



ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL: SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS BIOCLIMÁTICAS

MISTURINI, Leonardo Henrique.¹
SOUZA, Cássia Rafaela Brum.²

RESUMO

A necessidade de alternativas para se obter a eficiência energética e economia de custos estão cada vez mais sendo discutidas atualmente. A energia renovável vem sendo optada, pois muitos recursos naturais, os considerados não renováveis, estão esgotando-se devido ao uso abusivo e inconsciente que houve durante toda a evolução das civilizações. Partindo dessas preocupações, estudos vêm desenvolvendo-se desde o século passado na área da arquitetura e construção, em busca de obter melhores condições de conforto nos ambientes internos de forma sustentável, por meio de soluções passivas que diminuam os gastos energéticos desnecessários e que sejam ambientalmente corretas, tendo em vista que cada edifício comporta-se diferentemente em cada local e ocasião. Com essas demandas, aborda-se o tema da Arquitetura Bioclimática, que abrange diversos conceitos, métodos, procedimentos e normas que se aplicam nas edificações em paralelo à sustentabilidade, portanto esta pesquisa optou por destacar algumas estratégias e abordagens, tendo em foco a ventilação e iluminação natural, além de outros sistemas relacionados. Por fim, abordam-se as análises de aplicações dos projetos dos primeiros Hospitais da Rede SARAH., nos quais se pode observar diferentes soluções sobre as mesmas estratégias arquitetônicas em busca do conforto interno dos ambientes.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilação Natural, Iluminação Natural, Arquitetura Bioclimática, Arquitetura Sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um dos desafios atuais e que vem sendo tratado há anos, portanto se faz necessário que cada vez mais as pessoas conscientizem-se das preocupações com o futuro do nosso planeta, pois é comprovado que o homem esteve agredindo o meio ambiente mais rápido do que este consegue se recompor e é devido a isso que são necessárias mudanças para impedir tais destruições. Compreende-se que atualmente a necessidade é, não apenas por parte dos arquitetos, mas de todos os profissionais responsáveis por projetos de edificações, que se atentem e passem a utilizar de estratégias de técnicas passivas, que utilizam a energia limpa provinda de recursos renováveis, criando ambientes saudáveis aos seres humanos sem agredir o meio ambiente (KEELER & BURKE, 2010).

Na arquitetura, as técnicas bioclimáticas são muito importantes, pois contribuem para o desenvolvimento sustentável, incorporando estratégias como a de aquecimento, resfriamento e iluminação natural, as quais são tratadas juntamente com o conhecimento dos estudos do clima e das relações com os seres vivos, sendo um dos que vêm cada vez mais sendo discutidos e que envolvem as preliminares das edificações sustentáveis. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

¹Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: lhmisturini@yahoo.com

²Arquiteta e Urbanista e professora orientadora do Centro Universitário FAG. E-mail: cassiarbrum@hotmail.com



Romero complementa que,

“O procedimento ideal seria trabalhar com e não contra as forças da natureza e fazer uso de seu potencial para criar melhores condições de moradia. A estrutura que, num meio dado, reduz as forças negativas e, ao mesmo tempo, utiliza todos os recursos naturais favoráveis ao conforto humano pode ser chamada estável com relação ao clima.” (OLGYAY, 1968 apud ROMERO, 2001, p.16).

Deste modo, o que motivou para o desenvolvimento dessa pesquisa é a indispensabilidade de falar sobre a sustentabilidade, como também de aprimorar os conhecimentos funcionais da arquitetura, que não é apenas estética, pois aqui serão abordados estratégias arquitetônicas em foco na climatização dos ambientes internos de uma edificação, principalmente utilizando da ventilação e iluminação natural e relacionados, que fazem parte das áreas da arquitetura bioclimática e da arquitetura sustentável, tendo como propósito de obter-se o conforto térmico, eficiência energética e economia de custos. Tais intervenções realizadas no desenho arquitetônico carecem de diversos conhecimentos para se compreender quais são as estratégias mais apropriadas e como devem ser realizadas em cada situação, de modo com que melhor adapte a edificação ao local o qual será inserido.

Portanto, a problemática levantada definiu-se em: É possível obter soluções arquitetônicas sustentáveis associadas à bioclimatologia, trazendo conforto interno aos ambientes, contribuindo com a eficiência energética, aderindo às novas tecnologias, de maneira econômica e ainda assim sendo esteticamente agradável?

A pesquisa não tem objetivo da busca de promover a criação de novas tecnologias de alto custo, até porque, segundo Ching e Shapiro (2017) algumas edificações que ganharam certificados de ecológicas ou sustentáveis resultaram em altas consumidoras energéticas ou até mais poluentes em diferentes aspectos. Para eles, há um longo caminho a ser percorrido para que se possa garantir um alto nível de eficiência energética ou um baixo nível de poluição e quando se trabalha com as decisões de planejamento de uma edificação, devemos nos perguntar qual é a abordagem mais ecológica para cada tipo de abordagem e também qual permanece boa ao longo do tempo, ou seja, a vida útil.

O objetivo é promover o crescimento de novas ideias, conceitos, estratégias, diretrizes, aplicações e políticas de projeto utilizando sistemas e elementos construtivos que tragam benefício e conforto interno dos ambientes acima das tecnologias que já temos. E que não se deve pensar só no edifício, mas sim na cidade como um todo, pois é nela que vivemos. Além disso, a pesquisa tem também o objetivo de aumentar a propagação da conscientização de



que a arquitetura que utiliza das técnicas bioclimáticas de modo sustentável, não só contribui para a diminuição de custos trazendo conforto aos usuários, mas também contribuem para o futuro do planeta, diminuindo a destruição do meio ambiente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO: DOS PRIMÓRDIOS DA ARQUITETURA AOS PRINCÍPIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.

A arquitetura teve seu surgimento devido à necessidade do homem em se abrigar em uma morada, cujo princípio era desempenhar conforto aos usuários por meio dos espaços internos, assim como protegê-los das calamidades e das intempéries do ambiente externo, como as variações climáticas e de temperatura, do sol ardente, assim como as tempestades. Além disso, a arquitetura sempre teve em sua alma o dever de trazer características de ordem estética, pois a beleza é fundamental. Posteriormente a arquitetura veio a tornar-se uma expressão determinando as habilidades tecnológicas e até para objetivos sociais e espirituais (ROGERS, 2001; CHING & SHAPIRO, 2017).

Se for analisada a história da arquitetura e das cidades é possível perceber que não demorou para que questões sobre o conforto ambiental e o consumo de energia passassem a ser primordiais nas edificações. O uso da climatização e iluminação artificial nos ambientes internos tornaram-se assuntos pertinentes dentro do tema da arquitetura bioclimática e, devido ao gasto excessivo energético de tais mecanismos, estudos passaram a ser realizados em busca de aumentar a eficiência energética dos mesmos, assim como do desempenho térmico dos edifícios, inclusive em relação aos materiais, das técnicas construtivas, além de outras tecnologias que buscam pela melhoria das condições de conforto nos ambientes internos (DUARTE & GOLÇALVES, 2006). Portanto, segundo Lamberts, Dutra e Pereira a Arquitetura Bioclimática “[...] um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.” (2004, p.14).

Após uma sucessão de acontecimentos, em meados da década de 1960, entrou em vigor o termo sustentabilidade, quando grandes movimentos sociais começaram a discutir sobre a alteração dos valores sociais, condições de vida, e também das atitudes humanas, em principal aos movimentos ambientalistas que exigiam a preservação do sistema natural terrestre por meio do uso racional dos recursos naturais, diminuição da poluição e do impacto ambiental, e questões sobre o avanço econômico. Na mesma época, devido à necessidade de uma ampla



discussão científica dos fatos, surgem então duas conferências ambientais de nível internacional, a “Conferência da Biosfera” no ano de 1968, e, a “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano” (também conhecida como “Conferência do Estocolmo”) no ano de 1972 e também um programa para tratar exclusivamente das questões ambientais, o “Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente” (PNUMA) (AFONSO, 2006).

