

A IMPORTÂNCIA DE VENTILAÇÃO CRUZADA PARA ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA

THE IMPORTANCE OF CROSS VENTILATION FOR LIGHTING AND NATURAL VENTILATION IN CLASSROOMS

PAULO, Lucas Santos¹, ADAMCZUK, Clodoaldo²

Recebido em 08 de Nov. de 2023; Aceito em 18 de Nov. de 2023; Disponível *on line* em 05 de dezembro de 2023.

RESUMO: A importância da ventilação cruzada em edifícios é inegável, pois desempenha um papel fundamental na criação de ambientes internos confortáveis. Além disso, ao facilitar a entrada de luz natural nos espaços, a ventilação cruzada não apenas reduz a necessidade de iluminação artificial, mas também promove ambientes mais saudáveis e produtivos para os ocupantes. Em relação às escolas, sua adaptação a conceitos sustentáveis não é apenas uma questão de eficiência energética, mas também de educação. As escolas sustentáveis não apenas ensinam sobre sustentabilidade, mas também demonstram como colocar esses princípios em prática, influenciando positivamente as novas gerações. Portanto, ao considerar o projeto e a operação de escolas sustentáveis, é essencial incorporar estratégias como a ventilação cruzada e a iluminação natural para criar espaços propícios ao aprendizado, à saúde e ao desenvolvimento dos alunos e educadores. O objetivo do trabalho a seguir é mostrar através de uma abordagem qualitativa, usando métodos documentais e bibliográficos formas de solucionar problemas na ventilação e iluminação natural em salas de aulas e edifícios escolares. Com base nos estudos feitos é possível concluir que a ventilação cruzada feita de maneira correta mediante janelas, portas e brises se torna uma das melhores maneiras de se resolver tal problemática enfrentada nas escolas muitas vezes com ambientes sem ventilação adequada e com péssima iluminação.

Palavras-Chave: Ventilação Cruzada. Sustentabilidade. Escolas. Iluminação Natural.

ABSTRACT: The importance of cross ventilation in buildings is undeniable, as it plays a key role in creating comfortable indoor environments. Additionally, by facilitating the entry of natural light into spaces, cross ventilation not only reduces the need for artificial lighting but also promotes healthier and more productive environments for occupants. In relation to schools, their adaptation to sustainable concepts is not only a matter of energy efficiency, but also of education. Sustainable schools not only teach about sustainability, but also demonstrate how to put these principles into practice, positively influencing new generations. Therefore, when considering the design and operation of sustainable schools, it is essential to incorporate

¹ Estudante do curso Bacharelado de Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF); Contato: lucas.s.paulo@outlook.com.

² Professor orientador; Doutorando em Educação; Mestre em Educação; Especialista em Didática do Ensino Superior, Psicopedagogia Institucional e Clínica, Neuropsicopedagogia, Linguística Aplicada ao Ensino da Língua Portuguesa e Literatura Brasileira, Psicologia da Educação e Políticas Sociais de Enfrentamento à Violência Sexual Contra Crianças e Adolescentes; Graduado em Letras e Pedagogia. Contato: professorclodoaldo20@gmail.com.

strategies such as cross-ventilation and natural lighting to create spaces that are conducive to learning, health, and development for students and educators. The objective of the following work is to show through a qualitative approach, using documentary and bibliographic methods ways to solve problems in ventilation and natural lighting in classrooms and school buildings. Based on the studies carried out, it is possible to conclude that cross ventilation done correctly through windows, doors and louvers becomes one of the best ways to solve this problem faced in schools, often with environments without adequate ventilation and with poor lighting.

Keywords: Cross Ventilation. Sustainability. Schools. Natural Lighting.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo se concentra na importância da ventilação cruzada em edifícios e propriedades, destacando seu papel crucial na promoção do conforto térmico dos ocupantes e na redução significativa do consumo de energia. A ventilação cruzada não apenas permite a entrada de luz natural nos espaços, mas também pode eliminar a necessidade de ar-condicionado. Além disso, essa abordagem se alinha com a arquitetura bioclimática, que utiliza recursos naturais como chuva, vento, sol e plantas, para minimizar o impacto ambiental e reduzir o consumo de energia.

A importância da educação sustentável também é abordada, com destaque para a influência do ambiente escolar no desenvolvimento das novas gerações. O edifício escolar desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos, tornando-se um exemplo de vida sustentável para a comunidade.

O estudo destaca a relevância da iluminação natural e sua influência na saúde e no desempenho dos alunos. A falta de planejamento adequado da iluminação interna pode afetar negativamente a saúde física e psicológica dos usuários, bem como o desempenho acadêmico. Portanto, é importante garantir níveis adequados de iluminação, evitando contrastes excessivos.

A pesquisa também aborda a questão da climatização nas salas de aula. Enquanto sistemas de ar-condicionado podem oferecer conforto imediato, a adoção de métodos naturais de ventilação cruzada e o uso de filtros eficazes podem melhorar a qualidade do ar e o desempenho dos alunos.

A ventilação cruzada é muitas vezes negligenciada, apesar de seu valor na maximização da ventilação em edifícios. Quando aplicada corretamente, pode proporcionar benefícios significativos.

É importante criar um ambiente propício para os estudantes, incluindo iluminação adequada e controle da luz solar direta para evitar ganho de calor excessivo. A formulação do

problema questiona como a má iluminação e a ventilação inadequada afetam o desempenho e o bem-estar dos alunos e professores.

Os objetivos incluem a promoção da arquitetura sustentável, a minimização do impacto ambiental de edifícios altos e a criação de ambientes internos mais confortáveis e eficientes em termos de energia, o uso eficaz de ventilação cruzada, a consideração do vento local na instalação de janelas e portas, a utilização de elementos como cobogós e brises para melhorar a ventilação cruzada, e a busca por alternativas à climatização artificial. Este estudo destaca a importância da ventilação cruzada, iluminação natural e outros elementos arquitetônicos na promoção da sustentabilidade e do conforto em edifícios, com foco especial no ambiente escolar.

