UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DE SÃO CARLOS

CONFORTO TÉRMICO E ENERGIA

- Estudo do edifício do Instituto de Arquitetura e Urbanismo do Campus 1 da USP de São Carlos -

SHS0614. Saneamento e Meio Ambiente para Arquitetura

Prof. Tadeu Fabrício Malheiros
7960025. Luiana Carolina Cardozo
7959840. Mariana Ueda Fernandes
8058444. Tatiana de Oliveira Chiletto

São Carlos - SP, 2015

ÍNDICE

01. INTRODUÇÃO (3)
02. PROBLEMATIZAÇÃO (5)
03. OBJETIVOS (6)
04. METODOLOGIA (7)
05. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E ANÁLISES (10)
05.1. DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ENERGIA NO CAMPUS (10)
05.2. ESTIMATIVA DO CONSUMO MENSAL DE ENERGIA NO BLOCO DE SALAS DO IAU (13)
05.3. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA (14)
05.3.1. "MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA" (15)
05.3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE SÃO CARLOS (22)
05.4. ANÁLISE DE PONTUAIS EDIFÍCIOS DO CAMPUS 1 DA USP – SÃO CARLOS (29)
05.4.1. ANÁLISE DO INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DE SÃO CARLOS – ATELIER E SALA DE VÍDEO (29)
05.4.2. EXEMPLO DE ESTRATÉGICAS DE CONFORTO TÉRMICO E APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO NATURAL PRESENTES EM OUTRO EDIFÍCIO DO CAMPUS: E1 (34)
06. EXPLORAÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS ANÁLISES REALIZADAS (37)
06.1. ENTREVISTAS COM USUÁRIOS DO ATELIER (37)
06.2. MEDIÇÕES IN LOCO (43)
06.2.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS (43)
06.2.2. RESULTADOS OBTIDOS (43)
07. INDICADOR DE CONFORTO AMBIENTAL (48)

07.1. APLICAÇÃO DO INDICADOR DE CONFORTO AMBIENTAL (49)
08. PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO (51)
08.1. ATELIER DO INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO (51)
09. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (53)

01. INTRODUÇÃO

A relação do homem com a natureza está fortemente ligada à questão energética. O modo com o qual se relaciona com ela, provocando modificações ambientais e consequentes impactos sugere uma análise da atividade antrópica sobre o meio ambiente de acordo com os momentos históricos da evolução da espécie humana.

Historicamente, o homem passou de coletor, para predador e, mais tarde, a se valer de utensílios, fogo, força animal etc. O domínio de técnicas de exploração do ambiente natural com cultivo agrícola e pecuária tornou possível o assentamento deste em um único local, eliminando a necessidade do deslocamento nômade em busca da subsistência. Nesse sentido, o sedentarismo possibilitou uma maior facilidade para a obtenção de recursos necessários para a sobrevivência do homem. Posteriormente diversas tecnologias foram inventadas para auxiliar no trabalho agrícola, pecuário, e isso permite que outras atividades sejam desenvolvidas.

O uso da energia pelo indivíduo é um fator de grande importância no estudo da evolução da tecnologia e da humanidade como civilização. O período que compreende a Revolução Industrial, século XVIII, é um ponto crucial na história da relação homem x natureza. Tal momento foi marcado por uma intensa migração de populações que, antes ocupavam as áreas rurais, e agora passam a se concentrar nas áreas urbanas. Nesse contexto há uma mudança significativa nos padrões de consumo e produção, sobretudo pelo aumento da demanda gerada pela ocupação concentrada em áreas urbanas, inicialmente inaptas a comportar tamanha população.

Além disso, dado os impactos provocados pela atividade industrial, uma série de problemas de salubridade atingiram as cidades. Na Primeira Revolução Industrial, a demanda de energia, já crescente, teve uma grande explosão. A partir desse marco, pode-se dizer que o desenvolvimento tecnológico, e, consequentemente, a demanda energética cresceu e ainda cresce em um ritmo nunca antes visto. Todavia, o desenvolvimento tem suas implicações. Todo desenvolvimento humano ocorreu e ocorre às custas da exploração do ambiente natural. Após centenas de anos de

exploração sem qualquer preocupação ambiental, a natureza cobra seu preço. Escassez de recursos naturais, mudanças climáticas, catástrofes naturais, diminuição da qualidade de vida, alagamentos, poluição atmosférica, destruição de ecossistemas são apenas alguns fatores resultantes da ação antrópica inconsequente de agressão ao meio ambiente.

Tendo em vista as consequências que a civilização vem sofrendo acerca da exploração do ambiente natural, a consciência ambiental é um assunto de crescente importância nos âmbitos acadêmico, social, político e econômico. Em 1992, ocorreu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (conhecida popularmente como Eco 92), que reuniu representantes de 179 países. Nesse evento foi desenvolvido um documento chamado Agenda 21, que representa o primeiro passo oficial na conscientização ambiental acerca da tentativa de melhora no que diz respeito aos impactos ambientais. O documento consiste em um conjunto de intenções e diretrizes a fim de tentar promover um novo padrão de desenvolvimento, servindo como base para inúmeros outros documentos e estudos sobre o mesmo assunto (IBRAM, 2012).

No âmbito da construção civil, a Agenda 21 abrange uma questão chamada "Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento", definido como "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmam a dignidade humana e encorajam a equidade econômica". O tema da construção sustentável merece certo destaque no documento visto que a indústria da construção civil é, segundo o CIB (Conselho Internacional da Construção), o setor das atividades humanas que geram maior impacto ambiental no que diz respeito a geração de resíduos e ao consumo de recursos naturais e energia. Além disso, ainda existe a qualidade de vida no ambiente construído, como ocorre a relação do setor com o meio ambiente a ser considerado - enfoque dado neste trabalho. Dentro da temática do consumo de energia nos espaços construídos, o documento recomenda a busca por soluções que potencializam o uso racional de energia e/ou a opção por fontes de

energia alternativas como coletor solar térmico para aquecimento de água (no caso de residências), ou energia solar fotovoltaica (MMA, s.d.).

02. PROBLEMATIZAÇÃO

Especificamente, no Brasil, os projetos na arquitetura e na construção civil, não se articulam de forma a aproveitar todo o potencial climático oferecido nas regiões do país. Desta forma, podemos refletir nas relações causa – efeito ocasionadas a partir desse desperdício e desse não aproveitamento. A utilização das práticas de aproveitamento máximo dos recursos naturais, tais como, por exemplo, o aproveitamento da luz natural nos projetos de arquitetura, pode ser utilizado de forma criativa e eficiente. Uma boa solução arquitetônica pode reduzir o consumo de energia elétrica, uma vez que, a matriz energética atualmente utilizada no país, na maioria das vezes está diretamente ligada à emissão de poluentes na atmosfera e à consideráveis impactos ao meio ambiente.

Uma arquitetura inadequada para o local onde fora projetada contribui para elevados gastos de energia em climatização, entre outros usos. O potencial, menosprezado, proporciona um desperdício energético, além de péssimas condições de conforto térmico e de iluminação da edificação. Uma das causas principais desse impacto refere-se ao consumo de energia, como acima citado, pois ele se inicia na fase de execução e intensifica-se na fase pós-ocupacional. O objetivo do tema a ser estudado, se direcionara a analisar o desempenho do ambiente construído de modo a compreender uma boa relação entre pessoa-ambiente-edifício construído, principalmente quando se trata de ambientes de trabalho e de pesquisa os quais se encontram os edifícios do campus da USP São Carlos.

Observa-se que vários edifícios do Campus já apresentam baixo nível de produtividade e não proporcionam o conforto térmico adequado aos seus usuários. Sendo assim, é necessário a inevitabilidade de dispositivos de melhoras no conforto térmico, sem se preocupar em minimizar custos de energia. A conscientização desta problemática e a pesquisa científica em arquitetura do conforto ambiental, são incorporadas no trabalho visando possíveis estratégias e soluções à preservação do meio ambiente.

03. OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é caracterizar e analisar as estratégias de conforto térmico e energia utilizadas nos ateliers de arquitetura do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Carlos.

Objetivos Específicos:

- Compreender as estratégias projetuais eficientes para edifícios da cidade de São Carlos;
- Analisar o edifício em questão pontuando partidos utilizados pelo mesmo;
- Analisar se são partidos eficientes tendo em vista o conforto térmico e o aproveitamento energético.
- Avaliar a eficiência do edifício pontuando questões e possíveis complicações no projeto de arquitetura que interferiram na melhora do desempenho energético.
- Propor estratégias alternativas que poderiam contribuir em uma melhora do desempenho térmico e acústico da edificação.

04. METODOLOGIA

A metodologia divide-se, resumidamente, em sete etapas:

Etapa 01: Levantamento de dados sobre o clima, ventilação e características da região de São Carlos para análise climática do local;

Etapa 02: Análise das plantas e formas da concepção de projeto do edifício;

Etapa 03: Levantar dados referentes a questões térmicas e energéticas do objeto de análise do presente trabalho;

Etapa 04: Levantar dados referentes às questões térmicas e energéticas do campus 1 da USP de São Carlos como um todo, permitindo estabelecer uma comparação do objeto de análise particular com uma área mais abrangente que o envolve;

Etapa 05: Levantar trabalhos, legislações que buscam estabelecer critérios para a construção de edificações sustentáveis;

Etapa 06: Comparar os dados obtidos na etapa acima com os dados referentes ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo, buscando avaliar se essa construção se enquadra nos padrões de sustentabilidade;

Etapa 07: Propor soluções alternativas para a edificação, buscando adequá-la enquanto construção sustentável em termos climáticos e energéticos.

O levantamento de dados sobre o clima, ventilação e características da região de São Carlos (Etapa 01) será realizada por meio de pesquisas bibliográficas, e pelo auxílio do software *Climate Consultant*. Desta maneira, obtém-se parâmetros e referências de conforto térmico necessárias para se estabelecer uma base comparativa com a apresentada na situação a qual se encontra o Atelier do Instituto de Arquitetura e Urbanismo.

O software *Climate Consultant*, apresenta ainda estratégias projetuais que devem ser adotadas em determinadas regiões para se obter o conforto térmico

necessário. Ou seja, ao apresentar as condições climáticas de São Carlos, ele apresenta as soluções de projeto que são imprescindíveis para a cidade.

A Etapa 02 compreende a reunião de material iconográfico a respeito do projeto da edificação. Será levantada uma análise e será feita uma compilação da documentação existente do projeto do Atelier de modo que a análise comparativa com o resultado do *Climate Consultant* se desenvolva de forma eficiente. Pretende-se reunir o material iconográfico, disponibilizar elementos gráficos, como plantas e fotografias, e, assim como a descrição do espaço, estabelecer reflexões e diferentes leituras a respeito do conforto térmico da obra.

A Etapa 03 se relaciona com a medição *in loco*, realizada com o auxílio dos equipamentos do Laboratório de Construção Civil, o qual permitirão um estudo quantitativo da energia, e qualitativa em relação à temperatura, ventilação e iluminação.

Além disso, a entrevista nos fornecerá impressões de usuários apresentado um estudo qualitativo do ambiente. Através das medições de temperatura do ar e das superfícies em diferentes períodos do dia, estudos de insolação, estudos das condições de ventilação natural nos ambientes internos e estimativa do consumo energético da edificação, conforma-se a base quantitativa para analise conseguinte.

Na etapa seguinte (Etapa 04): levantamento dos dados referentes às questões térmicas e energéticas do campus 1 da USP de São Carlos como um todo, obtém-se um estudo por meio de uma análise comparativa. Desta forma, obtém-se duas perspectivas: a comparação do objeto de análise particular com uma área mais abrangente que o envolve; e qual a situação do espaço tangente ao Atelier do curso de Arquitetura e Urbanismo, se está, ou não, adequado às questões de conforto térmico e energia.

Estas duas últimas etapas serão constituídas de diagramas, desenhos bidimensionais e resultados articulados em tabelas. A escolha de tal método reside na facilidade de efetivar leituras espaciais e formais que esta permite, extraindo e isolando informações e destacando-as do conjunto. A análise gráfica permite, então,

compreender e comparar visualmente as estratégias, analisando variações e repetições na identificação dos métodos de projeto.

A Etapa 05 consiste na consulta da norma ABNT | NBR 15220, cujo título é “Desempenho térmico de edificações”, em rigor desde 2005, e que traz informações a respeito de métodos de leituras das condições climáticas de cada ambiente, através de uma inserção mais ampla no zoneamento bioclimático estabelecido para o Brasil como um todo e aproximações em dados mais específicos da área de projeto, através de medições de temperatura, e informações de diretrizes projetuais recomendadas para cada caso.

A Etapa 06 sequencia e complementa a pesquisa de modo que não só as estratégias de projeto de conforto com contempladas. A partir dos dados apresentados na Etapa 05, busca-se avaliar se a construção do Atelier de Arquitetura e Urbanismo corresponde e se enquadra nos padrões de construções sustentáveis. Ou seja, não só no projeto, mas também se a própria construção do edifício e suas diretrizes construtivas atendem ao esforço pró-ecológico tão discutido atualmente.