Em seguida surgiria o termo desenvolvimento sustentável, que teve uma definição mais evidente, e quase “oficial”, após a publicação do Relatório Brundtland (1987), chamado “Nosso Futuro Comum”, proposta pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMED), definindo seu conceito de que o “desenvolvimento sustentável é desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”. (GANEM, 2012; LAGO, 2006, p.56).

Posteriormente, uma nova conferência acontece no Rio de Janeiro em 1992, baseado nas preocupações do Relatório de Brundtland e nomeado como Eco-92, com participação de 172 países que aprovou cinco documentos: a Declaração do Rio, a Agenda 21, a Convenção sobre a Diversidade Biológica, a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima e a Declaração sobre Florestas. A Agenda 21, por exemplo, foi um dos programas de ação mais abrangentes já realizados em esfera mundial, a qual determinou objetivos, planos de ação e estratégias de implantação detalhados para a sustentabilidade ambiental e desenvolvimentista, que reuniu unidades e sistemas de medição, ferramentas e métodos, indicadores e marcos de referência envolvendo até indivíduos comuns a colaborar com uma medição buscando compreender os riscos que enfrentamos atualmente e desenvolver estratégias que solucionem tais problemas (ROAF, 2009 ; KEELER & BURKE, 2010; GANEM, 2012).

Cândido e Lira (2013) asseguram que um dos problemas mais evidentes atualmente é o uso descontrolado dos recursos naturais, e que há uma exigência para o modelo de desenvolvimento rever, mudar e orientar a metodologia de produção, pois os recursos naturais não são infinitos. Dentre os recursos naturais existentes, há as fontes de energia renováveis, que são aquelas que podem ser repostas facilmente em curto prazo (solar, maremotriz, ondas, hidráulica, eólica, geotermal, biomassa); e as fontes de energia não-renováveis, que ao contrário das anteriores, podem esgotar-se ou requerem um tempo geológico para serem repostas (carvão mineral, petróleo e derivados, gás natural e de materiais físséis nuclear) (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).



Logo, se o desenvolvimento sustentável tem como objetivo principal deixar para as próximas gerações uma quantidade de recursos naturais igual ou maior do que há em nossa própria geração, o desafio atual dos arquitetos é de desenvolver edifícios com parâmetros sustentáveis, mas que não dependam apenas da tecnologia ativa de alto gasto energético, mas sim, soluções tecnológicas passivas, como as que utilizam da energia limpa provinda de recursos da natureza (plantas, vento, sol, terra e água) (ROGERS, 2001).

De forma geral, os conceitos sobre sustentabilidade influenciam na arquitetura, pois as edificações também provocam impactos ao meio ambiente. Existem diversas áreas de aplicações de responsabilidade ambiental, são elas a arquitetura sustentável, a construção bioclimática, a casa ecológica, a permacultura, ecovilas, empreendimentos verdes, dentre outras (SOUZA, 2016).

Um dos assuntos que provavelmente são de grande importância na arquitetura sustentável é a conservação de energia e relacionados. A razão disso é tanto devido à crise do petróleo da década de 1970, quanto às preocupações existentes sobre as alterações climáticas, como o aquecimento global. (CHING & SHAPIRO, 2017). No mesmo período começam a surgir algumas diretrizes demonstrando estratégias arquitetônicas de baixo dispêndio de energia, principalmente as que usam combustíveis fósseis que são esgotáveis. Romero (2001) relata que “Os estudos que surgem buscam a utilização de energia de fontes naturais (água, sol e vento) na construção e na climatização das edificações.”. Além de tudo, existem estudos de outros autores que investigam as principais causas do consumo, do uso e da obtenção das energias de fontes não renováveis nas construções. (ROMERO, 2001, p.18)

Sendo assim, segundo Corbella e Yannas (2003):

“A Arquitetura Sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as futuras gerações.” (CORBELLA & YANNAS, 2003, p.17).

A arquitetura bioclimática consiste também, a partir do desenho arquitetônico, em aprimorar as relações energéticas de uma edificação com o entorno e o meio ambiente, abrangendo conceitos e soluções estratégicas, como por exemplo, do aproveitamento da iluminação natural no inverno e de como evitar a alta incidência solar no verão, dos



benefícios de empregar a ventilação natural para combater a umidade e extrair o ar quente dos ambientes internos, das aberturas aos fechamentos da edificação. (ROMERO, 2001).

2.2 PROJETO BIOCLIMÁTICO: PROMOVEDO O CONFORTO TÉRMICO

A expressão projeto bioclimático foi criada durante a década de 1960 pelo arquiteto húngaro Victor Olgyay e seu irmão Aladar Olgyay referindo-se ao projeto que se adequa às condições climáticas do local situado por meio de estratégias construtivas e de soluções com o propósito de obter o conforto térmico no ambiente interno de modo que satisfaça aos usuários. Os irmãos Olgyay basearam-se nos conhecimentos de que o homem é um ser homeotérmico, ou seja, a temperatura interna do corpo humano deve permanecer constante (ROMERO, 2001; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

O conforto térmico é um dos estudos mais importantes na arquitetura, pois se relaciona à elaboração de espaços com condições favoráveis à sensação de equilíbrio térmico do homem, ou seja, quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem esforço nenhum. Se as sensações forem de desconforto significa que o corpo está perdendo mais ou menos calor que o necessário para o ambiente, o que acarreta em redução parcial do rendimento do trabalho e até prejudica a saúde dos usuários. (FROTA & SCHIFFER, 2003) De acordo com a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas³ (2003, p.05), o conforto térmico é a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.”

Vale ressaltar que não é apenas a temperatura do ar nos ambientes internos que afetam o conforto dos usuários, pois existem outros fatores identificados, sendo eles, por exemplo, “[...]a umidade relativa do ar; os fluxos de ar; a vestimenta; o nível de atividade dos usuários; as temperaturas das superfícies do espaço (como paredes e pisos); a área de janelas através das quais ocorrem as transferências térmicas por radiação; e outros fatores físicos.” (CHING & SHAPIRO, 2017, p.180). Segundo Corbella e Yannas (2003) a neutralidade térmica na qual a pessoa sente-se confortável é atingida em um ambiente quando a temperatura da pele mantém-se próxima a 35°C. Já para Frota e Schiffer (2003) temperatura interna do organismo humano deve ser mantida na ordem de 37°C.

³ A ABNT é o órgão responsável por organizar as Normas Brasileiras, elaboradas por Comissões de Estudo (CE) representados por setores envolvidos como: produtores, consumidores, e neutros (universidades, laboratórios, dentre outros) (ABNT, 2003).



Os irmãos Olgyay desenvolveram um diagrama bioclimático, no qual propuseram quatro etapas sequenciais de projeto: investigar informações climáticas da região, analisar biologicamente baseada nas sensações humanas, elaborar soluções tecnológicas para impedir as consequências do clima e, para finalizar, utilizar aplicações arquitetônicas a partir dos resultados encontrados com os três primeiros passos (ROMERO, 2001).