2. METODOLOGIA

O modelo de pesquisa proposto é voltado para estudos científicos e outras investigações acadêmicas. Ao adotar esse método para a redação do artigo, o ponto de partida é uma revisão inicial da literatura relacionada a abordar temas relacionados a arquitetura das salas de aulas e edifícios escolares, que explora diversas técnicas de absorção de iluminação e ventilação natural.

Dado o caráter exploratório do estudo, seu objetivo principal é contribuir para o avanço do conhecimento científico e acadêmico, buscando pesquisas já publicadas e analisando minuciosamente o tema em questão para alcançar uma compreensão mais profunda do fenômeno em estudo e assim auxiliar os profissionais da área em como melhorar seus projetos futuros. A seleção do tema de pesquisa é orientada pela relevância de artigos que sejam informativos e impactantes, tanto para a sociedade em geral quanto para a comunidade acadêmica. Reconhece-se a complexidade das intervenções e projetos relacionados a essa temática, destacando a importância fundamental para com as salas de aulas e edifícios escolares, sendo eles os locais de formação de crianças e adultos, local esse também em que as pessoas passam boa parte do seu tempo diário, e por isso deve estar sempre bem iluminado e ventilado para melhorar o aprendizado e bem-estar dos indivíduos.

O artigo descrito se baseará em uma abordagem qualitativa, usando métodos documentais e bibliográficos. A pesquisa qualitativa se concentrará na análise teórica por meio de pesquisas bibliográficas, consultando uma variedade de fontes como artigos, revistas, monografias, teses, dissertações, sites e outras ferramentas relevantes para o estudo.

O ponto de partida será a revisão bibliográfica centrada no estudo de arquitetura sustentável voltada para a ventilação cruzada e iluminação natural em salas de aula e edifícios

escolares. Os procedimentos técnicos para este estudo serão embasados no levantamento de dados, análise de legislações pertinentes e consultas necessárias para concretizar o mesmo. Isso implica que a pesquisa se concentrará em reunir informações relevantes por meio de fontes confiáveis e estabelecer uma base sólida de conhecimento teórico antes de avançar para a análise específica da arquitetura mais sustentável aplicada a ambientes escolares. A abordagem qualitativa sugere uma compreensão profunda dos conceitos teóricos e uma análise detalhada de como esses conceitos podem ser aplicados na prática, especialmente no contexto de ventilação e iluminação natural.

A combinação de revisão bibliográfica e pesquisa de dados técnicos oferece uma base robusta para embasar as descobertas e conclusões do estudo. O critério principal é a pertinência do conteúdo para o tema em questão. Portanto, apenas bibliografias que amplamente e consistentemente abordem os assuntos relacionados serão consideradas para inclusão nesta pesquisa. A importância da seleção apropriada de fontes de informação é ressaltada como essencial para a qualidade do estudo, já que elas são fundamentais para desenvolver argumentos e sustentar as hipóteses propostas. Para alcançar esse objetivo, diversas bases de dados serão exploradas. A pesquisa incluirá uma análise crítica dos materiais selecionados para identificar convergências e divergências entre as diversas perspectivas teóricas sobre o tema.

O método hipotético-dedutivo trata de uma abordagem científica e inicia com uma hipótese para alcançar uma conclusão. Esse método envolve a formulação de uma hipótese que pode ser testada por meio de observação empírica e experimentação. A pesquisa exploratória busca informações iniciais para direcionar a formulação de hipóteses ou perguntas mais específicas. É importante destacar que tanto a pesquisa exploratória quanto a bibliográfica não envolvem interferência direta do pesquisador no objeto de estudo, realçando a importância de fontes confiáveis para evitar imprecisões. Salienta-se a importância de escolher a metodologia de acordo com os objetivos da pesquisa e as particularidades do estudo, reconhecendo que cada método possui limitações e possibilidades distintas, requerendo uma avaliação cuidadosa antes de escolher a abordagem mais adequada.

A proposta do texto é analisar a aplicação da sustentabilidade através da ventilação cruzada e iluminação natural com uso de portas, janelas e brises no ambiente escolar, considerando as condições de trabalho e as deficiências decorrentes de ambientes inadequados. A intenção é, por meio de uma análise situacional, identificar os problemas, suas razões e as consequências de um ambiente insalubre, oferecendo soluções e enfatizando a relevância do tema com base nas melhorias propostas.

3. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

A arquitetura sustentável é uma abordagem na concepção, projeto e construção de edifícios e espaços que busca minimizar o impacto ambiental, promover eficiência energética, conservar recursos naturais e criar ambientes saudáveis para as pessoas que os utilizam. Ela vai além da simples estética e funcionalidade dos edifícios, considerando também a interação entre a construção e o meio ambiente em um sentido mais amplo. A importância da arquitetura sustentável é multifacetada e abrange diversos aspectos, como a redução do Impacto Ambiental onde a construção e operação de edifícios têm um grande impacto ambiental, desde o uso de recursos naturais até a emissão de gases de efeito estufa. A arquitetura sustentável procura minimizar esse impacto, utilizando materiais de construção de baixo impacto, otimizando o uso de água e energia e reduzindo a quantidade de resíduos gerados. Outro importante aspecto é a eficiência Energética, pois os edifícios consomem uma grande quantidade de energia para aquecimento, resfriamento, iluminação e operação de equipamentos. A arquitetura sustentável incorpora estratégias de projeto que maximizam a eficiência energética, como isolamento térmico, uso de fontes de energia renovável (como painéis solares), e design que aproveita a luz solar e a ventilação natural.

De acordo com as palavras de Capra (2003), uma comunidade sustentável não se nutre apenas do crescimento econômico, mas sim da complexa "teia da vida", que engloba as intrincadas "redes de comunicação" ou "redes vivas". Cada ato de comunicação dá origem a pensamentos e significados que acabam por estabelecer vínculos entre toda uma rede de ações. Basicamente, dois fatores desencadeiam essa realidade: o avanço global do capitalismo e o surgimento de comunidades sustentáveis fundamentadas na prática do planejamento ecológico, também conhecido como "eco design". Essa inovação teve um impacto significativo na sociedade, uma vez que coloca o bem-estar humano como o principal objetivo de consumo, o que, por sua vez, leva a uma definição prática de sustentabilidade ecológica aplicada ao dia a dia da sociedade.