O edifício sustentável incorpora uma vasta gama de práticas e tendências para reduzir ou eliminar o impacto dos edifícios ao meio ambiente. A harmonia do projeto se constitui por meio de relação entre estética arquitetônica e o respeito dos recursos naturais dos arredores do local onde o mesmo será implantado. Desta forma, finalizando a metodologia da pesquisa, é proposto soluções alternativas para a edificação, buscando adequá-la enquanto construção ecologicamente amigável, focando nos termos climáticos e energéticos.

Esta pesquisa fornecerá, então, uma estrutura completa para se acessar o desempenho do Atelier do Instituto de Arquitetura e Urbanismo e caracteriza-lo frente às metas e discussões de sustentabilidade.

05. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E ANÁLISES

05.1. DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE ENERGIA DO CAMPUS

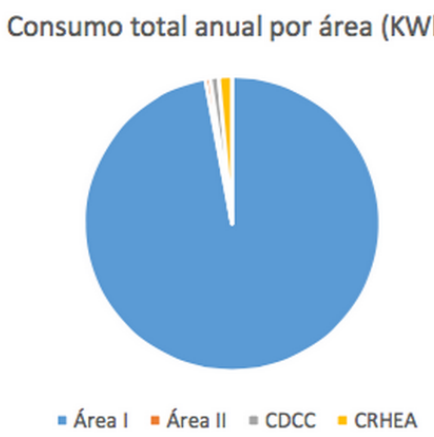
O campus da Universidade de São Paulo (USP) localizado na cidade de São Carlos é composto por duas áreas, denominadas área 1 e área 2, sendo a última produto de um processo recente de expansão da unidade. A área 1, por ser mais antiga, acumula mais funções e serviços - abriga prédios de salas de aula, centro de esportes e recreação, alojamentos, centro médico, bibliotecas, edifícios administrativos, centro de divulgação científica e cultural (CDCC), laboratórios, centro acadêmico, restaurante universitário, lanchonetes e sistema de transporte, enquanto a área 2 detém, atualmente, apenas prédios de sala de aula, laboratórios, biblioteca, restaurante universitário, lanchonete e sistema de transporte - sendo a área mais adensada, e, portanto, que apresenta uma demanda mais significativa de energia.

A demanda energética do campus é integralmente suprida pela CPFL, companhia externa de geração de energia, que atua como concessionárias do serviço público de geração de energia elétrica valendo-se majoritariamente de usinas hidrelétricas.

A única ferramenta de controle do consumo de energia do campus são cinco cabines de energia localizadas na área 1 (na Prefeitura Área Norte, na Prefeitura Área Sul, duas no Instituto de Física e na Portaria) e duas localizadas na área 2 (na Prefeitura e no PCASC 2).

Para este trabalho não foi possível obter dados recentes acerca do consumo energético do campus devido a falhas na comunicação com o departamento de manutenção da prefeitura do campus. Por essa razão, serão utilizados dados coletados na pesquisa do projeto da disciplina "Sustentabilidade e Gestão Ambiental" dos alunos Ana Terra Amorim Maia, Cristiano Steinkirch de Oliveira, Júlia Panzarin Savietto, Bianca Ventura Brandizzi, Gabriel Angelo Sgarbi Cocenza e Falcon Thibault. Os dados são referentes aos anos de 2012 e 2013.

Gráfico do consumo total no ano de 2013 por área do campus e do consumo energético total no ano de 2013 por cabine da área 1 do campus da USP em São Carlos.



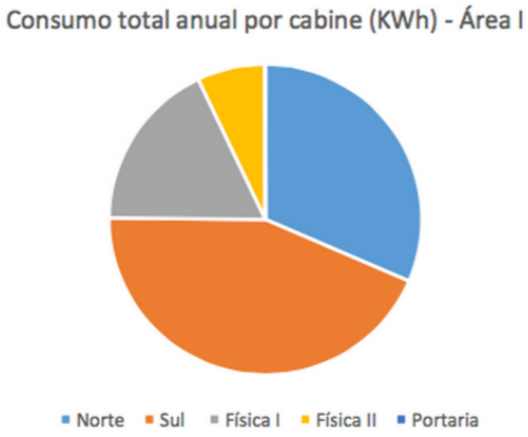
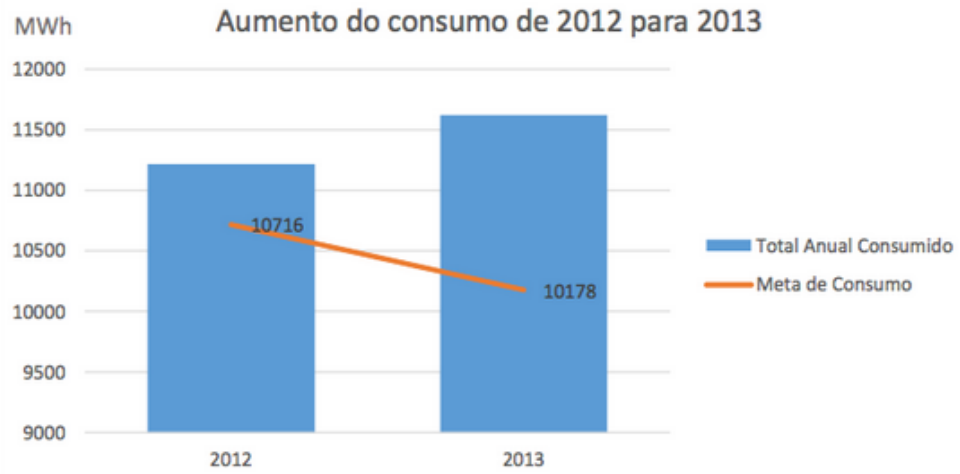


Gráfico comparativo dos consumos energéticos totais nos anos de 2012 e 2013 do campus da USP em São Carlos.



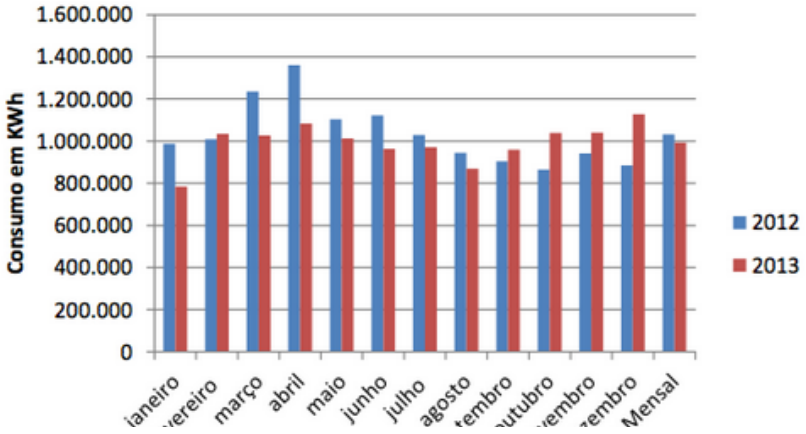


Gráfico comparativo dos consumos energéticos mensais nos anos de 2012 e 2013 do campus da USP em São Carlos.

Analisando particularmente a área 1, a cabine que registrou maior consumo foi a localizada na Prefeitura Área Sul, seguida pela Portaria, Prefeitura Área Norte e pelas duas cabines da Física.

Na análise comparativa entre os anos de 2012 e 2013, verifica-se um aumento significativo - cerca de 3,71% - no consumo de energia, fato preocupante visto que fora estipulado uma redução de 5% no consumo energético da USP ao ano.

Quanto ao último gráfico, tem-se o consumo mais acentuado de energia elétrica nos meses de março e abril. Infere-se que a provável causa seja as altas temperaturas - o que muitas vezes demanda a utilização de equipamentos de refrigeração - aliadas ao retorno às aulas dos estudantes. O consumo médio gira em torno de 1.000.000 kWh por mês, o que significa um consumo mensal médio de 3,125 kWh/m^2 - considerando a área total do campus 1 como 32 hectares.

De maneira geral, a USP conta com o Programa Permanente Para o Uso Eficiente de Energia Elétrica (PURe), criado em 1997 com o intuito de incentivar e promover a gestão e o uso consciente da energia elétrica em todas as instalações da universidade, assim como a conscientização da comunidade universitária acerca da importância do uso sustentável e racional dos recursos naturais. O programa surgiu como medida emergencial em resposta à atribuição de uma meta de racionamento que impunha a redução do consumo de energia em 20%.

Vinculado à Coordenadora de Espaço Físico da USP (COESF), o PURe segue uma metodologia organizada em três frentes: de gestão administrativa, que diz respeito ao gerenciamento e monitoração do consumo de energia; tecnológico, que atua a partir de intervenções nos edifícios e seus respectivos sistemas de uso da energia, promovendo trocas de equipamentos, estabelecendo normas e diretrizes para aquisição de novos equipamentos, orientando a construção de novos edifícios etc.; e comportamental, no sentido de promover a conscientização no setor educativo em prol do uso racional de energia por meio de palestras, campanhas periódicas, formação de gestores e agentes de energia, atualização dos eletricistas e pessoal da manutenção, etc.

05.2. ESTIMATIVA DO CONSUMO MENSAL DE ENERGIA NO BLOCO DE SALAS DO IAU

Com o intuito de estabelecer um ponto de partida acerca da utilização de energia do bloco de salas do IAU (abrangendo ateliers e salas de vídeo) foi utilizado o Simulador de Consumo da CEEE (Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica, RS) para calcular uma estimativa do consumo médio de energia nas salas por mês.

Para o cálculo dos ateliers foram computadas 44 lâmpadas fluorescentes (32W) acesas durante 16h/dia e considerados 8 computadores (200W) ligados na tomada durante 6h/dia. Segundo o simulador, o consumo mensal resultante é de 963,84 KWh. Tais números são referentes à um único atelier, portanto esse resultado deve ser multiplicado por 5 - número de ateliers. Tem-se, assim, o valor final de 4.819,2 KWh por mês.

Nos banheiros foram consideradas 6 lâmpadas fluorescentes (32W) acesas durante 16h/dia, o que deu um total de 92,16 KWh ao mês. Tal resultado é referente a um banheiro, portanto, o valor deve ser multiplicado por 2 - número de banheiros. Tem-se, assim, o valor final de 184,32 KWh por mês.

Para as salas de vídeo foram constatados 1 projetor (320W) ligado durante 10h/dia, 1 computador (200W) ligado durante 10h/dia, 16 lâmpadas fluorescentes (32W) acesas durante 10h/dia, 4 lâmpadas tipo "spot" (13W) acesas durante 2h/dia e 1 ar condicionado de 12.000 btu (1400W) ligado durante 7h/dia. Partindo do pressuposto de que a sala é utilizada apenas em dias úteis foi feito o cálculo por dia - 20,22 KWh - tendo o resultado multiplicado por 20 - média dos dias úteis no mês - a fim de obter o valor mensal - 404 KWh. Assim como nos exemplos anteriores, o cálculo feito é referente a apenas uma sala, sendo necessário multiplicar o valor obtido por 2 - número de salas de vídeo. Tem-se, assim, o valor final de 808 KWh por mês.

Quanto ao corredor, foram consideradas 38 lâmpadas fluorescentes (32W) acesas durante 12h/dia e 1 bebedouro (290W) ligado 24h/dia. Obteve-se o valor total de 646,56 kWh por mês.

Somados todos os valores, obtém-se o consumo médio mensal estimado de 6.458,08 KWh no bloco de salas do IAU. Dado a área aproximada do objeto de análise 1.306,5 m^2, tem-se um consumo médio mensal de 4,95 kWh/m^2, superior à média mensal da área 1 do campus da USP em São Carlos calculada em 2012/2013 - 3,125 kWh/m^2.

05.3. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

Com o aumento dos problemas relacionados ao meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido foco de discussão tanto nos setores privados quanto públicos. A busca da conciliação do crescimento econômico com a responsabilidade socioambiental e conservação dos recursos naturais é uma das grandes preocupações dos tempos atuais. A solução ou minimização dos problemas ambientais deve partir de novas concepções administrativas, arquitetônicas - no que diz respeito a construções novas e reformas - e tecnológicas que incluam o meio ambiente em suas decisões.

Considerando-se que as pessoas passam em média 90% do tempo em edifícios, seja em suas respectivas casas ou no ambiente de trabalho, a busca por soluções de conforto térmico - a fim de reduzir o consumo de energia com refrigeração/calefação - iluminação natural e instalação elétrica eficientes, práticas de consumo consciente e iniciativas administrativas se faz necessária. No âmbito dos prédios públicos, a ELÉTROBRAS, juntamente ao IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal) elaborou o Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica, que funciona como um guia técnico de tais soluções. O documento faz parte do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) cuja missão é "promover a conservação e o uso

eficiente de energia elétrica, diminuindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente" (IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, p. 4).

Baseado no documento supracitado e no material didático fornecido nas disciplinas de Conforto Ambiental nas Edificações oferecidas pelo IAU-USP, segue breves explanações acerca de estratégias para redução do consumo de energia.