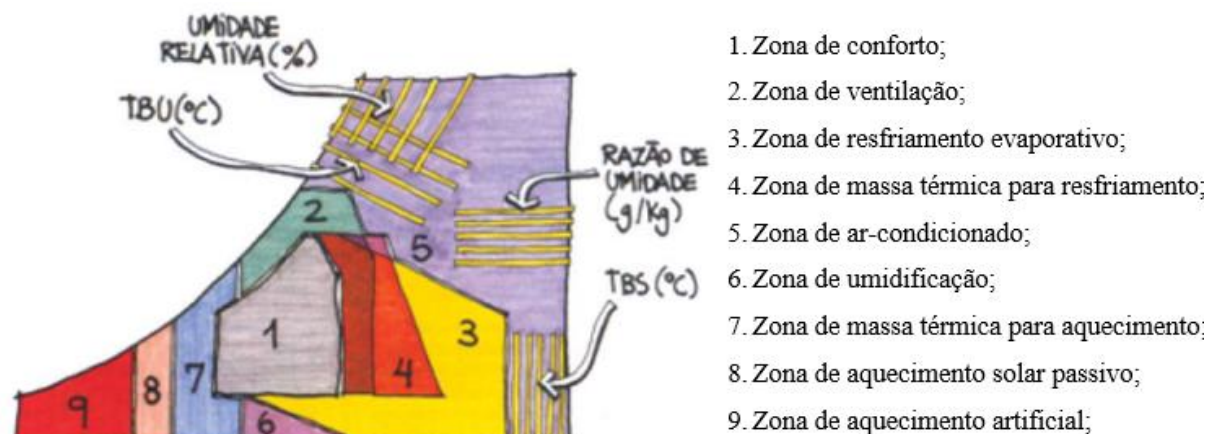
No entanto, o arquiteto Baruch Givoni percebeu que o diagrama dos irmãos Olgyay era contido de algumas limitações, além de ser melhor aplicado a condições externas. Até que em 1969, Givoni criou a carta bioclimática baseando-se no interior das edificações aprimorando a carta psicrométrica da relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa. Posteriormente, em outra pesquisa realizada em 1992 Givoni elaborou a carta bioclimática que melhor se adapta às condições brasileiras, pois foi estabelecida para países em desenvolvimento, podendo ajudar o arquiteto a identificar qual estratégia bioclimática pode ser utilizada no projeto com base nos valores encontrados a partir das variáveis dos principais períodos do ano climático do local aplicado. Givoni também relatou que os moradores de edifícios climatizados naturalmente, adaptam-se melhor às variações de temperatura e velocidade do ar, o contrário das pessoas acostumadas a apenas a climatização de ar-condicionado (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004).

No primeiro estudo de Givoni foi feito uma análise dos elementos de transferência de calor entre o homem e o ambiente, a partir das respostas fisiológicas e sensoriais à pressão térmica e aos fatores ambientais. Já no segundo estudo, Givoni fez um estudo sobre os efeitos diretos das variáveis climáticas sobre a superfície externa dos edifícios, analisando as propriedades termo física dos edifícios, tal como a condutibilidade térmica, a condutância e o coeficiente de superfície (ROMERO, 2001).

A carta psicrométrica parte de uma análise da variação diária de dois parâmetros do conforto térmico, a temperatura e a umidade relativa do ar, em relação a um dia normal no local que se quer analisar, estabelecendo uma linha para cada mês do ano e, assim, define-se quais os pontos que estão dentro ou fora da zona de conforto ou ZC. Os pontos localizados na ZC fazem com que a maioria das pessoas sintam-se bem. Os resultados encontrados são definidos por meio de nove zonas de atuação na carta (Figura 1), que definem metodologias de projeto a fim de obter a zona de conforto (CORBELLA & YANNAS, 2003).



Figura 1 - Carta bioclimática adotada para o Brasil.



Fonte: LAMBERTS, PEREIRA & DUTRA (2004, p.105) adaptado pelo Autor.

A ABNT (2003) estabelece e define procedimentos de avaliação do Desempenho Térmico de Edificações na NBR 15220, que se encontra incluso na Parte 1 – Definições, símbolos e unidades - três tabelas que explicam os significados das grandezas e seus respectivos símbolos e unidades, os quais correspondem às características térmicas dos materiais, elementos e componentes construtivos, características térmicas de ambientes, como em relação às grandezas do clima, do ambiente e da fisiologia humana relacionadas ao condicionamento térmico de edificações, onde também se encontra a definição de conforto térmico, zona bioclimática, dentre outros termos.

Além disso, na Parte 3 da norma NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações, pode ser encontrado o Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, onde estão definidas as zonas bioclimáticas para 330 cidades brasileiras de diferentes estados cujos climas foram classificados e há uma relação de estratégias bioclimáticas recomendadas de acordo com a metodologia utilizada, estabelecida relacionando a iluminação e ventilação natural, sombreamento das aberturas, tamanho de aberturas, de vedações de paredes e cobertura (ABNT, 2003).

2.3 ILUMINAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO NATURAL DOS AMBIENTES

Vivemos numa época em que ainda existem muitas construções realizadas sem utilizar de métodos sustentáveis, sem pensar no meio natural, com ambientes fechados, climatizados com a utilização de ar-condicionado, que além de aumentar o gasto de energia elétrica, trazem



riscos para a saúde humana e desvinculam cada vez mais a vida nas condições do ambiente externo. Dados revelam que em dias normais, no estilo de vida dos norte-americanos, por exemplo, grande parte dos adultos ficam na maior parte do tempo em ambientes internos fechados utilizando de climatizadores artificiais, seja dentro de edifícios ou dentro de veículos, passando apenas 6% das horas do dia em ambientes externos. Todo esse tempo gasto em ambientes fechados priva os seres humanos dos benefícios físicos e mentais oriundos de exercícios e caminhadas em ambientes abertos e da imersão na natureza, contribuindo para o sedentarismo, a obesidade, a falta de interação com o meio social e provavelmente tem impacto na nossa saúde mental (FARR, 2013).

Além disso, três quartos do uso diário de energia nos edifícios são atribuídos à iluminação e climatização artificial. Isso tudo só é necessário devido à falta de planejamento típico de um edifício comercial e de escritórios. (ROGERS, 2001). Por exemplo, próximo a década de 1920, Le Corbusier⁴ notou certos problemas em alguns de seus edifícios construídos, inclusive no seu próprio apartamento que superaqueciam no verão e eram extremamente frios no inverno. Posteriormente foram feitos alguns diagnósticos, notando-se que tais problemas agravavam-se em países quentes e que sua causa provinha principalmente da utilização de grandes áreas envidraçadas e outras membranas finas nas fachadas, comum na maioria dos edifícios do movimento moderno (BAKER, 1998).

O sol é uma fonte passiva, que além de sua energia limpa, a radiação pode ser útil no aquecimento das edificações no inverno, contudo, a alta radiação solar no verão pode tornar-se uma desvantagem, por isso é necessário que os projetos utilizem soluções inteligentes para obter maiores ganhos térmicos no inverno e menores no verão (WASSOUF, 2014).

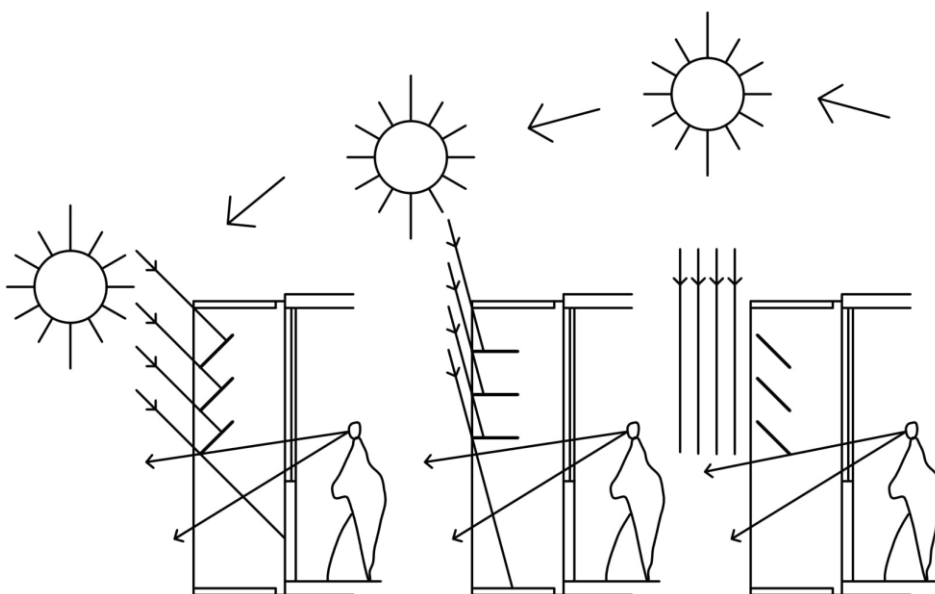
Para tirar proveito da luz solar, o arquiteto deve analisar a insolação do local e como ela atuará sobre as superfícies do edifício, posteriormente definir a melhor orientação no terreno, o desenho de aberturas ou janelas e, caso seja necessário, utilizar elementos de proteção contra incidência de luz solar direta ou sistemas que permitam a entrada da iluminação natural difusa. Vale ressaltar que no Brasil a face norte é a que recebe maior incidência solar na maior parte do ano e, é claro, que o sol nasce no Leste e põe-se no Oeste. (PÉREN, 2006)

⁴ Charles-Edouard Jeanneret-Gris (1887-1965), também conhecido por Le Corbusier, foi um arquiteto, urbanista, pintor e escultor, de origem suíça e naturalizado na França em 1930, é considerado um dos mais importantes arquitetos do século XX, onde criou diversos conceitos que contribuíram principalmente para a arquitetura moderna.