Leff (2001), afirma que a cidade passou por transformações em busca de capital, concentrando a produção e o consumo, o que resultou na degradação da energia devido ao desperdício de recursos naturais. Ele também destaca que a racionalidade ambiental não é apenas o resultado de uma lógica, mas sim o efeito de uma série de interesses e práticas sociais. Portanto, abre-se espaço para a consideração de valores tradicionais e conhecimentos práticos.

Nesse contexto, entra a definição de ecotecnologia de Boff (2004), que se refere a um "caminho suave" composto por técnicas e procedimentos destinados a preservar o meio

ambiente ou reduzir os efeitos indesejados, identificando suas causas, não apenas suas consequências.

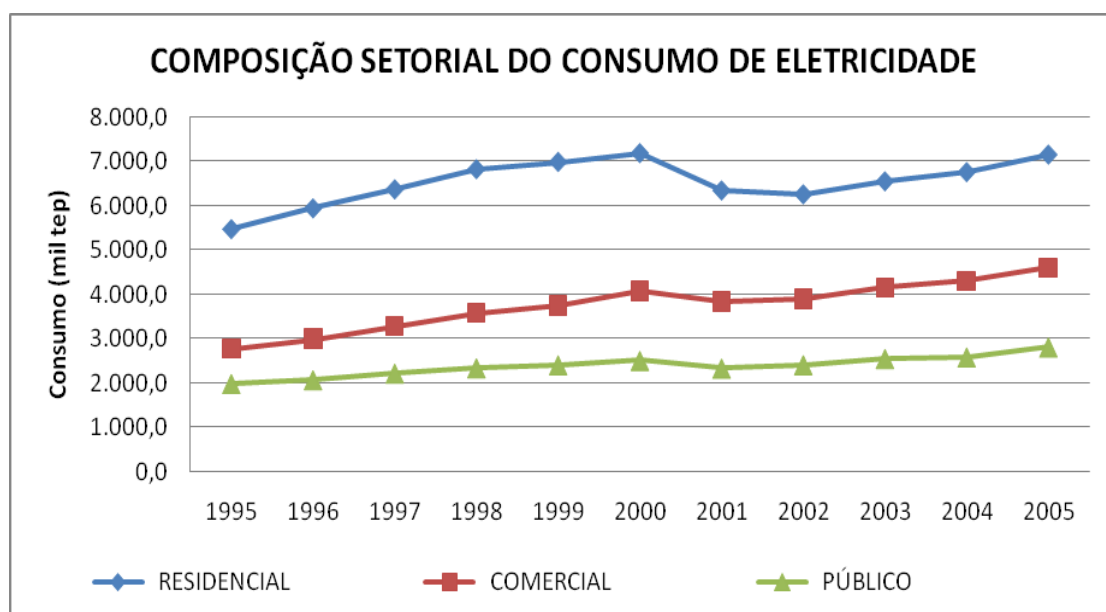
Nesse viés Sachs (2004), desenvolveu princípios sólidos fundamentados na satisfação das necessidades básicas humanas, na solidariedade com as gerações futuras, na preservação dos recursos naturais e do ambiente em geral. Esses princípios ganharam destaque no debate sobre o ecodesenvolvimento e impulsionaram a adoção do desenvolvimento sustentável pela sociedade civil.

3.1 O consumo energético no Brasil

Nos últimos anos, o Brasil experimentou um aumento na demanda por energia, principalmente devido à estabilidade econômica. O Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) também impulsionou ainda mais esse crescimento na demanda. A figura abaixo mostra a variação no consumo de eletricidade nos setores residencial, comercial e público entre 1995 e 2005, medida em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

O tep representa a energia liberada pela queima de uma tonelada de petróleo bruto e é a unidade padrão para a conversão de diferentes formas de energia no Balanço Energético Nacional (BEN), usando fatores de conversão baseados no poder calorífico inferior em relação ao petróleo (10.000 kcal/kg). É importante notar que houve uma queda no consumo em 2001 devido à crise energética, seguida por um subsequente aumento na demanda.

Figura 1 - Consumo de energia, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), entre os anos de 1995 e 2005 (BRASIL, 2006)