05.3.1. "MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA" - PROCEL

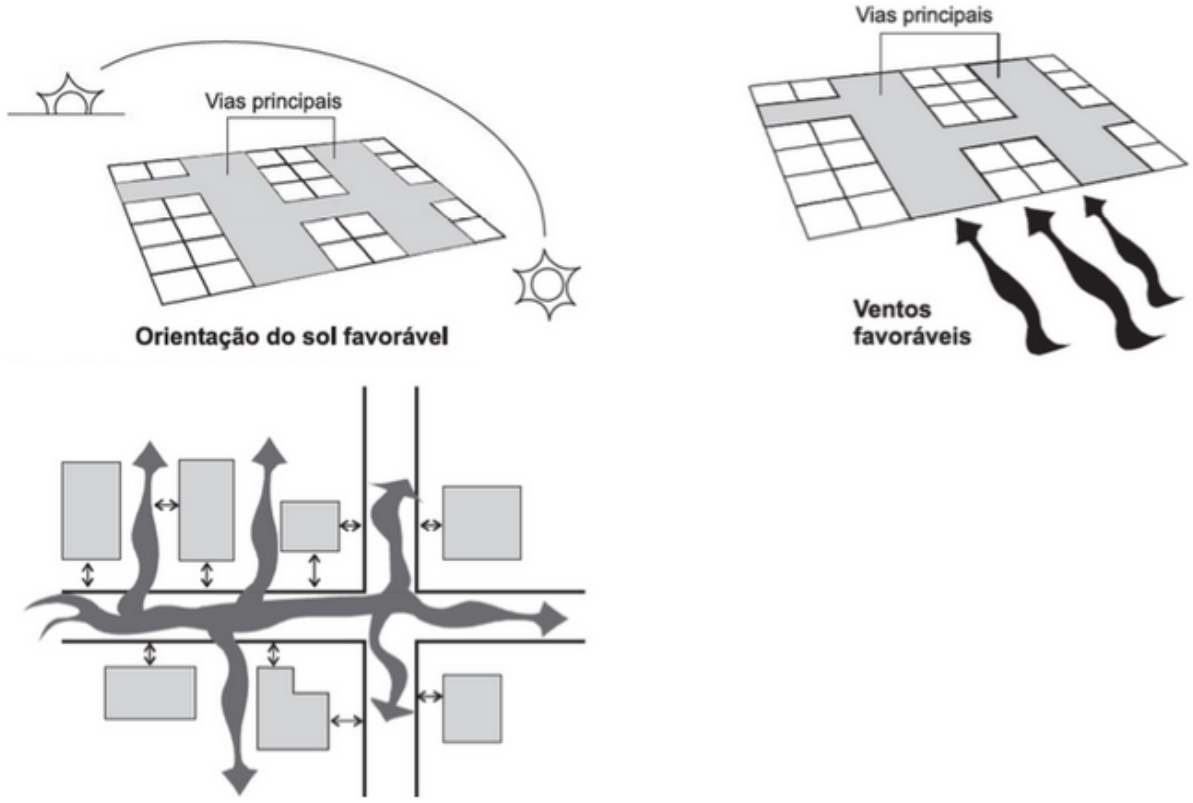
Atualmente no Brasil existe um Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), iniciativa da ELETROBRÁS em parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). Fruto deste programa tem-se o documento intitulado "Manual de prédios eficientes em energia elétrica", elaborado para auxiliar os administradores de prédios públicos na obtenção de resultados que tragam redução no consumo energético e de custos, diminuindo desperdícios e impactos sobre o meio ambiente. As estratégias indicadas no documento baseiam-se fundamentalmente na arquitetura, no uso de equipamentos mais eficientes e na mudança de hábitos.

No âmbito da arquitetura, o manual leva em consideração o conforto ambiental.

> *“Conforto ambiental em projeto de arquitetura significa, em linhas básicas, o atendimento de algumas das necessidades orgânicas - basicamente acústicas, higrotérmicas, visuais e de qualidade do ar - dos usuários previsto pelo Programa de Arquitetura em suas horas de ocupação, através da compreensão do clima externo e de decisões arquitetônicas compatíveis. Recentemente vem se agregando a questão da sustentabilidade a seu conceito, o que se traduz em novas escolhas de procedimentos e materiais que resulte no menor impacto ambiental possível.*
>
> *Conforto Ambiental, no âmbito da eficiência energética, incorpora um atributo a mais; quando obtido, gera um ambiente saudável ao*

uso e uma fatura de energia elétrica mínima necessária para complementar os momentos em que o microclima externo não oferece as condições necessárias de iluminação, temperatura, qualidade do ar, umidade ou silêncio. " (IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, p. 12-13)

Em termos urbanísticos, o conforto ambiental é buscado por meio de regulamentação de gabaritos máximos - para que não haja interferência na insolação entre as edificações - taxas de ocupação - para que não se exceda um limite de áreas impermeabilizadas, controlando assim, o risco de enchentes e fenômenos como as ilhas de calor - organização interna dos espaços projetáveis e orientação de vias - para favorecer as melhores condições possíveis de insolação e ventilação naturais nas edificações. Tais condições são exemplificadas nos esquemas abaixo.



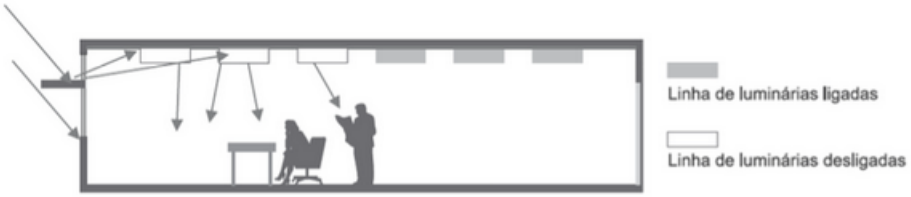
Fonte: IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002 p.14.

Vale ressaltar que os parâmetros que orientam tais regulamentações variam de acordo com as características geográficas e climáticas da região em questão.

No âmbito das edificações, o manual divide as recomendações em dois tipos de propostas: edificações com opção permanente pela climatização artificial, seja ela aquecimento ou refrigeração, e edificações com opção pela climatização natural.

O primeiro grupo configura-se por edifícios os quais se assume a incompatibilidade das necessidades dos usuários com a disponibilidade climática. Nesse caso, as recomendações giram em torno da proteção do edifício contra o ambiente externo - isolamento térmico. Tendo em vista a eficiência energética com o mínimo consumo necessário para geração de frio ou de calor, deve evitar situações como Infiltrações de vãos de janelas, esquadrias, porosidade das paredes externas e coberturas, assim como o excesso de superfícies envidraçadas não sombreadas. De maneira geral, o manual lista quatro vertentes projetuais a serem seguidas:

- Estudo da volumetria da edificação. Quanto mais compacto o espaço climatizado menor são as superfícies de troca com o exterior, tornando, assim, mais energeticamente eficiente o condicionamento mecânico do ar.
- Sombreamento externo, isolamento das fachadas e coberturas e escolha cuidadosa da orientação das aberturas.
- Uma vez protegidas, dependendo do uso específico, as fachadas devem ser projetadas como captadoras de luz natural em quantidade suficiente para a não necessidade de iluminação artificial.
- No projeto do interior, são aconselhadas cores claras para o teto e as paredes a fim de um maior aproveitamento interno, por reflexão, da fonte natural de iluminação. Dessa forma, possibilita-se que o sistema de iluminação artificial seja projetado em circuitos paralelos à fachada, proporcionando uma manipulação energeticamente eficiente por parte do usuário conforme a necessidade. Vide figura abaixo.

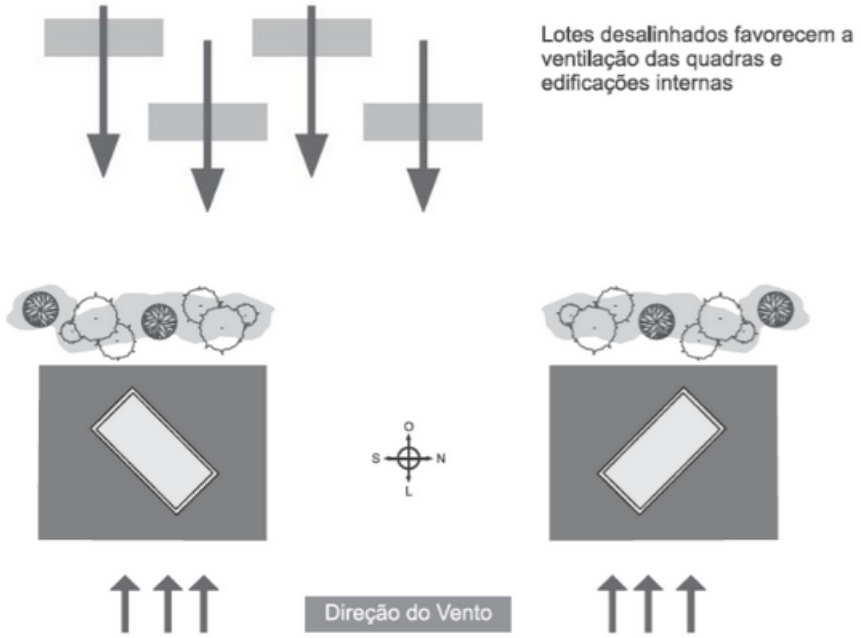


Fonte: IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, p.17.

No caso das edificações as quais preza-se pela climatização natural, as estratégias e recomendações ganham outro grau de complexidade. A leitura e interpretação das condições climáticas da região onde se encontra o projeto torna-se essencial para as decisões de conforto ambiental. O grande desafio no âmbito da eficiência energética consiste em garantir, por meio da definição projetual, um ambiente interno o mais ameno possível durante o período de ocupação - em geral, diurno - de forma a retardar, ou mesmo evitar, a utilização de climatização artificial e que, se necessário, que esta seja a mais econômica possível.

Como etapa inicial, o manual define o diagnóstico preliminar do projeto em função do clima, reunindo dados acerca da temperatura média, condições de umidade, ventos - direção e intensidade - e insolação nas diferentes épocas do ano. Assim como foi utilizado neste trabalho, recomenda-se o software *Climate Consultant*, o qual fornece estratégias de posicionamento e tamanho de aberturas, grau de isolamento acústico e térmico dos materiais para as superfícies, condições ideias de iluminação e ventilação, necessidade ou não de soluções ativas de climatização, dentre outros, em função da interpretação climática do local.

A segunda etapa é definida a implantação e o tratamento do entorno próximo. Uma vez determinadas as diretrizes projetuais na etapa anterior - proteger ou aproveitar os raios do sol em determinadas fachadas, o vento de determinada estação etc. - cabe traduzir tais estratégias em termos de implantação. Nas imagens abaixo tem-se algumas estratégias de aproveitamento da ventilação natural.



Orientação da edificação com inclinação máxima de 45o da direção principal do vento

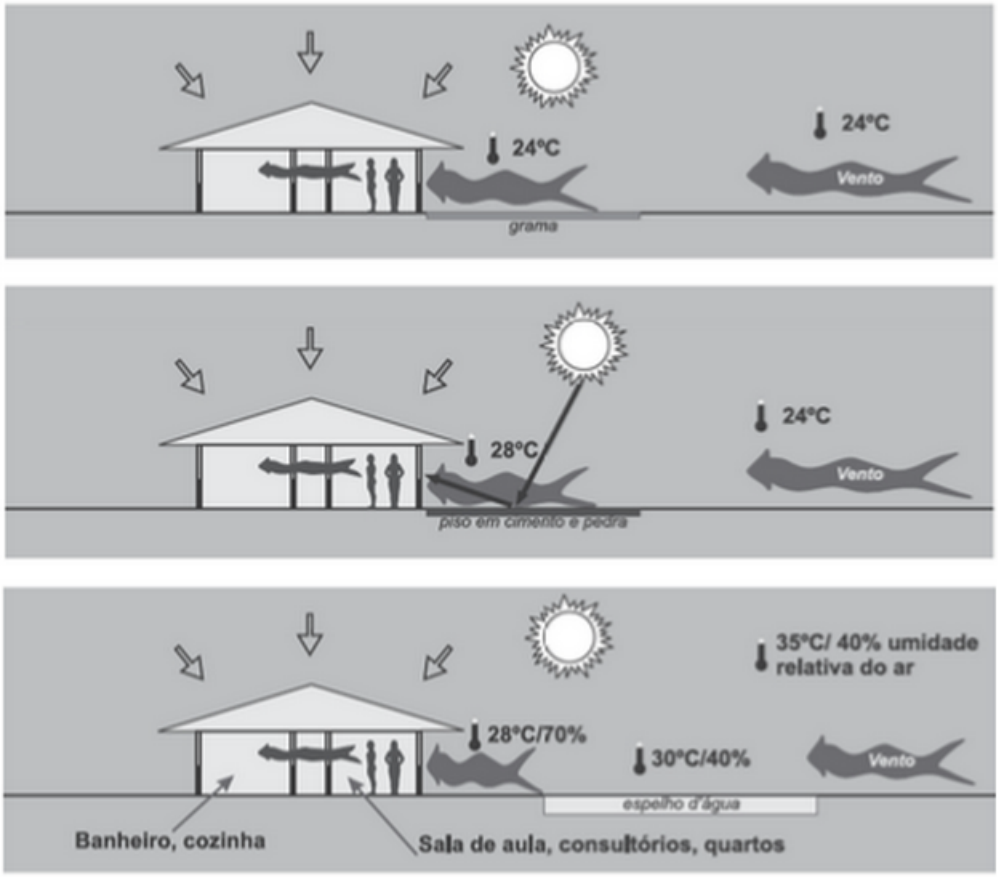
Fonte: IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, p.22.