Le Corbusier, por exemplo, adotou um anteparo solar externo aos seus projetos (Figura 2), nomeado por ele de *brise soleil*⁵, termo em francês que ficou popularmente conhecido no Brasil apenas como “brise”, com o objetivo de solucionar os problemas de superaquecimento que ocorriam nos ambientes internos dos edifícios, um sistema que controla os raios solares que penetram nas aberturas. (BAKER, 1998, p.344). Quando a inclinação da incidência solar for alta deve-se utilizar, no caso de uma proteção solar fixa, elementos com sentido horizontal. Já no inverno, quando o sol incide com ângulos baixos, o brise vertical é o mais indicado nas orientações leste e oeste. (WASSOUF, 2014).

Figura 2 - Croqui demonstrativo sobre o funcionamento de um Brise Soleil com três aletas móveis, semelhante ao sistema proposto por Le Corbusier no Edifício do Ministério de Educação e Saúde no Brasil em 1936.



Fonte: Vitruvius – MELEND0 (2004) redesenhado pelo Autor.

Proteções solares internas, como cortinas e persianas possuem uma ótima flexibilidade por cumprir a funcionalidade de abrir ou fechar de acordo com a necessidade, porém, elas retêm o calor dos raios atingidos transformando em radiação de onda longa, criando o efeito estufa no interior do ambiente. Já a solução por meio de uma proteção externa é mais apropriada para controlar o efeito estufa, desde que, “[...] houver um dimensionamento que garanta a redução da incidência da radiação solar, quando necessária, sem interferir na luz

⁵ “O brise soleil atua como um filtro, criando uma película permeável ao redor do edifício que permite a penetração no espaço interno e suaviza o impacto da forma, tendo um efeito muito semelhante do peristilo de um templo grego, o qual suaviza a relação entre a massa e o espaço circundante.” (BAKER, 1998, p. 344).



natural.”. Além do mais, também funcionam como elemento visual na fachada, podendo definir a linguagem arquitetônica de um edifício (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004, p.71).

Na norma NBR 15215 - Iluminação Natural, por exemplo, pode-se encontrar conceitos, procedimentos de cálculos e mais detalhes sobre a iluminação natural, a qual é definida por ser a “[...] luz proveniente diretamente do sol, luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno.” Além disso, é citado na norma que um bom projeto de iluminação natural pode usufruir dessa luz disponível utilizando-a de forma que se tire vantagens e reduzam-se as desvantagens dela no interior dos ambientes, e que a análise deve basear-se nas variáveis consistentes, desde a luz natural (a qual varia conforme as condições atmosféricas locais) e os elementos externos à edificação que possam obstruir a luz, assim como o “[...] tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, características óticas dos envidraçados, tamanho e geometria do ambiente e das refletividades das superfícies internas”. (ABNT, 2004, p.01).

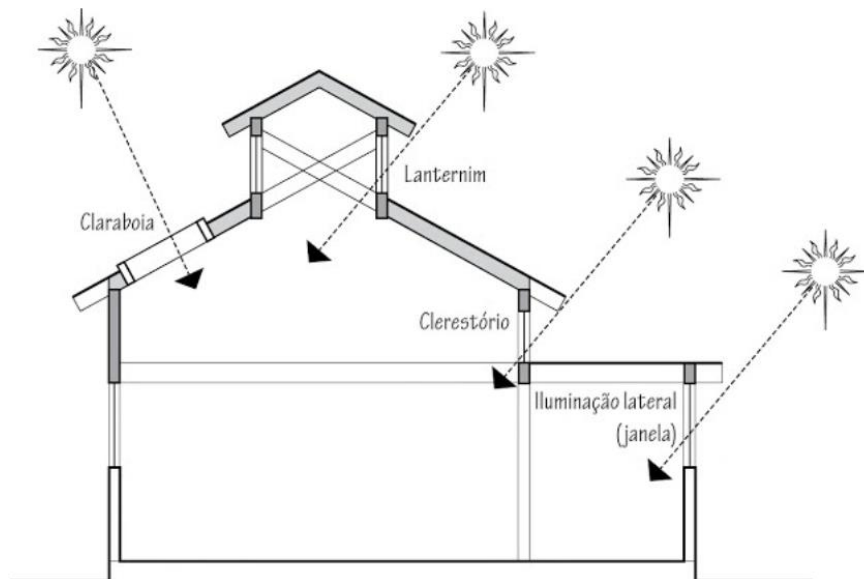
Ou seja, aumentar a iluminação natural não é apenas aumentar a área de aberturas e tamanhos das janelas de vidro, pois isso pode acarretar em maiores ganhos de calor solar indesejáveis, conforme os autores Lamberts, Dutra e Pereira, complementando que:

“Além das aberturas tradicionais, pode-se explorar a luz natural através de diversos recursos arquitetônicos, como *brises light shelf*, dutos de iluminação com espelhos, persianas reflexivas, paredes transparentes (tijolo de vidro), poços de luz, telhados com shed, refletores externos, clarabóias e outros, dependendo do repertório e criatividade do arquiteto.” (2004, p. 164).

É, pois, conforme definem os autores Ching & Shapiro, “a melhor abordagem à iluminação natural é usar aberturas zenitais espaçadas homogeneamente em uma cobertura plana, trazendo uma luz também homogênea.”. As aberturas zenitais (Figura 3) permitem que a iluminação solar seja captada para o interior da edificação e são propostas a fim de economizar energia, sendo substituída ou somadas à luz artificial (2017, p. 99). A iluminação zenital é mais indicada para espaços profundos e quanto maior for o seu pé-direito, maior a uniformidade de distribuição da luz. Além disso, estes sistemas podem apresentar um custo inicial mais alto, assim como necessitar de cuidados e manutenções. Os tipos mais comuns de iluminação zenital são a periférica (ou janela de cobertura), o lanternim, os sheds (ou cobertura dente de serra), além dos domos, claraboias e cúpulas (PEREIRA, 2006).



Figura 3 – Detalhe em corte de alguns tipos de aberturas zenitais para captação da iluminação solar.



Fonte: CHING & SHAPIRO (2017, p.99).

Existem diversos tipos de iluminação zenital que podem ser utilizadas para obter maior eficiência energética e conforto lumínico e térmico em uma edificação, dentre elas, as mais conhecidas são o lanternim, os sheds, a iluminação zenital periférica ou janela de cobertura, o domo, a claraboia e a cúpula. O **Lanternim** é uma estrutura formada por ao menos duas faces opostas iluminantes, podendo-se prever elementos externos (como brises) para tratar da insolação. Também é um sistema que pode conter aberturas para circulação de ar (saída do ar quente). A recomendação no Brasil é que as partes abertas fiquem orientadas sentido Norte-Sul. Os **Sheds** (coberturas dente de serra) vêm de uma tipologia comum em barracões industriais, onde a cobertura tem um conjunto de planos paralelos inclinados, com aberturas geralmente verticais que permitem a iluminação, bem como também é utilizada para ventilação em alguns casos. No Brasil a recomendação é que, dentro das latitudes 24° e 32° S, as faces abertas dos **sheds** sejam orientadas ao sul para aproveitamento da luz difusa em quase o ano todo, exceto no mês de dezembro. A **Iluminação zenital periférica** ou **janela de cobertura** são tipos de aberturas que podem ficar acima da cobertura ou outras partes da edificação onde está localizada em uma parede no alto. O **Domo**, a **claraboia** e a **cúpula** são aberturas predominantemente horizontais que normalmente necessitam de alta manutenção. Comumente encontrado em museus, galerias, edifícios comerciais e espaços culturais, não sendo recomendadas no Brasil em áreas superiores a 10% da projeção total da cobertura pela dificuldade de sombreamento externo (PEREIRA, 2006).