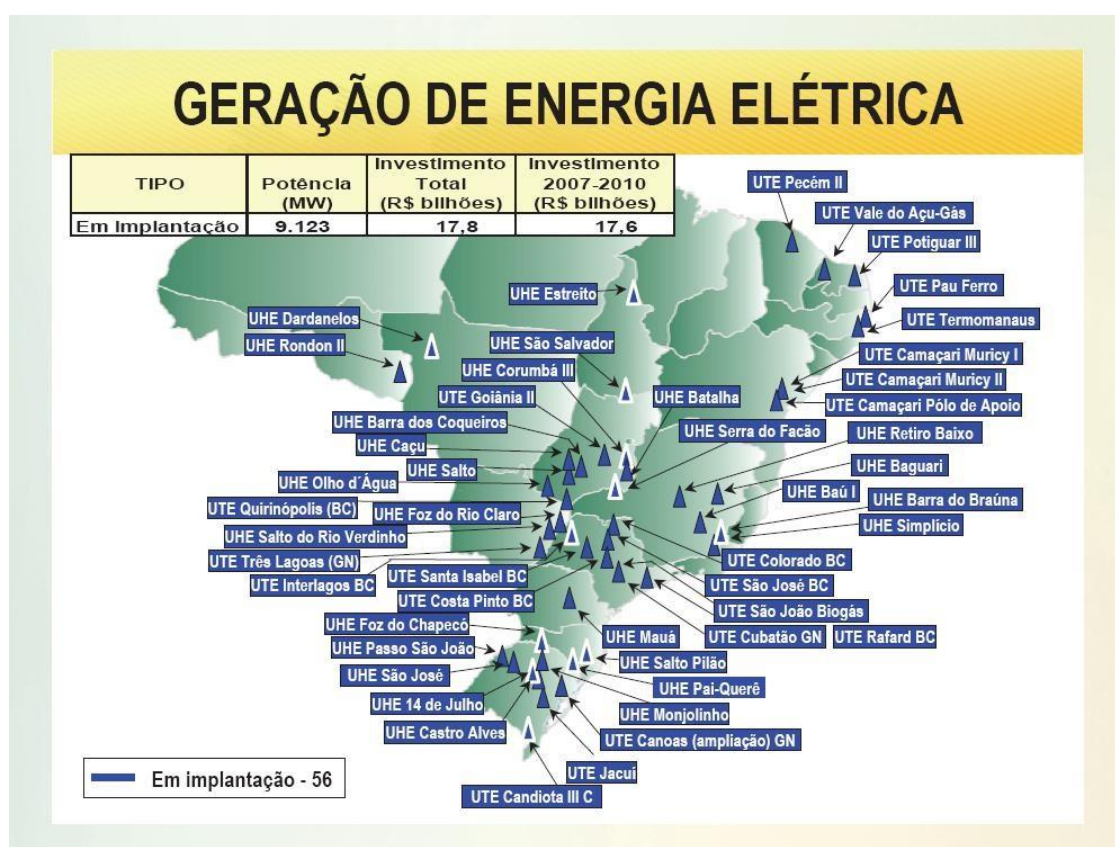


Fonte: Fabio K. Motezuki, 2009.

Um ponto notável é que a redução de consumo que evitou o racionamento de energia veio principalmente do setor residencial. Isso indica que mudanças nos hábitos da população, reduzindo o desperdício de energia, desempenharam um papel fundamental na melhoria da eficiência energética e no consumo mais consciente. Atualmente, o consumo de energia já ultrapassou os níveis anteriores à crise, graças a investimentos significativos em Usinas Termoeletricas (UTE), Usinas Hidroeletricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidroeletricas (PCH).

Além disso, há planos para expandir ainda mais a capacidade de geração de energia por meio da construção de novas usinas como parte do PAC. Em um cenário como esse, uma maneira eficaz de aumentar a oferta de energia elétrica sem a necessidade de construir novas usinas é investir na melhoria da eficiência energética.

Figura 2 - - Previsão de ampliação da oferta de energia elétrica. Usinas em implantação (BRASIL, 2007)



Fonte: Fabio K. Motezuki, 2009.

Um estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) projetou que, se o Brasil melhorasse sua eficiência energética em 10% nos próximos 10 anos, economizaria o equivalente a 57.800 GWh de eletricidade anualmente. O custo estimado pelo BID para alcançar esse nível de eficiência é de US\$ 6,7 bilhões, em comparação com os US\$ 21,5 bilhões que seriam necessários para construir novas usinas para atender a essa demanda (BID, 2008).

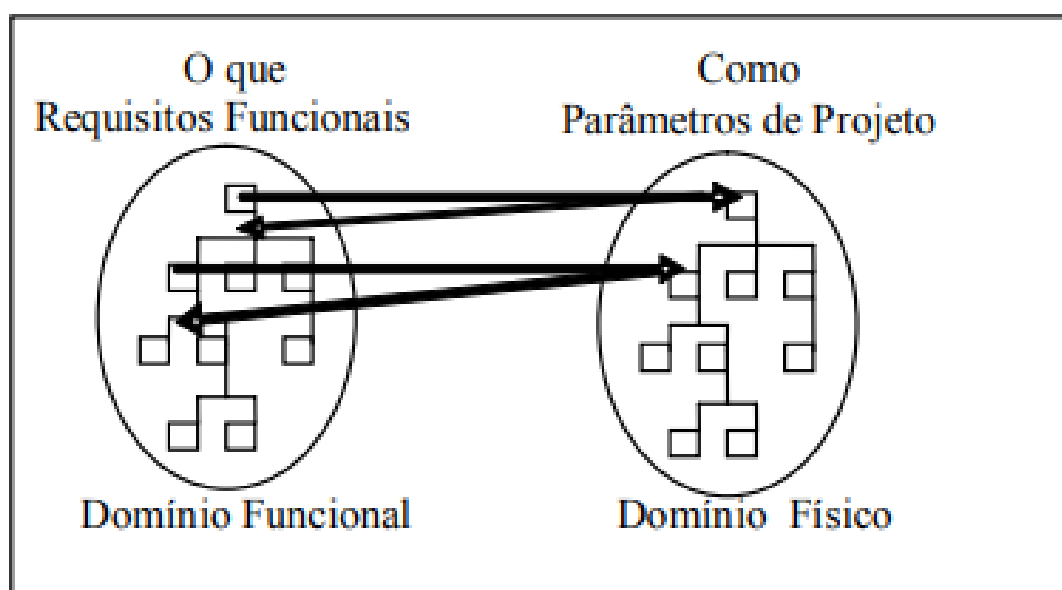
3.2 Funções e definições do conforto ambiental

A importância dos aspectos relacionados ao conforto visual, acústico e térmico em projetos arquitetônicos varia de acordo com as funções que esses espaços devem desempenhar. Nesta seção, optamos por abordar cada aspecto de conforto utilizando princípios da metodologia de projeto axiomático, conforme desenvolvida por SUH (1998).

De acordo com essa metodologia, o processo de projeto é concebido como um ciclo iterativo de hierarquização, que se desenrola por meio do mapeamento e da decomposição de requisitos funcionais (ou seja, as funções que o projeto deve atender) e parâmetros de projeto (ou seja, os elementos físicos que incorporam essas funções).