Ainda na questão da ventilação, é necessário ater-se à delimitação do terreno. Na maioria dos casos, os muros são os primeiros obstáculos à chegada dos ventos na edificação. Diferentes soluções podem ser adotadas dependendo das condições específicas de cada caso. É possível adotar gradeados, ou tipos diferentes de muros que permitam a passagem do ar, ou, na necessidade de um muro opaco, propõe-se um maior recuo da implantação.

Em termos de insolação e temperatura, sugere-se a adoção do paisagismo como estratégia de sombreamento seletivo e revestimento do solo a fim de reduzir a temperatura do ar próximo às aberturas, melhorando, assim, o microclima interno da edificação. O uso de hera em fachadas excessivamente ensolaradas e sem a possibilidade de proteção por brises e beirais também é uma solução térmica eficiente.

Quanto à pavimentação, pisos de cimento e pedra refletem os raios solares diretamente à fachada além de reterem e transmitirem calor do sol à edificação por meio do aquecimento do ar no entorno, a opção pela grama não tem tais características térmicas. Em climas quentes e secos sugere-se também a implantação

de um espelho d'água, piscina ou qualquer outro elemento com água, na "chegada" dos ventos a fim de favorecer a umidificação do ar e consequente diminuição da temperatura. Tal ação funciona em favor de um microclima mais saudável e pode evitar a necessidade de ar condicionados. Nas ilustrações abaixo tem-se um esquema das estratégias citadas.



Fonte: IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, p. 23.

Como terceira etapa, tem-se a distribuição da volumetria em função do entorno. O estudo volumétrico da edificação é o maior instrumento projetual para gerenciar a área de superfície externa de troca térmica e lumínica com o exterior. Frutos deste estudo, com implicações diretas em termos de eficiência energética, o tamanho, orientação e função de cada fachada - quais serão para captação de ventos para redução da temperatura interna, para proteção da insolação, para proteção de ruído - superfícies envidraçadas para captação de iluminação natural, se essas serão protegidas ou não, o afastamento ou não da edificação do chão, a definição dos planos

de cobertura, posicionamento de sistemas de aquecimento solar de água, dentre outros. Vale ressaltar a premissa de manutenção de uma ventilação mínima permeando a edificação. Quanto às esquadrias, deve-se possibilitar ao usuário a escolha de posições diante das seguintes situações: ventilação natural com e sem luz, com e sem chuva e iluminação natural com ventilação reduzida para ocasiões mais frias.

A quarta etapa consiste em definições de cobertura. Exposta à radiação solar durante todo o dia, pode ser responsável por maior parte do sobreaquecimento. Tal característica pode ser explorada no âmbito da sustentabilidade, aproveitando-se na função de captação de energia solar. Em termos de conforto ambiental, a laje horizontal de concreto com betume, sem forro, é considerada a pior cobertura, independente do clima. Dada a inexistência de sombras para protegê-la ao longo do dia, ela recebe e acumula calor, irradiando-o tanto para o ambiente externo quanto para o interno. A melhor alternativa apontada é o telhado tradicional de várias águas, tendo em vista sua configuração como vários planos de forma a promover uma alternância nas águas que estão recebendo insolação direta. Nos climas mais quentes, sugere-se também a proposição do forro ventilado, uma vez que esse proporciona o arrefecimento do calor vindo da cobertura. Quanto a orientação, aconselha-se direcionar a área do telhado para norte, inclinado na latitude da edificação, a fim de possibilitar a coleta da radiação solar para aquecimento da água. Em termos energéticos, também é recomendado o uso de telhas de vidros associado a aberturas no forro, no intuito de aproveitar a iluminação natural.

Além de diretrizes projetuais, o manual também abrange a orientação de escolha de tipos, disposição, quantidade, utilização e manutenção de equipamentos como sistemas de iluminação, ar condicionados, motores elétricos, sistemas de bombeamento, transporte vertical e outros equipamentos elétricos em geral. Também são propostas tecnologias alternativas como aquecedores solares e energia solar fotovoltaica.

Outra característica importante do manual é a determinação de medidas administrativas em favor da sustentabilidade e do uso racional e consciente da energia elétrica. São citadas medidas de gerenciamento do uso energético como precauções

com a instalação elétrica, curva de carga, diagnóstico energético, estabelecimento de programas de manutenção preventiva; estrutura tarifária; estímulo para mudanças de hábitos com diferentes programas e elaboração de cursos e treinamentos, dentre outros.

05.3.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE SÃO CARLOS

De acordo com o mapa de zoneamento bioclimático brasileiro, a cidade de São Carlos se localiza na Zona Bioclimática 4. Dados segundo NBR 15220-3:

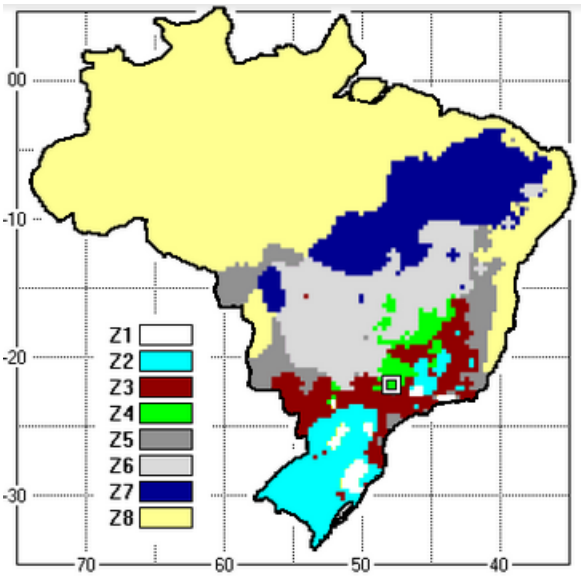


Imagem retirada do software ZBBR

Figura 8 — Zona bioclimática 4

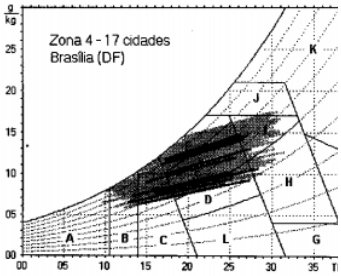


Figura 9 — Carta bioclimática apresentanc normais climatológicas de cidades desta z destacando a cidade de Brasília, DF

Tabela 10 — Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 4

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Tabela 11 — Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 4

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Tabela 12 — Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 4

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)

7 Estratégias de condicionamento térmico

A tabela 25 apresenta o detalhamento das diferentes estratégias de condicionamento térmico passivo.

Tabela 25 — Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades)
E	Caracteriza a zona de conforto térmico
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes

Tabela 25 (conclusão)

Estratégia	Detalhamento
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas

A NBR 15575 é a norma mais atualizada no que diz respeito ao desempenho da edificação em diferentes instâncias, aprovada em 2013. Com relação ao desempenho térmico, esta norma retoma uma série de questões da NBR 15520, incluindo também os valores máximos e mínimos de temperatura que as edificações devem atender de

acordo com a zona bioclimática da cidade em que se localiza. As tabelas a seguir trazem as temperaturas máximas (para dias quentes) e mínimas (para dias frios) simbolizadas pela letra M, bem como níveis mais agradáveis de temperatura simbolizados pela letra I (intermediário) e S (superior):

Tabela E.1 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{o}\ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{o}\ C)$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{o}\ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{o}\ C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{o}\ C)$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;
$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.
NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Tabela E.2 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas biolclimáticas 1 a 5[1)]	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{o}\ C)$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{o}\ C)$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{o}\ C)$	

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.
NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Sabendo que São Carlos está localizada na zona bioclimática 4, para que as edificações apresentem um bom desempenho térmico nesta cidade, a norma recomenda que em dias quentes a temperatura no interior dos ambientes seja inferior ou igual à temperatura externa, e em dias frios esta temperatura interna seja maior ou igual à temperatura externa + 3°C.

Por meio do software *Climate Consultant* é possível analisar questões de insolação, temperatura e ventilação próprias da cidade de São Carlos, como mostram os gráficos a seguir:

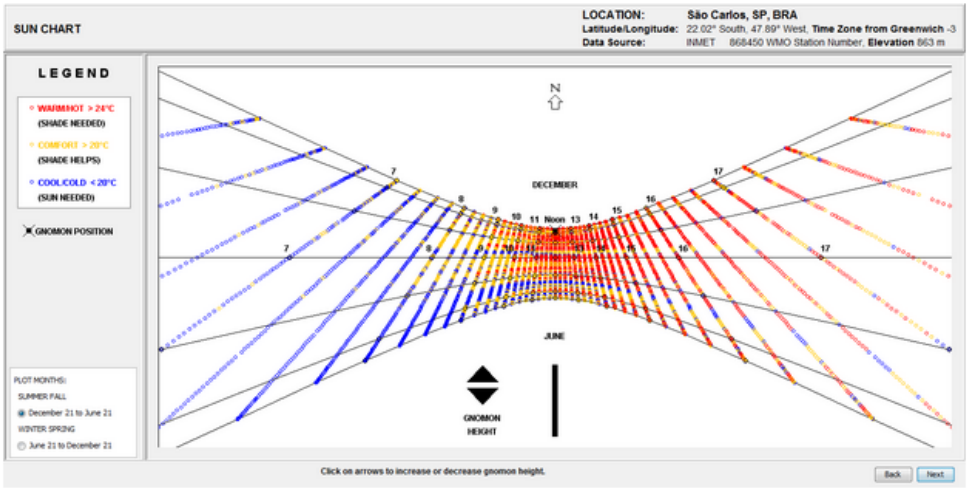


Imagem retirada do software *Climate Consultant*

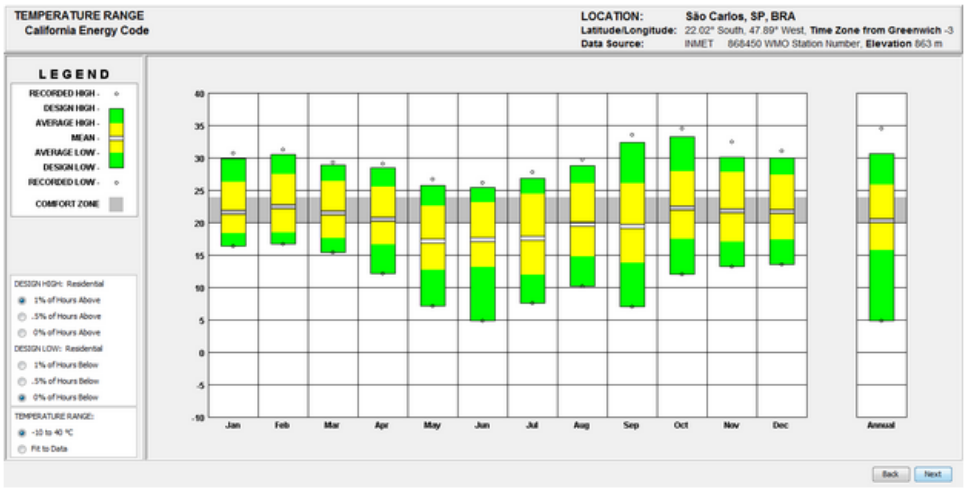


Imagem retirada do software *Climate Consultant*

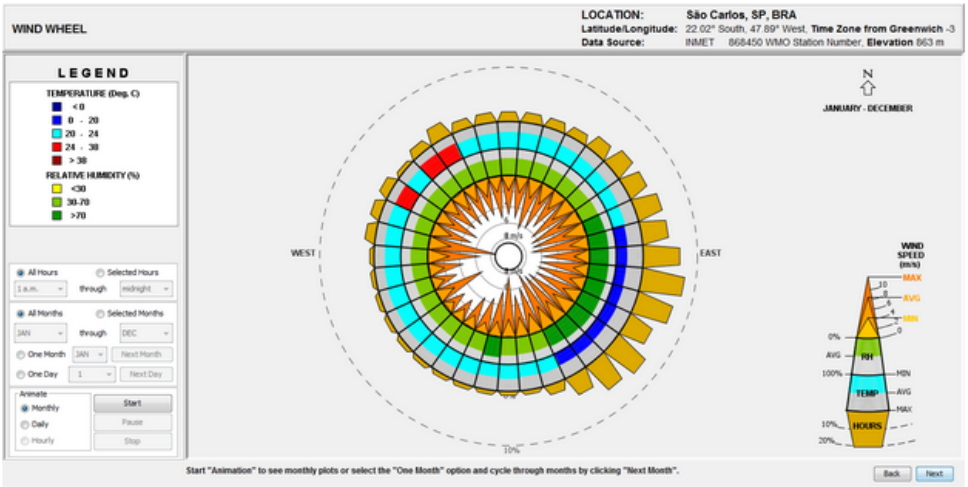


Imagem retirada do software *Climate Consultant*

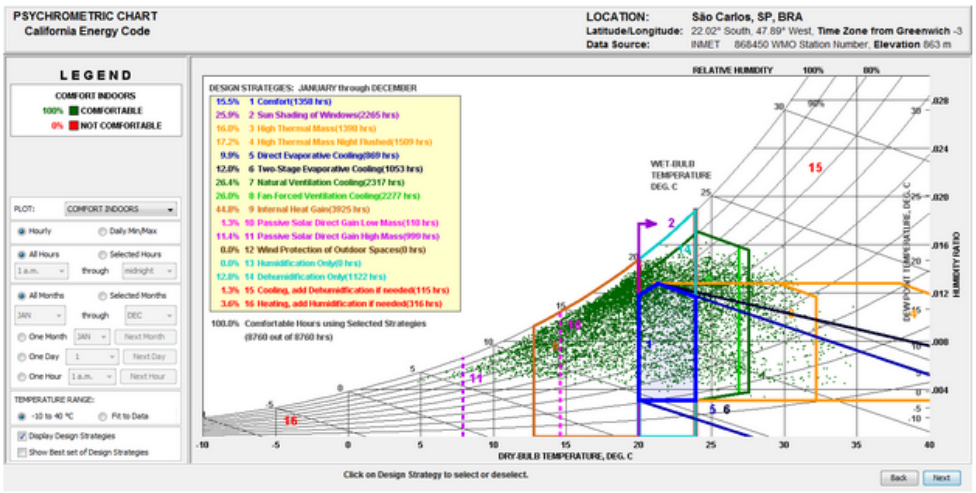
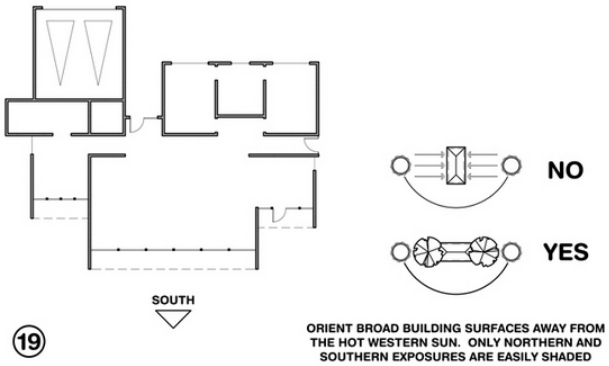


Imagem retirada do software *Climate Consultant*

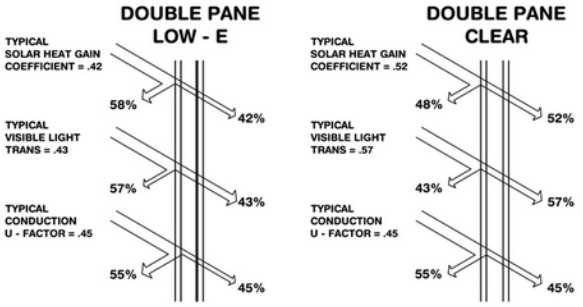
O software também fornece algumas recomendações para projetos a serem realizados na cidade de São Carlos na perspectiva de contribuir para construções mais confortáveis aos usuários e energeticamente mais eficiente. Alguns exemplos de diretrizes projetuais fornecidas pela ferramenta computacional são apresentados nas imagens a seguir:



19

For passive solar heating face most of the glass area north to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer

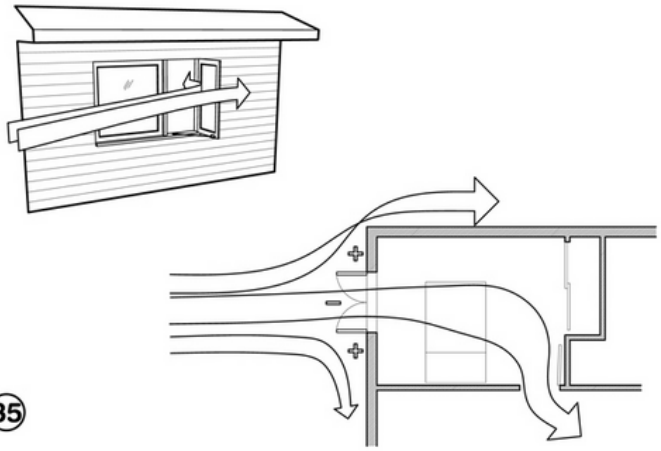
Imagem retirada do software *Climate Consultant*



20

Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, south, and east, but clear on north for maximum passive solar gain

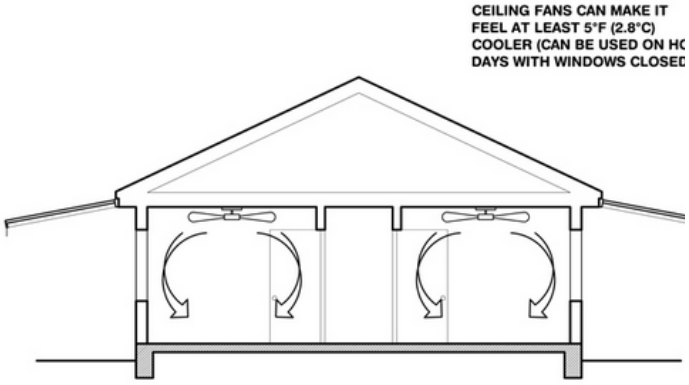
Imagem retirada do software *Climate Consultant*



35

Good natural ventilation can reduce or eliminate air conditioning in warm weather, if windows are well shaded and oriented to prevailing breezes

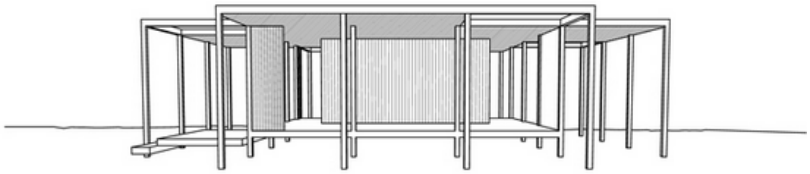
Imagem retirada do software *Climate Consultant*



42

On hot days ceiling fans or indoor air motion can make it seem cooler by 5 degre (2.8C) or more, thus less air conditioning is needed

Imagem retirada do software *Climate Consultant*



58

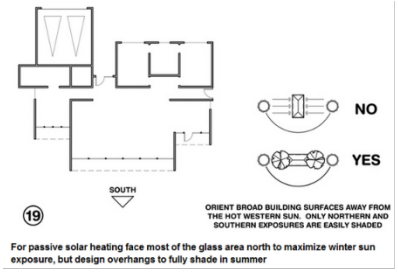
This is one of the more comfortable climates, so shade to prevent overheating, open to breezes in summer, and use passive solar gain in winter

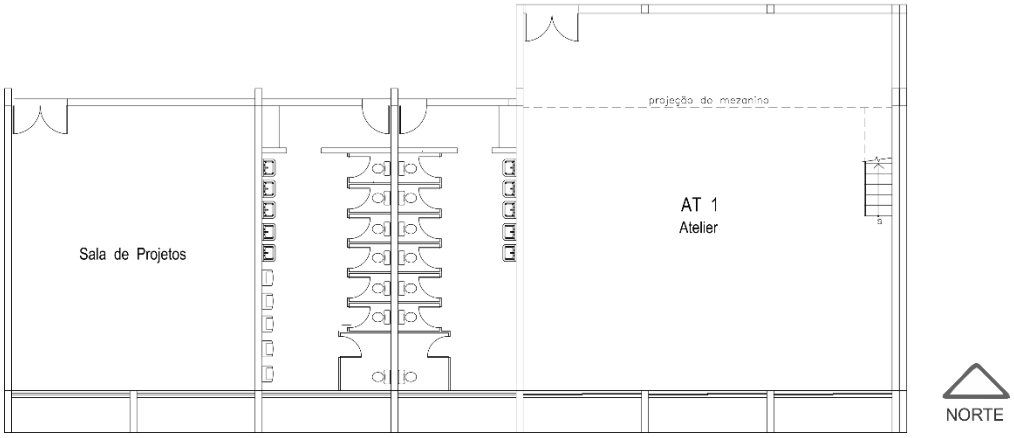
Imagem retirada do software *Climate Consultant*

05.4. ANÁLISES DE PONTUAIS EDIFÍCIOS DO CAMPUS 1 DA USP - SÃO CARLOS

05.4.1. ANÁLISE INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO DE SÃO CARLOS - ATELIER E SALA DE VÍDEO

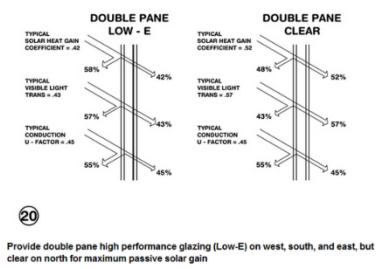
A partir das análises do software Climate Consultant, foi realizado um estudo comparativo entre as estratégias apontadas pelo software e as estratégias apresentadas no Atelier do Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Para melhor compreensão, foram realizados croquis esquemáticos que ilustram a estratégia proposta em comparação à planta dos ambientes de estudo.

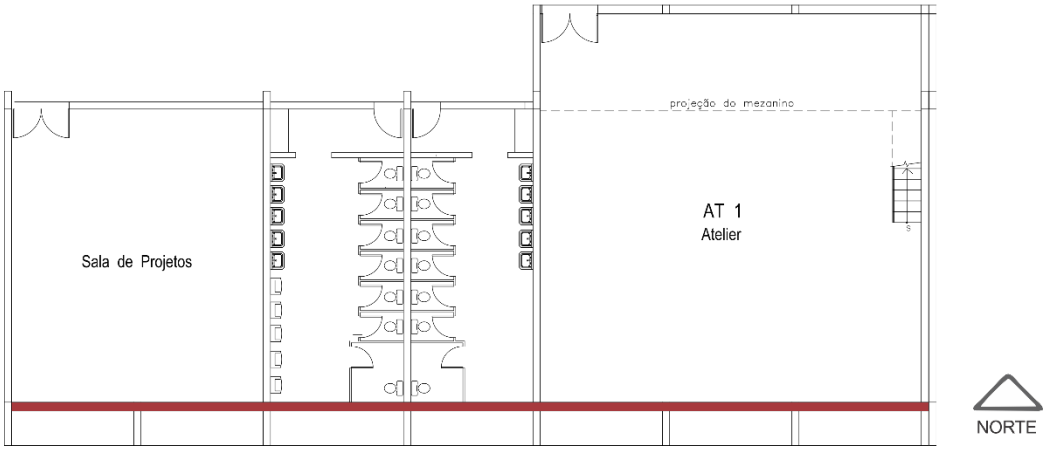




Já neste primeiro exemplo, que há uma discordância entre a estratégia proposta e a adotada. A orientação das aberturas à norte (para melhoria do conforto térmico nas estações cuja temperatura é baixa) não é realizada, ao contrário, são colocadas à sul. O software ainda ressalva a importância da proteção destas aberturas em estações de temperatura mais elevadas. No Instituto de Arquitetura e Urbanismo a proteção das

aberturas à norte são realizadas pelo auxílio de beirais articulados sobre o corredor externo tangente às portas. Ou seja, os beirais atendem uma solução formal que não

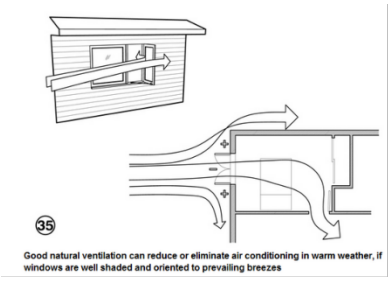


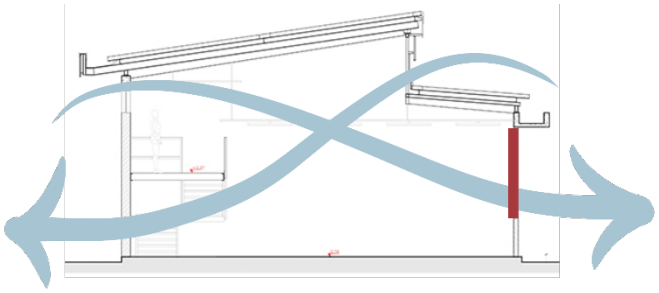


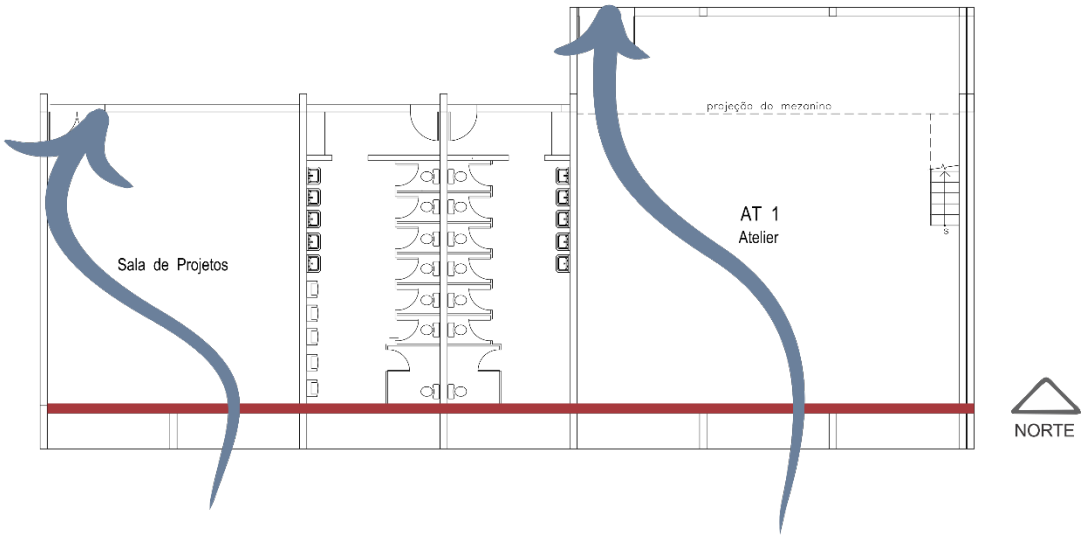
se adequa às exigências de conforto térmico - são dispensáveis neste quesito.