O estudo da forma dos edifícios e a sua orientação, além de também afetar no ganho de iluminação natural, podem usufruir da ventilação natural, como por exemplo, pode-se climatizar os ambientes por meio da exposição das faces abertas às brisas do verão (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004). Uma edificação deve coletar as brisas a fim de obter uma ventilação natural de modo que promova o conforto térmico, além de um oxigênio puro, fresco e sem odores (HEYWOOD, 2015).

Conforme afirma Montenegro, sobre a ventilação natural, onde:

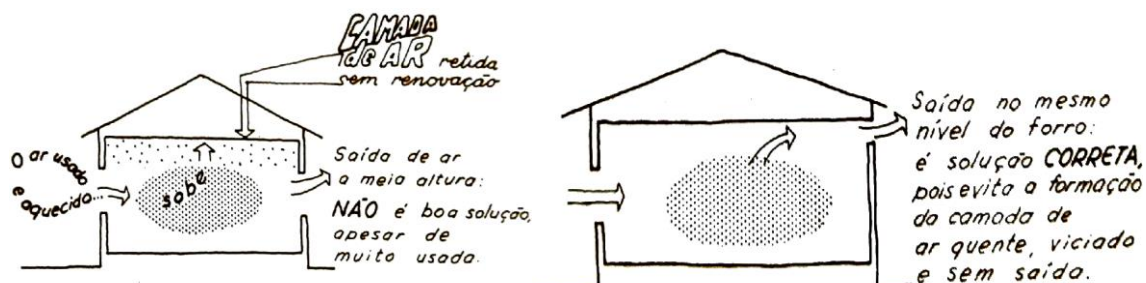
A existência de uma corrente de ar é responsável por boa parte da sensação de bem-estar. A temperatura também favorece o bem-estar, mas, em temperaturas elevadas, digamos em torno de 30°C, a sensação de conforto é bem maior em ambiente que possua boa circulação de ar do que em um local confinado. A temperatura elevada provoca a transpiração e a movimentação do ar facilita a evaporação, baixando consequentemente a temperatura do corpo; daí a sensação de relativo conforto. Onde não há circulação do ar, a evaporação do suor se faz mais lentamente gerando desconforto. (1984, p.17).

Existe até estratégias que mesclam a utilização tanto da iluminação quanto da ventilação natural através de aberturas zenitais, devendo ser utilizadas em favor da técnica chamada ventilação vertical, que consiste em eliminar o ar quente o qual tende a concentrar-se nas partes altas do interior de um ambiente ou da edificação e gerar desconforto ao usuário, onde as soluções envolvem a utilização de aberturas na cobertura ou aberturas zenitais, assim como exaustores eólicos (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004). O princípio básico é que o ar quente tende a ficar nos locais mais altos por ser mais leve ou menos densa que o ar frio (HEYWOOD, 2015).

Portanto, não é indicada saída de ar à meia altura, visto que as aberturas feitas nas partes altas é que promovem a saída do ar quente (Figura 4), contudo, é muito importante que exista a entrada do ar frio (ou menos quente) através da parte inferior, pois tais soluções trabalham em conjunto promovendo a renovação do ar e a climatização dos ambientes (MONTENEGRO, 1984).



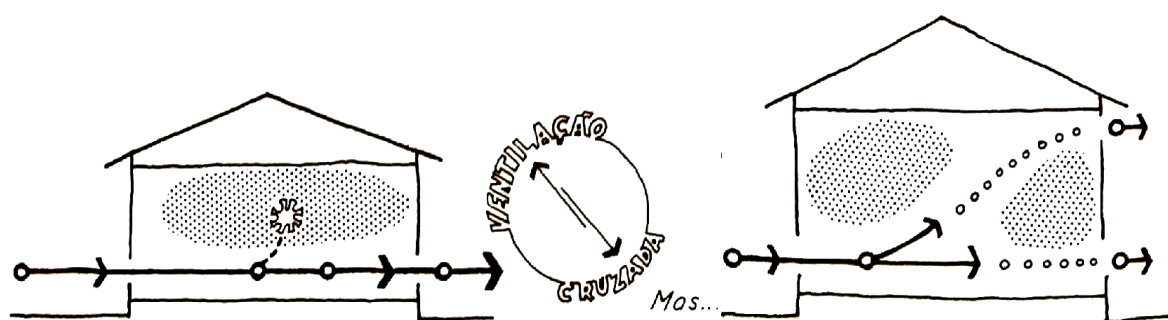
Figura 4 - À esquerda exemplo sem abertura alta, onde a camada de ar fica retida sem renovação, à direita com abertura na parte alta, exemplificando a solução correta da saída do ar quente.



Fonte: MONTENEGRO (1984, p.07).

Outra técnica utilizada para climatização natural é a ventilação cruzada, que baseia-se na diferença de pressão entre as fachadas, a ventilação que incide sobre uma edificação cria uma diferença de pressão entre as faces de barlavento e sotavento, ou seja, de pressão positiva e negativa, promovendo circulação do ar interna (HEYWOOD, 2015). A ventilação cruzada melhora a circulação do ar favorecendo a sua renovação, e tal técnica quando aplicada paralelo à ventilação vertical (Figura 5), visto que a opção com aberturas no alto para saída do ar promovem melhor conforto térmico no interior dos ambientes. (MONTENEGRO, 1984).

Figura 5 - À esquerda ventilação cruzada baixa com ar retido no forro, à direita ventilação cruzada com entrada de ar baixa e saída alta e baixa.



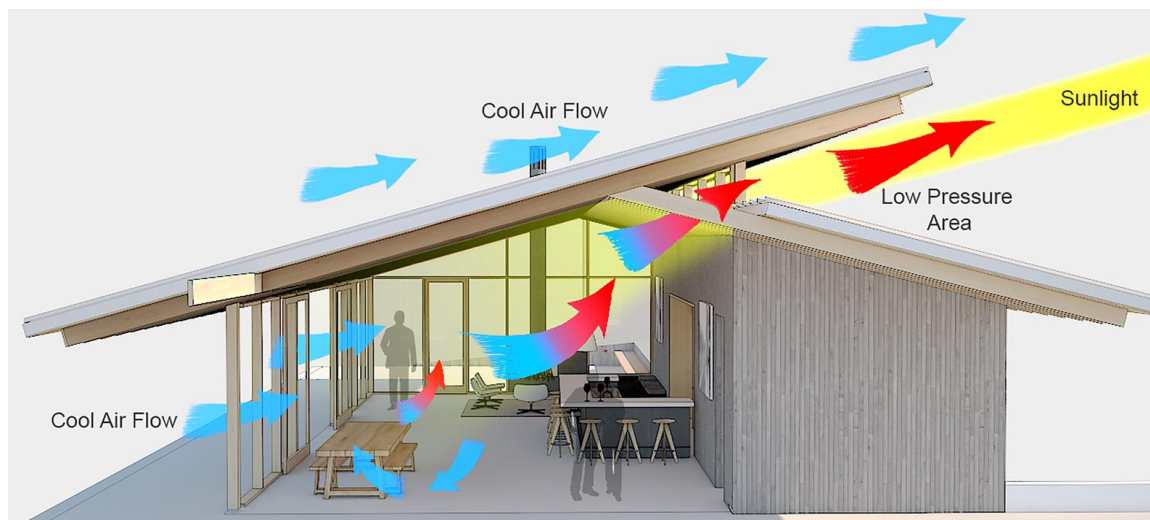
Fonte: MONTENEGRO, 1984, p.16.

Temos um exemplo de um corte esquemático de uma abertura zenital que promove iluminação e ventilação natural, onde as brisas de ar frio entram pelas aberturas baixas e o ar quente sai pelo clerestório próximo à cobertura, onde existe uma área de baixa pressão (Figura 6), favorecendo a climatização natural, técnica explorada pelos arquitetos da LEVER



Architecture em uma adega para uma família produtora de vinhos, nomeada de L'Angolo Estate, localizada em uma periferia rural de Newberg, Oregon, no estado norte-americano (DELAQUA, 2018).

Figura 6 – Corte esquemático mostrando as correntes de ar frio (azul entrando pela porta de correr empurrando o ar quente (vermelho) o qual sai pelo clerestório no sentido da área de baixa pressão.