A decomposição dos requisitos funcionais é realizada de forma gradual, o que significa que, ao definir um requisito funcional (RF) em um determinado nível hierárquico, ele só pode ser desdobrado quando encontramos uma solução, isto é, um parâmetro de projeto (PP) que possa atender a esse requisito. Podemos pensar no trabalho do projetista como a tarefa de definir e desdobrar RFs e PPs em um dado nível hierárquico, movendo-se de forma iterativa entre os domínios funcional e físico, como ilustrado na Figura abaixo.

Figura 03 - Processo de projeto axiomático (SUH, 1990)



Fonte: Valéria A. C. da Graça, 2007.

Esse processo de tomada de decisão, baseado no mapeamento entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto e na hierarquização, é guiado por dois axiomas. O primeiro axioma trata da relação entre requisitos funcionais e parâmetros de projeto, indicando como eles podem ser decompostos. O segundo axioma está relacionado à avaliação e complexidade dos projetos. Esses axiomas podem ser expressos de várias maneiras, sendo o primeiro referente à manutenção da independência entre requisitos funcionais, assegurando que o ajuste em um parâmetro de projeto para atender a um determinado requisito funcional não afete negativamente outros requisitos funcionais.

O segundo axioma busca a minimização do volume de informações necessárias para o projeto, favorecendo planos, nos quais as funções sejam desacopladas (em conformidade com o primeiro axioma) e que contenham a menor quantidade de informações possível. Acredita-se que, embora diferentes projetistas possam abordar de maneira singular a definição de requisitos (funções) e desenvolver diferentes parâmetros de projeto (variáveis), por meio dessa metodologia, é possível esclarecer a importância relativa de cada aspecto de conforto no processo de projeto.

3.3 Funções e definições do conforto térmico

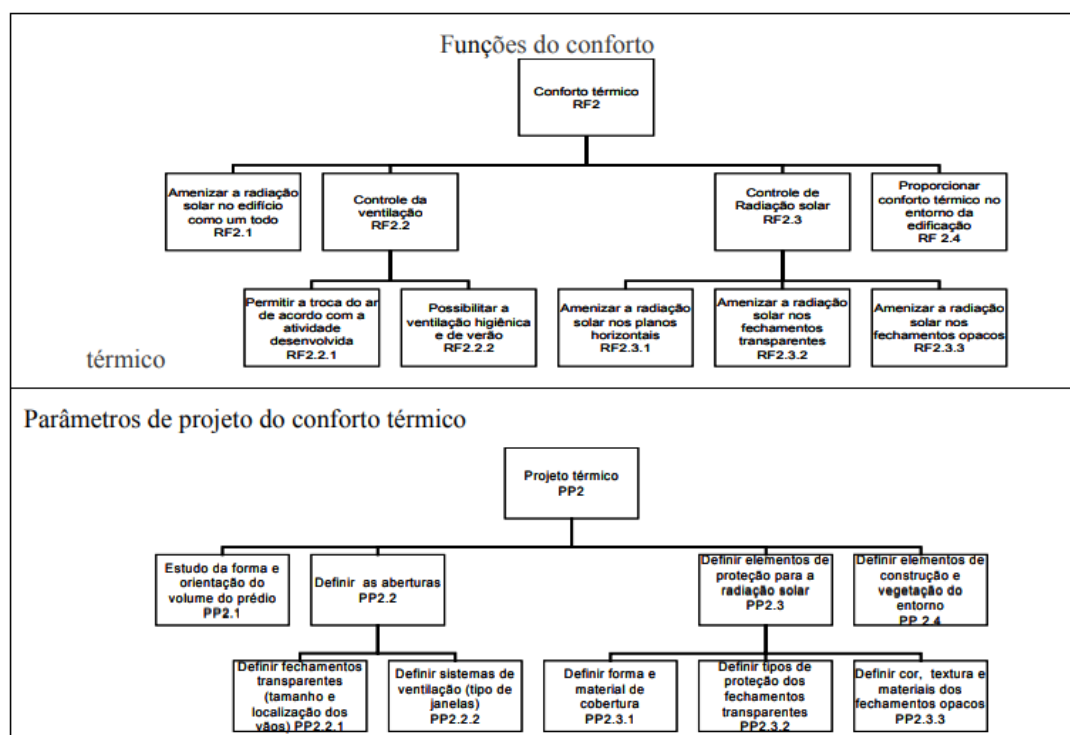
O conforto térmico de uma escola está relacionado com a capacidade de proporcionar aos seus usuários condições adequadas para realizar normalmente suas atividades, o conforto térmico das pessoas, que tem enorme influência em sua saúde e em seu rendimento, vai

depender exclusivamente dos conhecimentos e da preocupação do arquiteto para conseguir um melhor comportamento térmico da envolvente. Não conhece barreiras e só é possível opor-lhe resistências de eficácia variável, mas nunca impedir totalmente sua transmissão.

Devemos imaginar que ao redor de nós ocorrem processos contínuos de transmissão de calor, como produto das diferenças de temperaturas provocadas por fontes como radiação solar, o próprio corpo humano ou qualquer aparelho gerador de calor (RIVERO, 1986). Nos estudos de avaliação pós-ocupação observam-se problemas térmicos referentes à orientação das salas de aula, leste ou oeste, temperaturas elevadas no período da tarde no verão nas salas de aula e temperaturas baixas no período de inverno, pátios com grande exposição ao vento e falta de proteção contra insolação direta sobre os usuários das salas de aula (KOWALTOWSKI 2001), apresenta um procedimento de análise que inclui no desenvolvimento de projeto as questões térmicas.

Divide os procedimentos nas fases de programa, anteprojeto e projeto. Destes procedimentos e das avaliações pós-ocupação pode-se definir as funções genéricas ou requisitos funcionais para alcançar um bom desempenho térmico no projeto de escola, conforme mapeamento da figura 4.

Figura 04 - Funções e Parâmetros do conforto térmico.



Fonte: Valéria A. C. da Graça, 2007.

3.4 A arquitetura sustentável aplicada aos espaços

A Qualidade do Ambiente Interno nos edifícios projetados com princípios sustentáveis frequentemente resulta em ambientes internos mais saudáveis e confortáveis. Isso inclui o uso de materiais não tóxicos, sistemas de ventilação eficientes, controle da umidade e maximização da luz natural, o que pode melhorar a qualidade de vida das pessoas que habitam esses espaços.