Na segunda estratégia, é proposta a instalação de painéis duplos de vidros nas orientações oeste, sul e leste, e painel simples para orientações à norte, desta forma garante-se um aproveitamento máximo da incidência solar. No atelier, não há aberturas além daquela apresentada à sul, mostrando um desperdício no refinamento das soluções de conforto térmico, e esta ainda apresenta um painel simples de vidro em sua conformação. Ou seja, além de não dotar o espaço de uma eficiente incidência solar, o uso e escolha dos materiais ocorreu de forma imprudente.

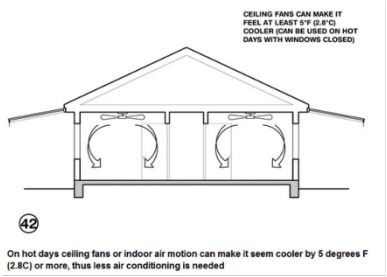
A terceira estratégia aborda a ventilação cruzada e sua eficiência como agente de conforto térmico. Nas salas em análise, a ventilação cruzada auxilia no conforto térmico no verão, porém esta solução se apresenta ineficiente no inverno, uma vez que está associada a já existente ventilação permanente.

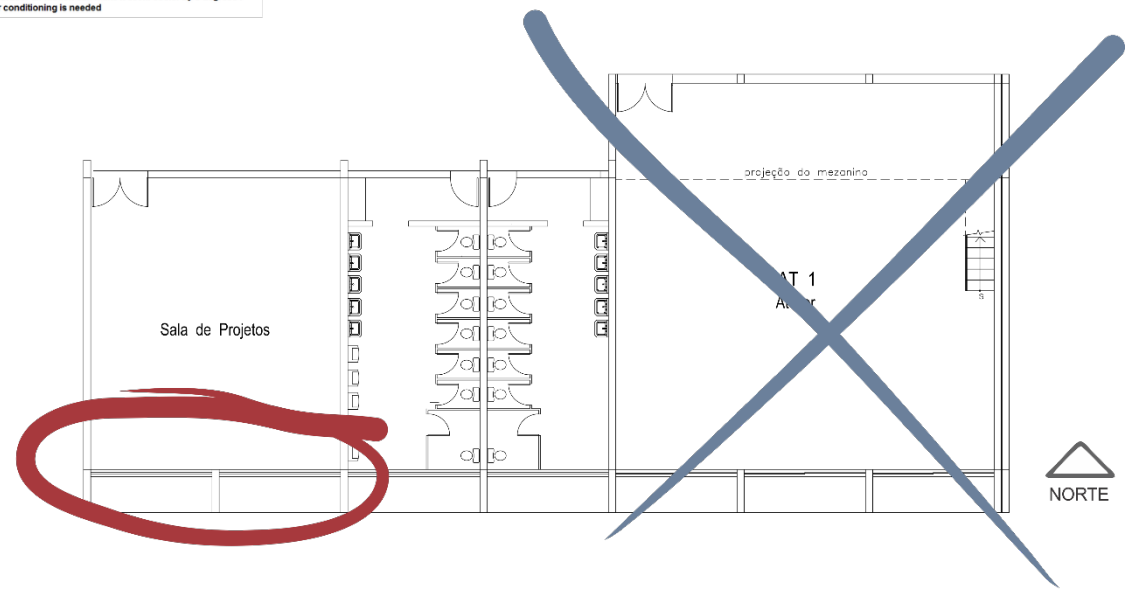




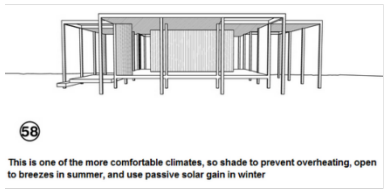


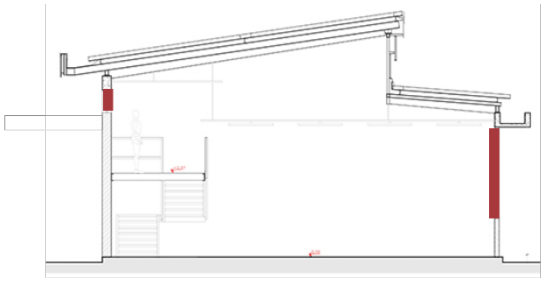
A quarta estratégia apresenta a necessidade da instalação de aparelhos que promovam a ventilação artificial para estações cuja temperatura é elevada. Nas salas do atelier, não são apresentados tais aparelhos, porém nas salas de vídeo – indicadas nas plantas – este equipamento se encontra instalado. Porém, com a devida ressalva de que este é utilizado de péssima forma, sendo que seu uso frequente durante todo o ano acarreta no alto gasto energético.

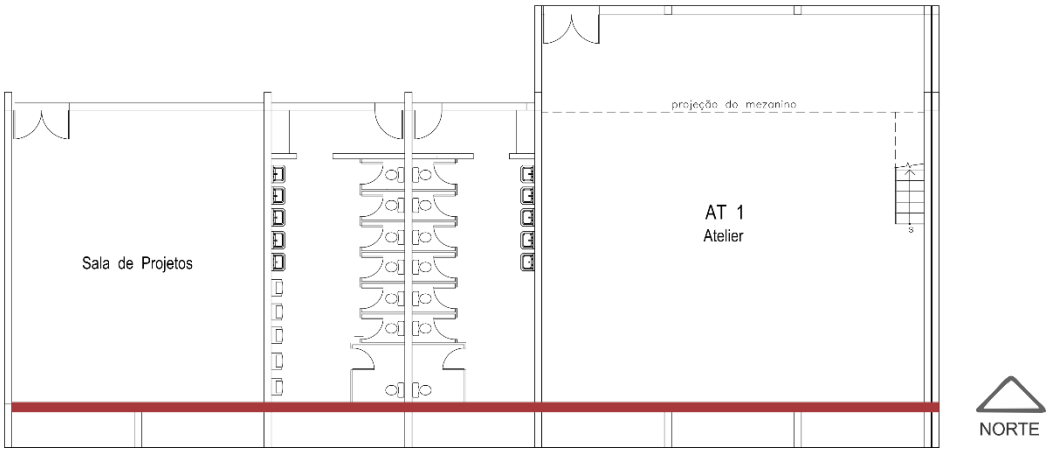




A quinta e última estratégia atenta para a devida colocação das aberturas - sendo as mesmas sombreadas em orientações e pontos estratégicos - além de atentar para a devida abertura e fechamento das esquadrias dependendo da estação e da situação térmica do ambiente. O que se verifica nas estruturas analisadas: (1) um sombreamento desnecessário pois a “proteção” da incidência solar não é necessária uma vez que as únicas aberturas à norte são pequenas (esquadrias do mezanino) ou opacas (porta); (2) não há um devido aproveitamento de aberturas laterais nas plantas, uma vez que a própria conformação dos espaços sugere um agrupamento sem a devida reflexão sobre incidência solar e ventilação cruzada; (3) aberturas posicionadas de forma incorreta não promovendo o melhor aproveitamento da posição solar; (4) ausência de esquadrias que permitem o controle das saídas e das entradas de vento, ou seja, em épocas mais frias, os espaços se apresentam extremamente vulneráveis às circulações e fluxos da corrente de ar.







Como pôde ser constatado, o edifício analisado não dispõe de estratégias eficientes de conforto ambiental. O tamanho e disposição das esquadrias não favorecem o aproveitamento da iluminação natural, gerando a necessidade da iluminação artificial durante todo o período de permanência. O edifício apresenta ventilação cruzada permanente, eficiente nos períodos mais quentes - evitando a demanda de equipamentos como ventiladores e ar condicionados - entretanto inadequado aos períodos mais frios, quando as salas se tornam ambientes desconfortáveis - tal fato não provoca um maior consumo de energia porque o edifício não conta com um sistema de calefação, embora exista essa necessidade. Quanto às salas de vídeo, embora existam aberturas que possibilitam a ventilação cruzada - porta à norte e janelas à sul - esta não ocorre efetivamente uma vez que as janelas são obstruídas por cortinas - constantemente fechadas dado ao uso do projetor nas aulas, que requer que a sala fique escura para funcionar - e a porta normalmente fica fechada devido ao barulho vindo do pátio localizado na sua frente. Tais características forçam a

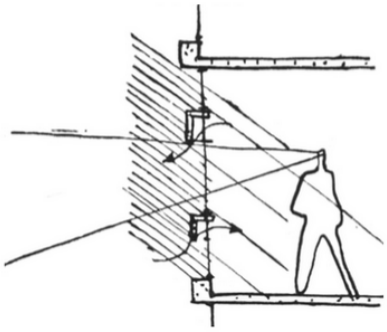
utilização frequente dos aparelhos de ar condicionado nestas salas, aumentando, assim, o consumo de energia.

05.4.2. EXEMPLO DE ESTRATÉGICAS DE CONFORTO TÉRMICO E APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO NATURAL PRESENTES EM OUTRO EDIFÍCIO DO CAMPUS: E1

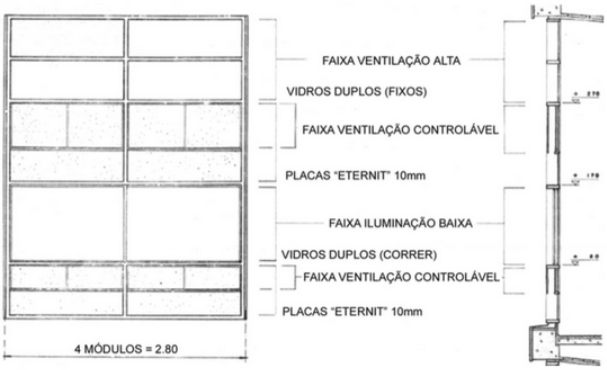
O edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos pertencente à Universidade de São Paulo, além de um significativo marco da arquitetura moderna brasileira, é um exemplo bastante estudado em termo de estratégias de conforto térmico a otimização da iluminação natural nas edificações.

O edifício configura-se como uma grande lâmina orientada na direção norte-sul, sendo os corredores voltados para norte e as áreas de trabalho voltadas para sul, evitando, assim, a incidência direta da luz do sol nos espaços de permanência prolongada.

Ambas as fachadas (norte e sul) são formadas por panos de esquadrias de aço, preenchidas com vidro e placas de eternit, que cobrem toda a sua extensão. A questão do aproveitamento da luz natural também foi levada em consideração no projeto das esquadrias. Seu desenho prevê faixas de área transparente em diferentes alturas a fim de obter-se uma iluminação eficiente e uniforme no ambiente. Quanto à renovação do ar, as esquadrias foram desenhadas de forma a obter-se duas faixas de aberturas para ventilação permanente, uma alta e outra baixa, no intuito de promover uma circulação de ar mesmo quando a configuração interna de divisórias opacas não permitirem a ventilação cruzada, uma vez que o ar quente sai pela abertura superior enquanto o ar frio entra pela abertura inferior (vide esquema abaixo).

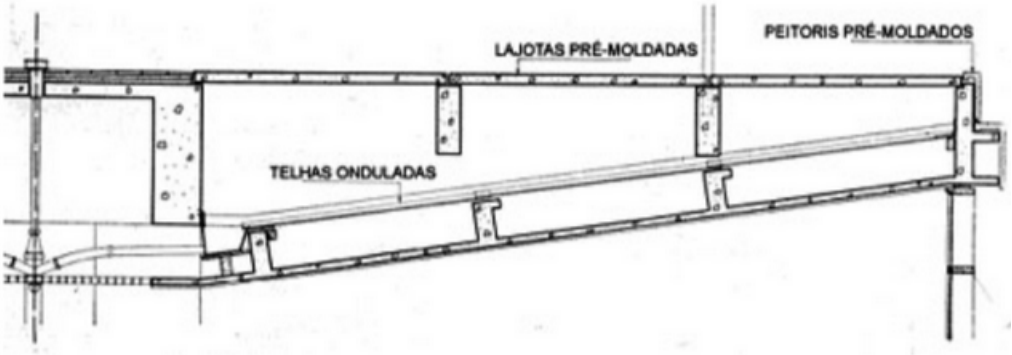


Esquema de ventilação e iluminação natural das esquadrias do E1. Fonte: MANGE, 1956 *apud* VIEIRA, 2008, p.75.