Fonte: Archdaily – DELAQUA (2018)

Portanto, o ar move-se naturalmente dado por dois comportamentos, por diferença de temperatura ou por diferenças de pressão, isto é, zonas de compressão e zonas de subpressão. É visto que tais conhecimentos são importantes para a elaboração de projetos que utilizam a climatização natural nos ambientes. (MONTENEGRO, 1984).

3. METODOLOGIA

O método para a obtenção dos dados necessários ao encaminhamento da pesquisa dá-se por meio da consulta de fontes primárias ou pesquisas documentais, que envolvem arquivos públicos como leis, assim como fontes estatísticas, dados do IBGE, etc., além das fontes secundárias consideradas as fontes bibliográficas tornadas públicas como “[...] jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses [...]”, as quais oferecem ao pesquisador uma prévia de materiais referente ao tema da pesquisa para propiciar novos pontos de vistas, abordagens e conclusões inovadoras. (MARCONI & LAKATOS, 2003, p. 183).



4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

4.1 REDE DE HOSPITAIS SARAHA / JOÃO FILGUEIRAS LIMA (LELÉ)

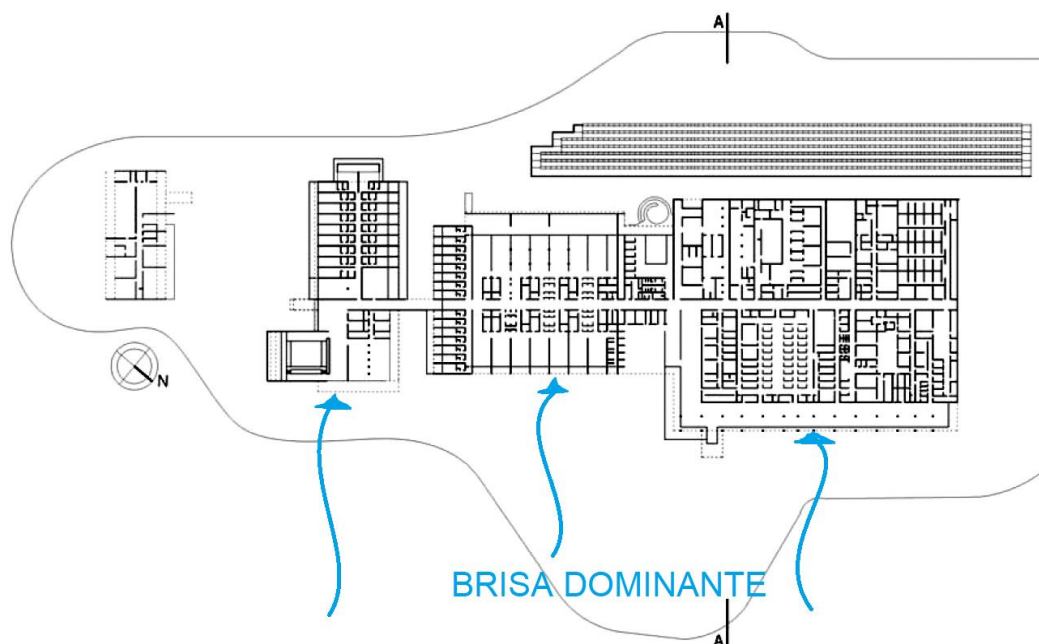
Não há como não falar de um dos arquitetos brasileiros mais importantes na construção de muitas obras no Brasil, desde o desenvolvimento da argamassa até a produção em série do pré-fabricado, João Filgueiras Lima, conhecido como Lelé, nascido no Rio de Janeiro em 1931 e formado na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1955. Lelé trabalhou em diversos escritórios, mas foi sob o governo de Juscelino Kubitschek, durante a construção de Brasília, que novas oportunidades surgiram para os jovens arquitetos, inclusive ele, que pôde acompanhar e projetar ao lado de grandes nomes da arquitetura brasileira como Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, dentre outros. Lelé é também muito reconhecido dentro da arquitetura bioclimática, pois trabalhou com o conforto ambiental em suas obras, em destaque na Rede de Hospitais SARAHA, nas quais sua preocupação envolve principalmente a iluminação e ventilação natural com inovações tecnológicas e invenções de sua própria autoria. (PERÉN, 2006).

Os sheds ou telhados em forma de serra são estratégias comumente utilizadas nos hospitais da Rede SARAHA projetados por João Filgueiras Lima e mostram que o resultado da forma desses elementos tem grande importância no conforto nos ambientes e na eficiência energética das unidades hospitalares. Porém, os sheds e a forma da cobertura não estão relacionados apenas a valores estéticos, mas sim a uma solução projetual inteligente para as situações climáticas do local. (GUIMARÃES, 2010).

Temos como exemplo o hospital da Rede SARAHA em Salvador – BA, em 1994, que foi o primeiro hospital em que as galerias de manutenção das instalações foram utilizadas também como dutos para a distribuição de ar fresco e filtrado na maioria dos ambientes do edifício (LIMA, 1999).



Figura 7 – Planta baixa do nível térreo do Hospital Sarah Kubitchek Salvador / João Filgueiras Lima Lelé.

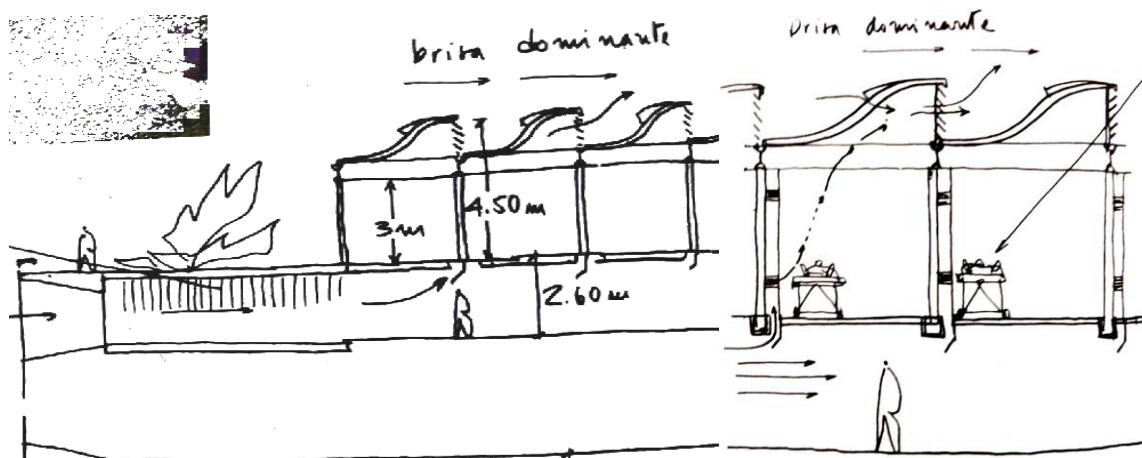


Fonte: FRACALOSS (2012) adaptado pelo Autor.

Em um croqui em corte esquemático detalhado do Sarah Salvador (Figura 8), notam-se as estratégias de Lelé, onde o ar circula entre o subsolo, passa pelas tubulações adentrando no ambiente e posteriormente são extraídos pelos sheds, ou seja, neste caso a saída da ventilação ocorre pela face aberta da cobertura dente de serra que está orientada no sentido da brisa dominante, onde provavelmente se situa a área de menor pressão, além de que, tais aberturas fornecem também a entrada da iluminação solar externa, as quais são controladas por elementos de proteção tipo brises. Conforme análise notou-se que os sheds foram orientados abertos para o sudoeste, cuja fachada recebe menor incidência solar direta.



