reduzir o aquecimento global em até 0,5° C. Por isto foi firmado, em 2015, o acordo de Kigali, ocasião na qual cerca de 200 países assinaram um acordo para a eliminação progressiva dos hidrofluorcarbonos, que são gases do efeito estufa considerados mais nocivos para o clima.

De forma geral, a refrigeração começou a se fazer presente na Europa em 1916, nas indústrias de petróleo e gás, não somente no âmbito da produção industrial, mas como na climatização do ambiente. Com o objetivo de substituir os fluidos nocivos ao meio ambiente, o uso de hidrocarbonetos (HC) tem sido intensificado nos últimos anos, já que é um fluido sem potencial de destruição da camada de ozônio e de aquecimento global, tem boas características termodinâmicas, é solúvel em todos os lubrificantes e compatível com materiais tais como metais e elastômeros, além de ser um fluido favorável a sistemas energeticamente eficientes.

A Alemanha cumpriu o cronograma de eliminação da maioria dos fluidos danosos e já extinguiu os CFCs e HCFCs, mostrando, mais uma vez, como o país é desenvolvido em questões sustentáveis. O país, inclusive, foi um dos pioneiros no incentivo à sustentabilidade em relação aos gases que são usados na área de refrigeração, pois, entre 1990 e 1991, envolveu-se na causa da substituição do CFC por hidrocarbonetos, contando com a iniciativa da companhia de geladeiras FORON, em parceria com o Greenpeace, para desenvolver a greenfreeze: a “geladeira verde”, que utiliza o hidrocarboneto como fluido refrigerante ao invés do então tradicional CFC.

Ainda no bairro de Vauban, pôde-se ver métodos alternativos de refrigeração como o asfalto impermeável, proporcionando o que se chama de resfriamento evaporativo, pois, com o contato de gotículas de água no asfalto e sua conseqüente evaporação, retira calor do meio e propicia a sensação de arrefecimento, isto é, perda de calor ou resfriamento. Configura-se, ainda, o uso de cobertura vegetal para a climatização, uma vez que plantas são matrizes naturais essenciais para reter umidade e purificar o ar.

A comunidade apresentada é um dos diversos exemplos na Alemanha de propostas de incentivo ao desenvolvimento sustentável por autoridades competentes e à aceitação da população, neste caso corroborado por meio da aquisição das geladeiras verdes ao invés das tradicionais, por exemplo, assim como pelo cultivo de plantas nas fachadas das casas.

Figura 3 - Cobertura vegetal.



Fonte: Gabriele Raquel, 2017.

CONCLUSÃO

A Alemanha é um país exemplo de desenvolvimento, industrialização e tecnologia. O mais interessante do país é que, apesar de todo o interesse e investimento no desenvolvimento, o governo se preocupa com um avanço sustentável, de forma que gere o mínimo possível de impactos ambientais, e a população, por sua vez, apoia as iniciativas e cumpre seu papel de cidadão consciente. É um dos países que mais promove pesquisas no mundo, investe em capacitação e é líder em inovação, sendo que seu Ministério das Relações Externas elabora tecnologias e atividades internacionais para enfrentar diversos desafios globais, tais como as alterações climáticas e a eficiência energética.

A considerada "nação de primeiro mundo" é, de fato, um exemplo para o mundo inteiro, até porque investe na conscientização de outros países, despertando a importância do investimento em medidas de proteção e adaptação às mudanças do clima. O Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear (BMUB)⁴, por exemplo, é financiador de vários projetos de pesquisa e inovações voltadas a questões ambientais em outros países. A "Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima" (promovida pelo BMUB) prevê o fortalecimento da cooperação entre a Alemanha e países em desenvolvimento, através do

⁴Disponível em: <<http://dwiw.com.br/pt-br/cenario-de-inovacao/ministerios-0>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

financiamento de projetos de pesquisas para proteção do meio ambiente, como a minimização de emissão de gases nocivos, o combate à degradação florestal, poluição etc.

O Brasil, por sua vez, mantém uma relação de cooperação com a Alemanha para o desenvolvimento de projetos de pesquisa e extensão em diversas áreas, principalmente em questões ambientais, como projetos de conservação e preservação das florestas tropicais, desenvolvidos por meio de contribuições financeiras não-reembolsáveis pela KFW e GTZ, agência financeira governamental e agência de cooperação técnica, respectivamente;⁵ e o GIZ, uma cooperação entre Brasil e Alemanha que é comprometida com o combate a mudanças climáticas, causadas principalmente pela emissão de gases nocivos como o dióxido de carbono e alguns tipos de fluidos refrigerantes, dentre outros.

Diante de tantos bons exemplos e sabendo que já existe cooperação entre os dois países supracitados, resta-nos investir no estudo e análise de viabilidade da Certificação Passiva no Brasil. Não obstante, iniciativas como a visita técnica internacional que originou esse artigo devem ser apoiadas e disseminadas, bem como congressos e momentos de compartilhamento de experiências e conhecimento, visando a formação de pessoas com consciência sustentável, os quais terão uma nova visão de mundo, disseminando-a em suas famílias e na comunidade em geral, exercendo seu papel de cidadãos críticos, reflexivos e transformadores.

⁵Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/informma/item/857>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

REFERÊNCIAS

ANÁLISE DA NORMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ALEMÃ ENEV 2007 E APRESENTAÇÃO DE POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O CASO BRASILEIRO. Disponível em: <<https://www.usp.br/nutau/CD/48.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

BMUB. Disponível em: <<http://dwih.com.br/pt-br/cenario-de-inovacao/ministerios-0>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

DA CASA PASSIVA À NORMA PASSIVHAUS. WASSOUF, Michael.

JORNAL DA GLOBO. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/09/politica-do-governo-alemao-permite-expansao-de-fontes-renovaveis.html>>. Acesso: 03 dez. 2017.

JORNAL DA GLOBO. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/10/alemanha-adota-plano-de-mobilidade-urbana-que-prioriza-uso-de-bicicletas.html>>. Acesso: 03 dez. 2017.

MENERGA. Disponível em: <<http://www.menerga.com/>> Acesso: 03 dez. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/857>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

ONU-BR. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

VAG KLIMASCHUTZ. Disponível em: <<https://www.vag-freiburg.de/die-vag/vag-klimaschutz.html>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