Modelo de esquadria do E1. Fonte: ARAÚJO, 2004 *apud* VIEIRA, 2008, p.78.

O conforto térmico é a função da temperatura, umidade e velocidade do ar, dessa forma, a renovação do ar é elemento fundamental na solução do problema térmico, reduzindo, assim, a necessidade de estratégias ativas de controle da temperatura como ventiladores e ar condicionados. Ainda nesse tema, o sistema estrutural adotado para o edifício promove uma solução para a cobertura que permite grande isolamento térmico. Trata-se da articulação de duas lajes separadas por um espaço vazio contendo apenas ar (elemento isolante).



Cobertura do E1. Fonte: DUARTE;MANGE, 1956 apud VIEIRA, 2008, p.79.

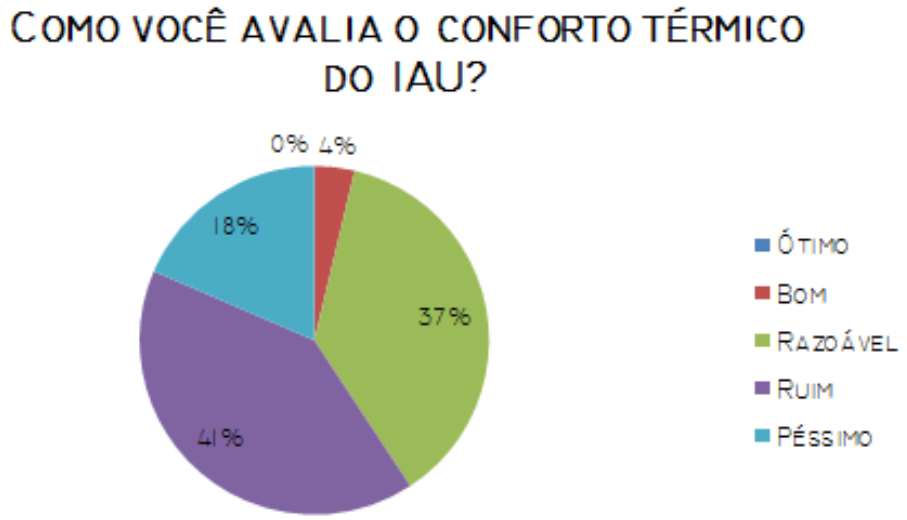
A pesquisa desenvolvida por VIEIRA, 2008, concluiu, a partir de medições, análises e questionários, que no âmbito térmico as estratégias projetuais adotadas são de fato eficientes uma vez que foi constatado que nos períodos mais quentes a temperatura no interior do prédio manteve-se, na maioria das vezes, inferior à externa e

nos períodos mais frios a temperatura interna manteve-se, na maior parte das vezes, superior à externa. Os valores de iluminância, entretanto, não atingiram, na maioria das vezes, o valor de 750 lux, estabelecido pela norma ABNT. A pesquisadora atribui esse fato ao layout e disposição das divisórias internas - que não condiz com as determinações originais do projeto. Propõe a modificação desse aspecto juntamente com a conscientização do uso das persianas e aberturas e a setorização da iluminação artificial como sugestões de modificações a fim de obter-se uma diminuição nos gastos energéticos.

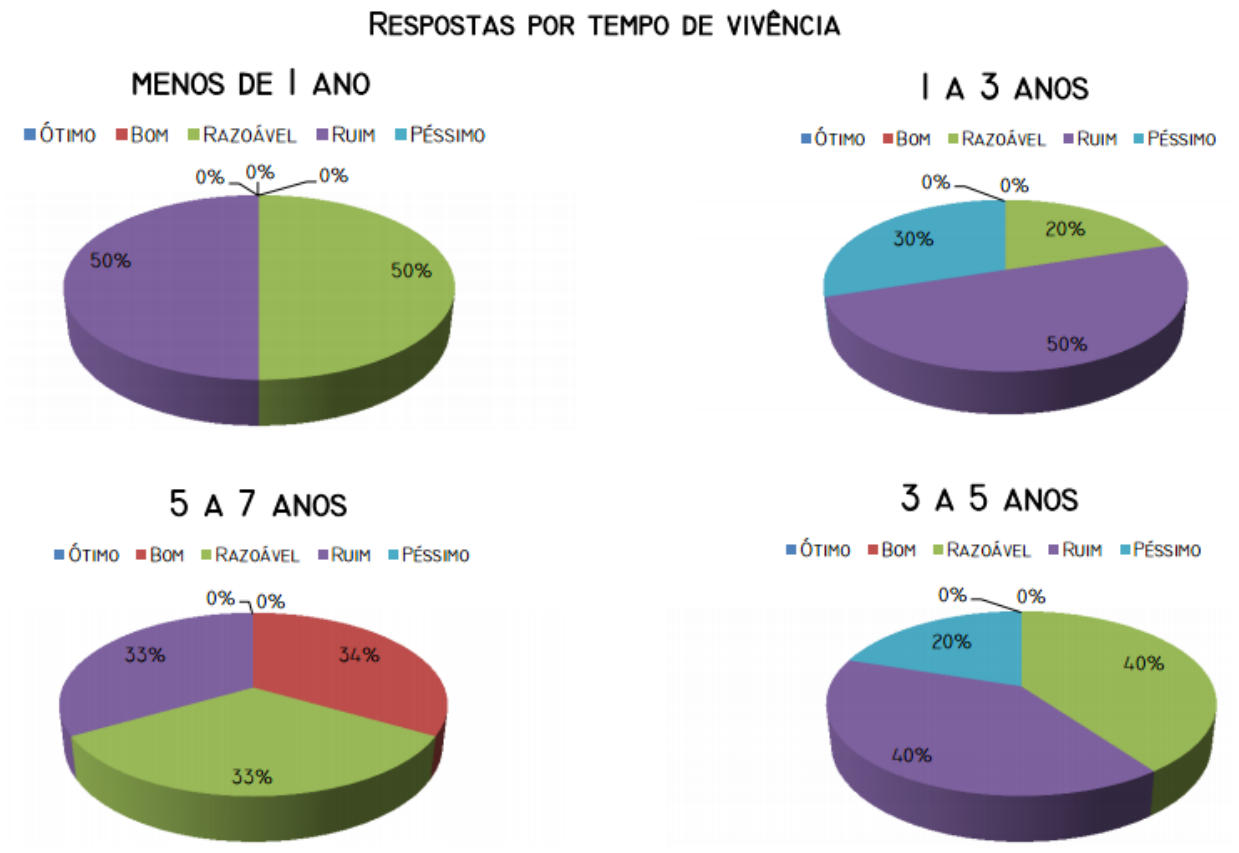
06. EXPLORAÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS ANÁLISES REALIZADAS

06.1. ENTREVISTA COM USUÁRIOS DO ATELIER

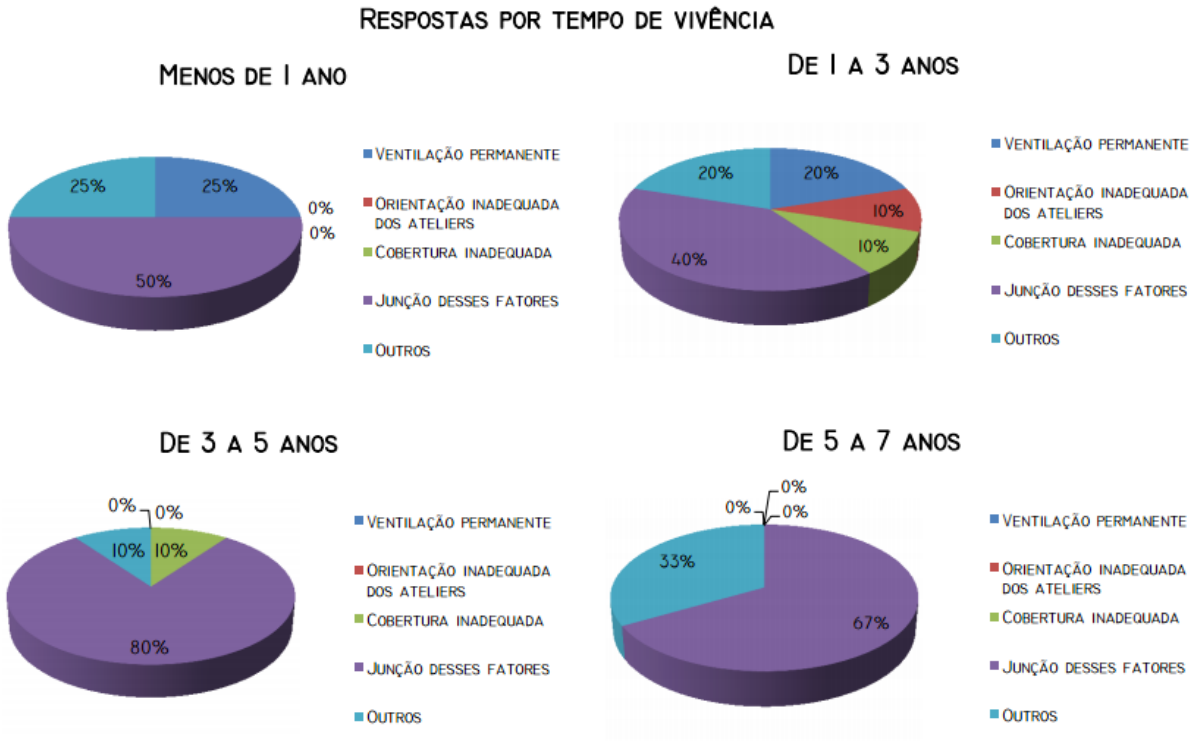
Como forma de se obter uma análise completa das afirmações contidas neste trabalho, foram realizadas entrevistas com usuários dos ambientes em análise de forma que se compreenda, também, a sensação térmica dos mesmos - imprescindível ferramenta para esta análise. Desta forma foram estipuladas 5 perguntas os quais os indivíduos avaliam as condições térmicas e possíveis soluções frente aos problemas projetuais destacados no edifício. Os participantes foram divididos em grupos de acordo com os anos dos quais frequentam o Instituto de Arquitetura e Urbanismo: menos de 1 ano, de 1 a 3 anos, de 3 a 5 anos, de 3 a 5 anos e de 5 a 7 anos de vivência. Em seguida, questionados a respeito do conforto térmico avaliando o Instituto de Acordo com 5 indicadores: ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo.



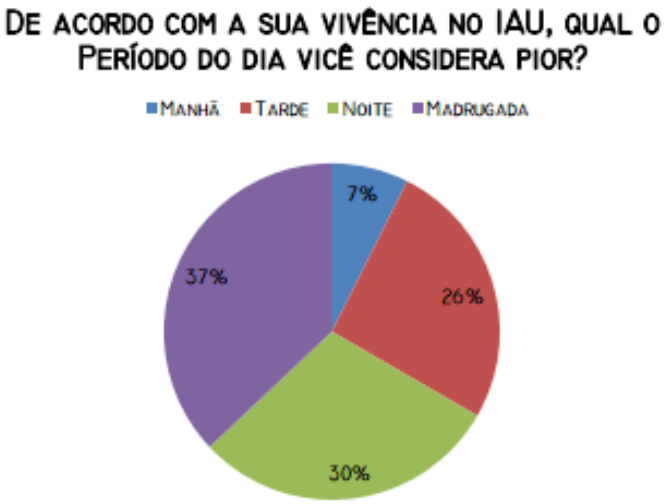
Ou seja, 41% dos alunos avaliam o IAU como ruim, 18% como péssimo e nenhum das avaliações apresentou uma resposta positiva a respeito do conforto térmico.