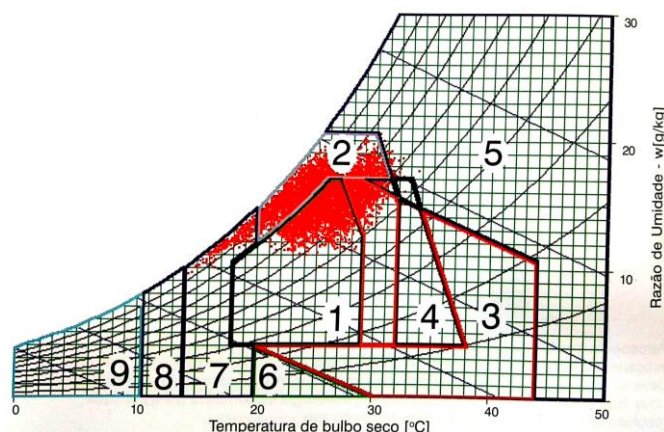
Figura 8 - Croqui do Lelé para o Hospital Sarah Salvador demonstrando a brisa dominante: a circulação dos ventos interno-externo e o funcionamento dos sheds.



Fonte: LIMA (1999, p.24).

Se for analisado a carta bioclimática da cidade de Salvador (Figura 9), nota-se que os pontos avermelhados (que representam as horas do ano) estão muito próximos em maior parte entre 20°C e 30°C. Sendo o calor o principal problema em Salvador, a ventilação natural a é estratégia mais indicada para solucionar esse desconforto térmico. “Em percentuais, o conforto térmico em Salvador representa 37,8% das horas do ano e o desconforto 62,1% subdividido em 58,5% e calor e apenas 3,6% de frio.” ou seja, o desconforto de frio é desprezível em relação ao do calor durante o ano, sendo desconsiderado aplicar aquecimento em projetos, a necessidade local é das estratégias de ventilação, massa térmica para resfriamento, possibilitando até o resfriamento evaporativo. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004, p.128).

Figura 9 – Carta bioclimática da cidade de Salvador – BA.



Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA (2004, p. 128)



Também, conforme a NBR 15220 as diretrizes construtivas para a zona bioclimática da cidade de Salvador são de: grandes aberturas para ventilação assim como o sombreamento para tais aberturas, além disso, durante o verão é aconselhado, como estratégia de condicionamento térmico passivo, ventilação cruzada permanente (ABNT, 2003).

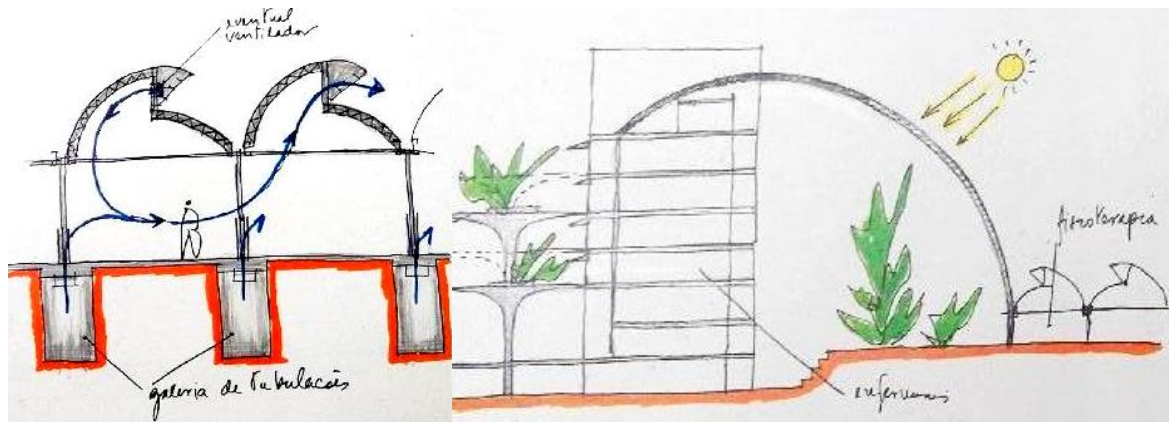
Provavelmente pela diretriz de sombreamento nas aberturas, foi proposta uma testeira ao shed do Hospital Sarah Salvador, para ajudar no controle da incidência de iluminação natural direta que entra pelas aberturas da cobertura dente de serra. Segundo Péren (2006) esta proposta gerou alguns problemas, pois o calor excessivo atingia a testeira causando dilatações que deformavam a peça, trazendo infiltrações em dias de chuva, além disso foi aplicado a pintura de cor azul na superfície côncava da pestana, para reduzir o calor refletido dentro do ambiente.

Todavia, no hospital da Rede SARAHA em Fortaleza, o conforto térmico ambiental é explorado diferentemente por Lelé, podendo ser realizado por meio de dois sistemas que podem trabalhar juntos. O primeiro é o sistema de convecção, que assim como no hospital de Salvador, o ar frio é inserido através das galerias de tubulações que ficam no subsolo e então é extraído pelos sheds que ficam com as suas faces abertas na direção e a favor dos ventos dominantes. O segundo sistema é o de ventilação cruzada, através de dois sheds em cada ambiente, sendo que um deles dota de um equipamento mecânico de exaustão localizado em sua abertura (Figura 10, croqui à esquerda). (LATORRACA, 1999)

No entanto, a fachada do bloco de internação do hospital SARAH Fortaleza possui uma cobertura em arco metálico para a proteção solar na face Norte. Segundo Latorraca (1999, p.204) a cobertura cobre o térreo onde contém um espaço verde "que se integra à fisioterapia, hall principal, circulação do setor de internação e alta administração dos serviços gerais no subsolo" (Figura 10, croqui à direita).



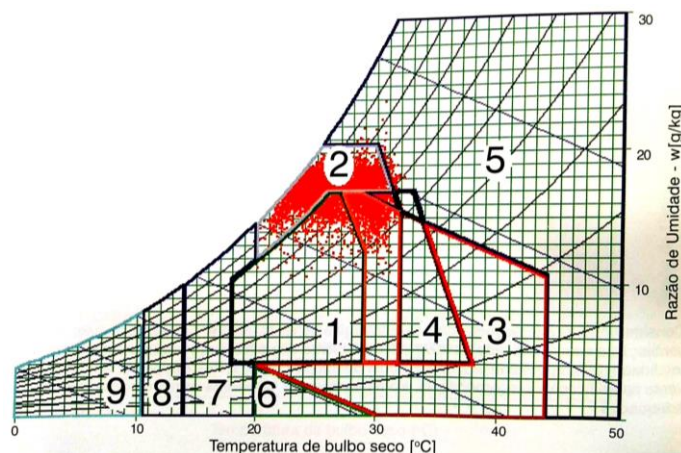
Figura 10 - À esquerda o sistema dos sheds e à direita a cobertura da fachada do bloco de internação do hospital SARAH Fortaleza.



Fonte: LATORRACA (1999, p.204)

Se analisarmos a carta bioclimática para a cidade de Fortaleza, local cuja temperatura situa-se entre 20°C e 31°C e a umidade relativa é quase sempre maior de 50% (Figura 11), indica que também está na zona de estratégias de ventilação para solucionar o problema do calor que corresponde em aproximadamente 86% das horas do ano. As diretrizes, portanto, são semelhantes às da zona bioclimática da cidade de Salvador, sendo aberturas amplas e sombreadas, orientadas de forma a captar os ventos e estratégias que forneçam a ventilação cruzada além da ventilação vertical, espaços internos fluidos, e etc. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2004).

Figura 11 – Carta bioclimática para a cidade de Fortaleza– CE.



Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA (2004, p. 128)



O conforto térmico do Hospital Sarah em Fortaleza é adquirido naturalmente por meio do seu partido de implantação e abertura dos sheds corretamente orientados a receberem a brisa dominante sentido Leste-Oeste (Figura 12). Também foram mantidos uma grande área arborizada que ocupa 1/3 do terreno, onde foram localizadas escolinhas e creches, dispostas a utilizar de maneira inteligente tal espaço (LATORRACA, 1999).