A Longevidade e Valorização desses edifícios construídos com foco na sustentabilidade tendem a ter uma vida útil mais longa e a manter seu valor ao longo do tempo. Além disso, a demanda por construções sustentáveis está aumentando, o que pode tornar esses edifícios mais atraentes para investidores e compradores.

Os Projetos de arquitetura sustentável podem servir como exemplos para a comunidade, mostrando que é possível construir de maneira responsável e respeitosa ao meio ambiente. Isso pode inspirar outras pessoas e empresas a adotarem práticas mais sustentáveis.

Com as mudanças climáticas se tornando uma preocupação global, a arquitetura sustentável desempenha um papel fundamental na mitigação e adaptação. Edifícios projetados para resistir a condições climáticas extremas e reduzir o consumo de energia contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em resumo, a arquitetura sustentável visa criar ambientes construídos que equilibrem as necessidades humanas com a responsabilidade ambiental. Ela desafia os paradigmas tradicionais da construção, incorporando inovação e consciência ambiental para criar espaços que beneficiem as gerações presentes e futuras.

Salas de aula bem projetadas desempenham um papel vital na educação, proporcionando um ambiente favorável para a aprendizagem. O design adequado melhora o foco dos alunos, encoraja a colaboração, promove a acessibilidade e o bem-estar emocional, além de incorporar tecnologia e flexibilidade. Ambientes estimulantes e representativos da instituição também contribuem para a qualidade da educação. Em suma, o design de salas de aula vai além da estética, impactando positivamente o ensino, a motivação dos alunos e a imagem da instituição.

3.5 A ventilação natural em edifícios

A utilização da ventilação natural em edifícios é altamente recomendada do ponto de vista da eficiência energética, uma vez que pode proporcionar um conforto térmico adequado. Isso é particularmente relevante porque os sistemas de ar-condicionado representam uma

parcela significativa do consumo de energia em edifícios, com um peso de cerca de 40% de acordo com a "Regulamentação para etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos" da ELETROBRÁS, em comparação com os sistemas de iluminação (30%) e o isolamento térmico do edifício.

Além de melhorar o conforto térmico, a ventilação natural também desempenha um papel fundamental na qualidade do ar interno e no conforto dos ocupantes. Muitas normas prescritivas de ventilação se baseiam na taxa de trocas de ar por hora e na área das aberturas para ventilação natural como critérios para avaliar a ventilação adequada de um edifício.

No entanto, à medida que os sistemas de ventilação e ar-condicionado se tornam mais complexos, normas baseadas no desempenho, na remoção de poluentes tornam-se mais adequadas para avaliar a qualidade do ar interno. Para projetar edifícios com alta eficiência energética, é essencial avaliar o projeto antes da construção.

Existem três abordagens possíveis para essa avaliação. Abordagem Experimental: usando modelos em escala reduzida em túneis de vento para simular as condições do local de construção. No entanto, essa abordagem pode ser de alto custo e demorada. Abordagem Analítica: baseada em cálculos simplificados, embora útil para uma compreensão geral, essa abordagem pode não ser precisa o suficiente para casos complexos. Abordagem Numérica Computacional: mais econômica do que a abordagem experimental e mais precisa do que a analítica, essa abordagem é adequada para a análise da ventilação em edifícios.

A análise da ventilação por meio de métodos numéricos computacionais, como o uso de programas de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), é uma abordagem eficaz, embora geralmente seja mais associada a outras áreas da engenharia, como aeronáutica e automobilística. No entanto, sua aplicação na engenharia civil é valiosa para compreender a ventilação em edifícios.

É importante realizar simulações computacionais na fase de projeto para evitar problemas e aprimorar a qualidade do projeto. No entanto, o uso de CFD requer conhecimento especializado, o que pode ser um obstáculo para muitos arquitetos. Portanto, uma metodologia baseada em lógica nebulosa, que permite aos projetistas utilizar resultados de simulações de CFD armazenados em um banco de dados, sem a necessidade de conhecimento profundo sobre a dinâmica dos fluidos. Isso pode auxiliar na otimização do projeto de ventilação com base no layout da construção, condições de vento e critérios de conforto.

A ventilação cruzada é uma estratégia fundamental na arquitetura para garantir uma circulação eficiente de ar fresco nos espaços internos de um edifício. Essa técnica envolve a

criação de aberturas opostas, como janelas ou portas, em lados diferentes de um espaço para permitir a passagem do ar de fora para dentro e vice-versa.

A importância da ventilação cruzada na arquitetura é destacada pelos seguintes motivos: **Melhoria da Qualidade do Ar Interno:** a ventilação cruzada ajuda a reduzir a concentração de poluentes internos, como poeira, alérgenos, compostos orgânicos voláteis e dióxido de carbono. Isso resulta em uma melhor qualidade do ar interno, que é essencial para a saúde e o conforto das pessoas que ocupam o espaço.

A circulação do ar proveniente da ventilação cruzada também ajuda a controlar os níveis de umidade dentro do edifício. Isso é especialmente importante para evitar a formação de mofo e bolor, que podem causar problemas de saúde e danos à estrutura do edifício.

A ventilação cruzada permite a troca de ar quente e úmido por ar mais fresco e seco.

Isso pode ajudar a manter uma temperatura interna confortável, reduzindo a necessidade de sistemas de resfriamento artificial e economizando energia. A utilização da ventilação cruzada pode reduzir a dependência de sistemas mecânicos de ventilação e condicionamento de ar. Isso resulta em um consumo menor de energia, contribuindo para edifícios mais sustentáveis e economicamente viáveis. A circulação adequada de ar fresco melhora o conforto térmico das pessoas, prevenindo a sensação de ar abafado. Além disso, o contato com a luz natural e o ar externo pode ter benefícios psicológicos, aumentando o bem-estar dos ocupantes.