Figura 12 – Implantação do Hospital Sarah Fortaleza



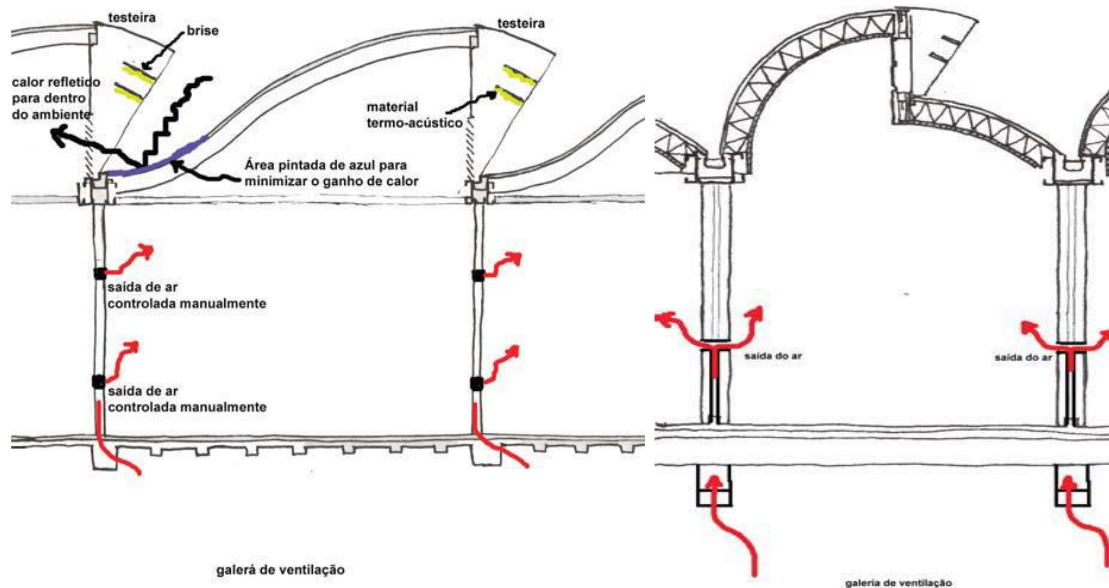
Fonte: Google Maps adaptado pelo Autor.

É possível observarmos então que, conforme cada projeto completava-se, análises eram feitas para determinar e investigar o comportamento de tais componentes nos diferentes locais aplicados, é devido a isso que a tipologia dos sheds passou a ser aprimorada pouco a pouco por Lelé em cima das estratégias já resolvidas. Posteriormente então, mais alguns mecanismos foram implantados para otimizar o funcionamento dos sistemas, pois novos conceitos formavam-se e resoluções surgiam, explorando diferentemente as necessidades adaptáveis a cada projeto que se realizava dos Hospitais da Rede SARA.

Uma das mudanças perceptíveis pode ser encontrada no Hospital Sarah Fortaleza nas mudanças em sua forma, para melhorar o controle ganho de calor excessivo, efeito comum percebido do desenho côncavo do shed (encontrado no Hospital Sarah Salvador), transformando tal desenho em um formato convexo onde a superfície frontal abre-se para outra cobertura convexa invertida. (PÉREN, 2006).



Figura 13 - Comparativo do sistema de ventilação e iluminação natural do hospital SARAH de Salvador à esquerda e o de Fortaleza à direita.



Fonte: PÉREN (2006, p.167)

Se compararmos, por exemplo, o hospital SARAH de Salvador com o de Fortaleza (Figura 13) podemos notar que as coberturas variam um pouco a forma apesar de conterem elementos e estratégias semelhantes. Isto comprova que as coberturas em sheds não necessitam seguir um manual regrado para todas as edificações, podendo ser variado de acordo com a dinâmica que o arquiteto decidir, pois diversos resultados podem ser encontrados por meio da mesma estratégia arquitetônica com diferentes soluções de desenho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os arquitetos que utilizam em seus projetos do aproveitamento da iluminação e ventilação natural podem economizar energia, diminuir custos desnecessários e ainda exercem uma postura de consciência sustentável diante dos problemas ambientais que vêm sendo combatidos, ao resolver os obstáculos projetuais necessários para oferecer o conforto interno aos usuários, seja qual forem as condições externas.

As soluções de projeto devem basear-se inicialmente na arquitetura bioclimática, ou seja, por meio dos estudos que buscam adaptar as construções para o meio em que ela será inserida, como por exemplo, os métodos dos irmãos Olgyay como o de Givoni, dentre outras diretrizes como das NBR's relacionadas (no caso do Brasil), dentre outros autores,



considerando as condições climáticas do local em questão, explorando o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, como o sol, o vento, assim como as chuvas, (neve, se for o caso) e da própria vegetação, levando em conta a orientação em relação ao sol e outras resoluções que influenciam no resultado final, na eficiência energética e no baixo impacto gerado ao meio ambiente.

Foi possível notar que muitos dos conceitos que foram abordados também foram utilizados nos hospitais da Rede Sarah de João Filgueiras Lima (Lelé), onde os desenhos esteticamente inovadores da cobertura dente de serra ou sheds, juntamente com os sistemas inclusos, fornecem a iluminação e a ventilação natural para os hospitais, locais de saúde que necessitam da renovação do ar e do conforto térmico dos usuários, possibilitando comparar as soluções de Lelé com as estratégias para as zonas bioclimáticas em questão, baseadas nos métodos de Givoni, desenvolvidas para países em desenvolvimento, que melhor se adaptam às condições brasileiras, podendo ser encontrado resultados semelhantes por meio das premissas da NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações.

Por fim, a pesquisa comprova que os arquitetos podem solucionar as estratégias de diferentes modos e ainda acrescentar identidade própria por meio do estudo aprofundado na bioclimatologia junto com dinâmica dos elementos e do desenho arquitetônico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15215 – Iluminação Natural** – Parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações** – Parte 1: Definições, símbolos e unidades.

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade:** Caminho ou utopia? São Paulo: Annablume, 2006.

BAKER, G. H. **Le Corbusier:** uma análise da forma. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CHING, F. D. K.; SHAPIRO, I. M.; - **Edificações sustentáveis ilustradas**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2017.

DELAQUA, Victor (Trad.); **L'Angolo Estate / LEVER Architecture**. ArchDaily: 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/890616/langolo-estate-lever-architecture>> Acesso em: 18 de maio de 2018.



DUARTE, D. H. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.** Porto Alegre: Ambiente Construído, 2006.

FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza.** Porto Alegre : Bookman, 2013.

FRACALOSSI, Igor. **Clássicos da Arquitetura: Hospital Sarah Kubitschek Salvador / João Filgueiras Lima (Lelé).** Brasil: ArchDaily, 2012. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele>> Acessado: 05 de Outubro de 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** 8. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GANEM, R. S. **De Estocolmo à Rio+20: avanço ou retrocesso?** Cadernos Aslegis, 2012.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável.** São Paulo : Revista USP, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564>> Acessado em: 20 de março de 2018.

GUIMARÃES. A. G. L.; **A obra de João Filgueiras Lima no contexto da cultura arquitetônica contemporânea.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HEYWOOD, Huw. **101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético.** São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre : Bookman, 2010.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas.** Brasília, 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LATORRACA, Giancarlo (Org.). **João Filgueiras Lima, Lelé.** São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi; Lisboa: Editorial Blau, 1999.

LIMA, J. F. **CTRS: Centro de Tecnologia da Rede Sarah.** Fundação Bienal/ProEditores, 1999.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; - **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo. Ed. 5; 2003.

MELENDO, J. M. A.; **Da janela horizontal ao brise-soleil de Le Corbusier: análise ambiental da solução proposta para o Ministério da Educação de Rio de Janeiro.** Vitruvius, 2004. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/554/pt>> Acessado em: 20 de março de 2018.



MONTENEGRO, G. A.; **Ventilação e cobertas**: estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

PEREIRA, D. C. L.; **Modelos físicos reduzidos**: uma ferramenta para a avaliação da iluminação natural. São Paulo, 2006. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-16052007-153359/pt-br.php>>
Acesso em: 05 de maio de 2018.

PERÉN, J. I. M.; **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima “Lelé”**: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12032007-225829/pt-br.php>> Acesso em: 16 de maio de 2018.

ROAF, Sue. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Porto Alegre : Bookman, 2009.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROMERO, M. A. B. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

SOUZA, C. R. B. **Telhado verde e sua contribuição para a redução da temperatura ambiente em construções para Cascavel-PR**. Cascavel, 2016.

WASSOUF, Micheel. **De la casa pasiva al estándar Passivhaus**: La arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona: Editora Gustavo Gili, SL, 2014.