A ventilação cruzada renova o ar interior, removendo o ar viciado e trazendo oxigênio fresco. Isso é essencial para manter níveis saudáveis de oxigênio e evitar a sensação de falta de ar. A adoção de estratégias de ventilação natural, como a ventilação cruzada, está alinhada com princípios sustentáveis. Reduzir a necessidade de sistemas mecânicos de ventilação diminui o consumo de energia e a pegada de carbono do edifício. A ventilação cruzada é um elemento importante do design bioclimático, que visa tirar proveito das condições climáticas locais para criar espaços mais eficientes e confortáveis. Ela pode ser adaptada de acordo com a orientação do edifício e as condições de vento predominantes.

A ventilação cruzada desempenha um papel crucial na criação de espaços internos saudáveis, confortáveis e eficientes em termos energéticos. Ao projetar edifícios com considerações cuidadosas para a ventilação cruzada, os arquitetos podem melhorar a qualidade de vida dos ocupantes e contribuir para um ambiente construído mais sustentável.

3.6 A utilização da luz natural em edificações

A evolução da vida dentro de edifícios deu um grande salto de qualidade com a criação do vidro para janelas. Sem ele, as casas teriam permanecido como refúgios frios e escuros, dependendo da iluminação artificial (BUTERA, 2009).

Na Idade Média, o vidro começou a ser usado em igrejas, mas foi apenas no final do século XIV que elementos translúcidos foram efetivamente implementados em janelas de residências. Inicialmente, materiais orgânicos como linho e pergaminho permitiam a entrada de luz, mas não proporcionavam visibilidade e eram frágeis. Somente no século XV o vidro passou a ser utilizado em casas burguesas e, a partir do século XVI, se disseminou rapidamente por vários países (BUTERA, 2009).

Dessa forma, janelas com vidro possibilitaram iluminar o interior das construções, permitindo contato visual com o exterior, proteção contra as intempéries e aquecimento dos ambientes por meio da energia solar. Ao longo de séculos, as janelas e o vidro foram usados de maneira eficaz em construções, adaptando-se às condições climáticas locais. Em climas temperados, janelas envidraçadas voltadas para a direção com maior incidência solar aqueciam os espaços internos, enquanto em climas quentes e úmidos, aberturas protegidas por beirais extensos dispensavam o uso de vidro, garantindo iluminação e ventilação através de aberturas amplas. No entanto, após a Revolução Industrial, a concepção da arquitetura se fragmentou. As construções, que antes eram pensadas de forma integrada, passaram a ser desenvolvidas de maneira separada, rompendo a conexão entre os materiais, técnicas e as condições climáticas (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

Contudo, Butera (2009), descreve que com a popularização de sistemas de ar-condicionado e iluminação artificial eficiente, a ideia de uma casa como uma "máquina de morar" separou a arquitetura em dois aspectos: a própria construção e a tecnologia para torná-la funcional. Com isso, as relações entre a construção e o ambiente físico ao redor foram se perdendo.

Nesse contexto, o conforto térmico das construções passou a depender dos aparelhos de ar-condicionado, enquanto a iluminação passou a ser vista principalmente como uma necessidade funcional, priorizando a iluminação artificial, muitas vezes em detrimento da iluminação natural. Em alguns casos, a estética do projeto prevalecia, levando ao uso excessivo da iluminação artificial. Assim, Vianna e Gonçalves (2007), afirmam que essas construções eram admiradas por sua "beleza", mas escondiam uma funcionalidade falsa.

Como resultado, surgiram construções semelhantes em todo o mundo, adotando o chamado "Estilo Internacional" (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2004). Edifícios com fachadas envidraçadas que precisavam ser controlados por dispositivos devido à incompatibilidade com

o clima. Essas fachadas criavam um "efeito estufa" no interior, sobrecarregando os sistemas de ar-condicionado. O discurso de usar grandes áreas de vidro para manter a "conexão com o exterior" e "garantir luz natural" levava os usuários a colocar cortinas e mantê-las fechadas durante o dia para reduzir o calor e o ofuscamento, resultando na necessidade de usar iluminação artificial para manter a iluminação adequada. Portanto, o discurso anterior de "conexão com o exterior" e "garantia de luz natural" se tornava inconsistente, e havia o custo adicional de energia para a iluminação artificial e o ar-condicionado.

O que é curioso é que isso representa um caso único de retrocesso tecnológico ao longo de todo o último milênio. Um retrocesso porque a construção voltou a ter apenas uma função, a de proteger contra o clima, piorando ao mesmo tempo ao perder todas as conexões que historicamente tinha com o ambiente físico (BUTERA, 2009, p. 173).

Atualmente, temos a oportunidade de estudar os princípios da arquitetura integrada com os fatores naturais, aproveitando a tecnologia desenvolvida e examinando as experiências arquitetônicas ao longo dos séculos. Estamos em um período em que as preocupações ambientais são cruciais globalmente, e é possível aplicar o conhecimento científico para melhorar a qualidade dos espaços construídos. Nesse sentido, a iluminação natural em construções volta a ser um ponto essencial de análise desde as fases iniciais do projeto ou na renovação de edificações. Portanto, esta pesquisa busca contribuir com os estudos necessários para tornar o conhecimento sobre o uso da luz natural mais acessível e aplicável no projeto de construções.

4 CONCLUSÃO

Com base nas informações apresentadas no texto, é possível chegar a uma conclusão profundamente substantiada sobre a relevância do brise soleil na arquitetura e no conforto ambiental. O brise soleil representa uma abordagem inteligente e estratégica para lidar com desafios ambientais por meio do design arquitetônico. Sua influência no controle da entrada de luz solar direta desempenha um papel significativo na regulação térmica dos edifícios.

Nesse caso específico dos edifícios escolares e salas de aula citado anteriormente ao reduzir a exposição excessiva à radiação solar, a técnica de ventilação cruzada através das portas janelas e brise, minimizam o superaquecimento dos espaços internos, o que por sua vez diminui a necessidade de sistemas de refrigeração, resultando em uma redução direta no consumo de energia, pois além de auxiliarem no processo de diminuição de radiação solar ainda, ajuda na

troca de ar desses ambientes. Essa economia de energia não só reduz os custos operacionais dos edifícios escolares e salas de aula, mas também contribui para a diminuição da pegada de carbono, alinhando-se com os objetivos de sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas.

Além disso, a capacidade desses sistemas em promover uma circulação de ar adequada é fundamental para a melhoria da qualidade do ambiente interno. Ao permitir a entrada controlada de ar fresco, esses elementos não apenas regulam a temperatura interna, mas também melhoram a qualidade do ar, reduzindo os contaminantes e aumentando o conforto dos ocupantes.

A aplicação inteligente de técnicas visando a ventilação cruzada vai além do conforto imediato dos mentores e acadêmicos dos edifícios aqui citados. Ela evidencia um compromisso com a responsabilidade ambiental e a criação de espaços que são ecologicamente conscientes. Ao adotar estratégias que reduzem o consumo de energia e minimizam o impacto ambiental, os projetos arquitetônicos voltados para um olhar mais bioclimático se alinham com os princípios da arquitetura sustentável e demonstram uma abordagem mais holística para a construção.

Considerando o crescimento da preocupação com a sustentabilidade e o aumento das regulamentações e práticas sustentáveis na arquitetura, a ventilação cruzada gerada através de brises, portas e janelas, emergiu como um componente crucial, não apenas para melhorar o conforto e a eficiência dos ambientes, mas também para contribuir ativamente para a preservação do meio ambiente.

O estudo mostrado acima evidencia que a ventilação cruzada quando feita da maneira correta utilizando de brises, portas e janelas, não é apenas um elemento arquitetônico; é uma ferramenta para a criação de espaços que respeitam e respondem aos desafios atuais, como a busca por eficiência energética e a redução do impacto ambiental. Sua presença e aplicação estratégica são fundamentais para a construção de um futuro mais sustentável e ecologicamente equilibrado.

REFERÊNCIAS

BABICK, C.S. **Análise Do Desempenho Técnico Luminotécnico De Ventilação, Natural De Um Projeto Padrão De Edifício Escolar Do FNDE De Acordo Com Os Requisitos De Normas Referenciais Nacionais E Internacionais.** São Leopoldo: 2016

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Como Economizar US\$ 36**

bilhões em eletricidade (sem desligar as luzes): Uma pesquisa sobre a produtividade energética nas Américas. São Paulo, 15 Set. 2008. **Palestra proferida em função da Energy Efficiency and Competitiveness Conference, São Paulo, 2008.** Disponível em <<http://www.iadb.org/secci/events2008.cfm>>. Acesso em: 2008

BARBER, M. A.. Building the case for light shelves. **BUILDINGS**, Philadelphia, apr. 2007. Disponível em: <<http://www.buildings.com/tabid/3334/ArticleID/3648/Default.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

BRASIL. **Comitê gestor do PAC. 1º Balanço do PAC:** Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/pac/>>. Acesso em 20 de Jul. 2007.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Brasília. Apresenta dados sobre o Balanço Energético Nacional.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432>. Acesso em: 09 Jul. 2006.

BERTOLOTI, D.. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo, 2007.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, Christina. **Introdução à ventilação natural.** Editora UFAL: Maceió/AL, 2008

BOFF, L. **Ecologia: grito da terra, grito dos pobres.** Rio de Janeiro, 2004.

BORMANN, O. R.. **Iluminação natural em salas de aula e escritórios com uso de prateleiras de luz.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba.

BUTERA, F. M. **Da caverna à casa ecológica. História do conforto e da energia.** Tradução de Elza Bassetto. São Paulo: Nova Técnica, 2009.

CAPRA, F. **As conexões ocultas.** São Paulo, IDESA, 2003

CARVALHO, C. V. de A.; MARTHA, L. F.; TEIXEIRA, W.. **Fluxovento:** um simulador gráfico interativo para o estudo de ventilação em ambientes construídos. In: VIII ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2005, Maceió. **Anais...**Maceió: ENCAC-ELACAC, 2005, p. 350-359.

DIAS, A. F. A.; GOMES, V. A.; CABÚS, R. C.. **Componentes de controle de luz natural em salas de aula e seu desempenho conforme a orientação solar do edifício.** In: X ENCONTRO NACIONAL
E VI

ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. **Anais...**Natal: ENCAC, 2009, p. 1394-1400.

GONÇALVES, R.B. **ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO EM SALAS DE AULA: Um Estudo Sobre A. Utilização De Brise E O Cruzamento De Ventilação Em Abertura.** Maringá: 2012

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder.** Petrópolis, Vozes, 2001.

MISTURINI, L.H. **Iluminação E Ventilação Natural: Soluções Arquitetônicas Bioclimáticas 2012.** Cascavel: 2012

RIVERO R.(1986). **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural.** Porto Alegre:D.C. Luzzatto,. 2º edição.

RIZZARDI, A. F. **A influência da sustentabilidade nos espaços educadores de ensinofundamental.** Florianopolis 2017

RORIZ, M. **Software Luz do Sol 1.1.** São Carlos, jun., 1995. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/luz-do-sol/>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro, 2004.

SUH,N.P. (1998). “**Axiomatic Design theory for systems**”. Research in engineering design. 10:189- 209

SUH, N.P. (1990) **The principle of design.** New York: Oxford University Press.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S.. **Iluminação e Arquitetura.** São Paulo: Virtus, 2001.

VIANNA, N. S., GONÇALVES, J. C. **Iluminação e Arquitetura.** São Paulo: d Geros Ltda, 2007.

KOWALTOWSKI D.C.C.K., LABAKI L.C., PINA S.A.M.G., RUSCHEL R.C., BORGES FILHO F.& BERTOLLI S.R.(2001). “**Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares de Campinas, SP**”. Campinas: FEC-UNICAMP; 2001. UNICAMP, Campinas

WEBER, C. P. **O uso do brise-soleil na arquitetura da região central do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.