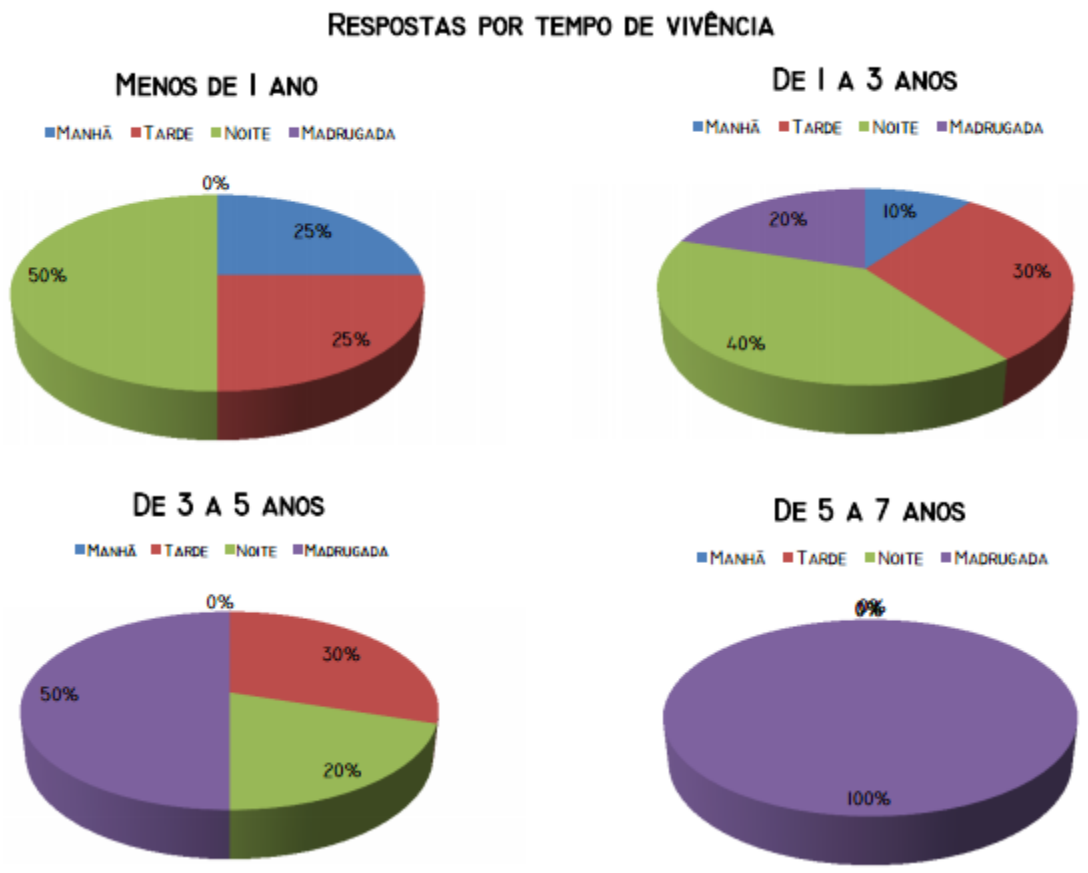


Em seguida, avaliaram qual, então, seria a causa deste desconforto. Os indicadores desta formulação foram articulados frente às estratégias já mencionadas na pesquisa. Ou seja, o usuário se coloca frente ao questionamento dos partidos adotados para concepção do projeto deste edifício:



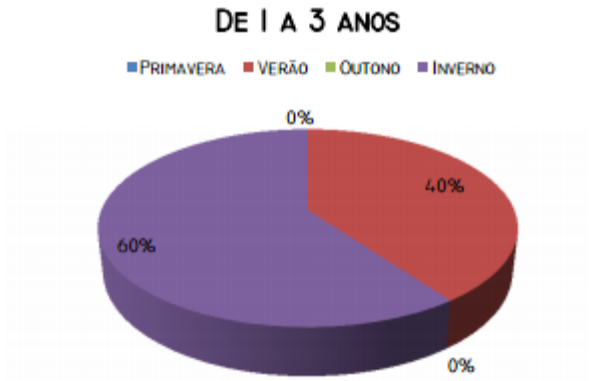
Frente a estes resultados, foi questionado o período do dia o qual ocorre o maior desconforto. Considerando que o curso de Arquitetura e Urbanismo é realizado em tempo integral - no período matutino e vespertino - e as atividades exigem uma permanência intensa no ambiente do atelier em praticamente todos os horários do dia - inclusive entre 00h e 6h -, surge esta curiosidade de forma que, podemos avaliar se o ambiente está adequado, ou não, para as atividades que são realizadas nos diferentes períodos do dia.

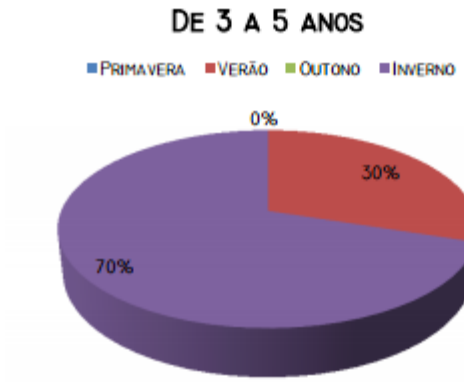


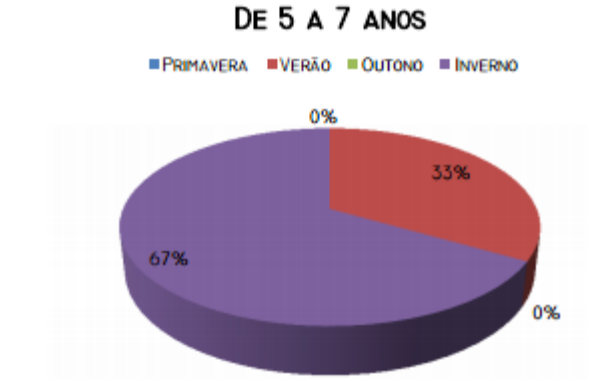


Considerando que os cursos são ministrados entre as 8h da manhã até às 18h da noite, 31% dos entrevistados consideram, então, que os mesmos não estão ocorrendo em um ambiente confortável termicamente. E, considerando que as atividades da graduação são realizadas no atelier entre 18h e 06h, 67% dos candidatos acreditam que este período noturno é o pior quando se considera a análise de conforto térmico. Estes dados articulam um grave problema no que diz respeito ao curso de arquitetura e urbanismo. Aponta que 100% dos candidatos então insatisfeitos com o ambiente que estudam e que não possui estrutura física adequada para as atividades que realizam.

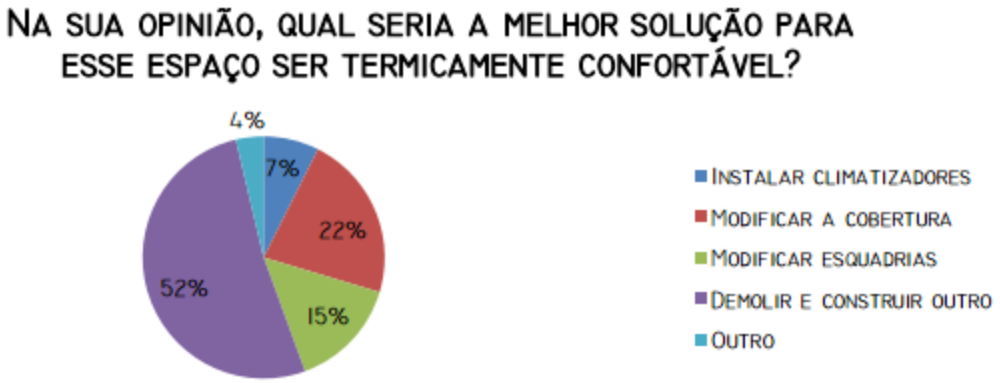
Em seguida, foram realizados estudos em relação à época do ano que ocorre maior desconforto térmico. Observa-se então, que as estratégias produzidas no atelier não contemplam nem o período do ano mais quente do ano, nem o mais frio. Questionando desta forma, a maneira e o porquê de serem implantadas.

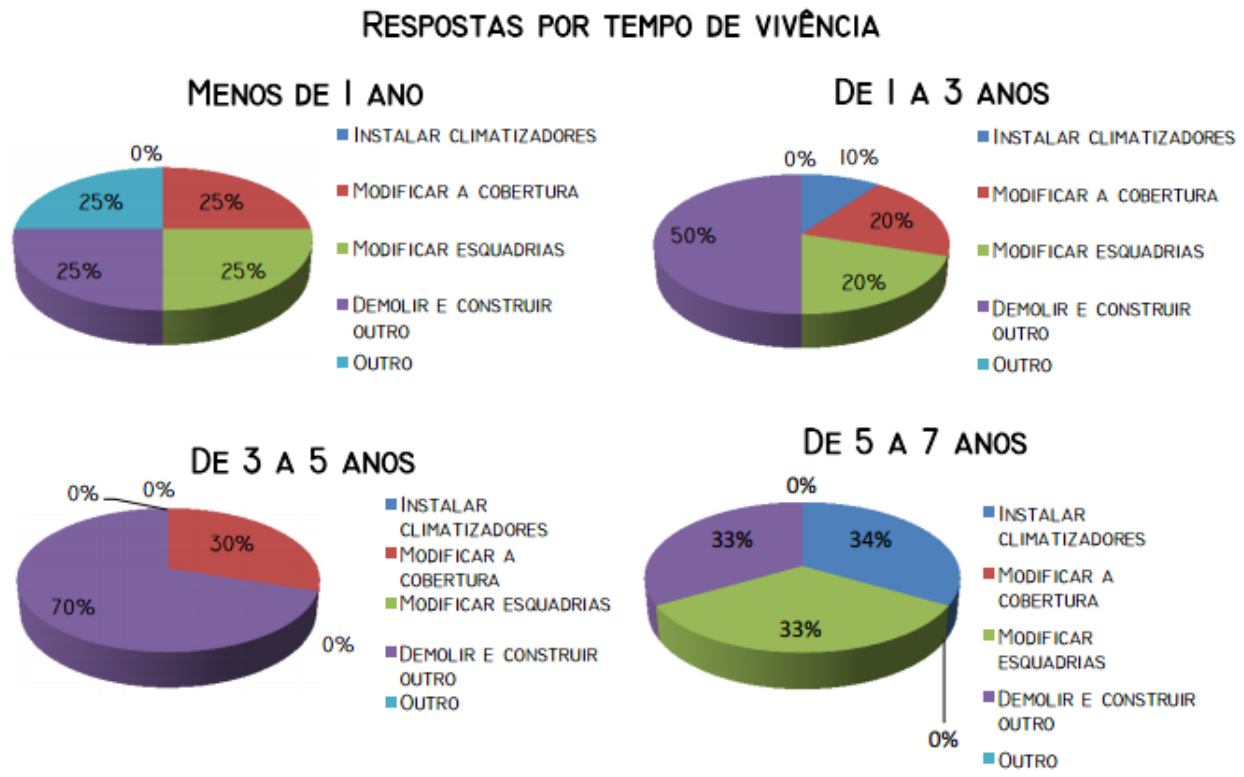






Por fim, foi pedido aos entrevistados que escolhessem soluções para a melhoria deste ambiente da graduação.





A predominância do indicador “demolir e construir outro”, demonstra que para a maioria dos usuários, este espaço de formação de arquitetos e urbanistas acaba sendo contraditório. Uma vez que a formação deveria exigir o exercício da construção

sustentável e que sejam confortáveis termicamente aos usuários, o atelier se apresenta como “anti-exemplo”, ou seja, uma arquitetura inadequada.

As respostas foram obtidas por meio da ferramenta “google forms” disponibilizada aos alunos via internet. Entre 15 a 17 de junho foram obtidas 27 respostas, sendo quatro alunos com menos de 1 ano de vivência, 10 alunos de 1 a 3 anos, 10 alunos de 3 a 5 anos e 3 alunos de 5 a 7 anos.

06.2. MEDIÇÕES IN LOCO

06.2.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para melhor apresentar e promover conclusões objetivas sobre as análises oferecidas, foi necessário o ensaio de estudos *in loco* avaliando as diferentes temperaturas do atelier em diferentes períodos do dia. Para tal ensaio, foram utilizados equipamentos do Laboratório de Construção Civil (LCC), são eles:

- Luxímetro: utilizado para avaliação do nível de iluminância de uma superfície. Recurso utilizado para verificar a efetividade de iluminação proporcionado pelas aberturas, e se esta se apresenta uniforme durante todo o ambiente.
- Pirômetro óptico: dispositivo que indica a temperatura de uma superfície sem contato com o corpo ou com o meio do qual se pretende conhecer.
- Termo higrômetro digital: utilizado para determinar a temperatura do ambiente e, concomitantemente, a umidade do ar. Foi utilizado em grande período de

tempo apresentando, desta forma, as temperaturas máximas e mínimas dos horários analisados.

6.2.2. RESULTADOS OBTIDOS

É importante ressaltar que estas medições só foram realizadas devido à ajuda dos profissionais do LCC, sem os mesmos não conseguiríamos equipamentos ou auxílios no manuseio destes. Além disso, o manuseio do equipamento foi permitido apenas nas datas indicadas, desta forma a análise não pôde ser realizada em outros dias ou horários. Este fato, por mais que limite os resultados em pequenas parcelas, foi fundamental para o desenvolvimento do projeto se apresentando de forma extremamente eficiente.

Termo higrômetro digital: Os resultados adquiridos nesta etapa do processo, foram articulados e apresentados nas tabelas abaixo:

Quinta feira, 18 de junho de 2015			
Horário	T (interna)	T (externa)	Obs
16:20h	25°C	25°C	Porta aberta
18:10h	26°C	26°C	Porta aberta
20:10h	23°C	23°C	Porta aberta
21:30h	22°C	22°C	Porta aberta
21:30h	23°C	22°C	Porta fechada
00h	22°C	21°C	Porta fechada

Sexta feira, 19 de junho de 2015			
Horário	T (interna)	T (externa)	Obs
8:45h	21°C	22°c	Porta fechada
10:45h	21°C	20°C	Porta fechada

Quarta feira, 24 de junho de 2015			
Horário	T (interna)	T (externa)	Obs
12h	20°C	21°C	Porta fechada
13:20h	21°C	22°C	Porta fechada
13:20h	23°C	22°C	Bandejão
15h	22°C	21°C	Sala de vídeo
18:30h	19°C	19°C	Porta fechada
18:30h	24°C	19°C	Sala professor
20:20h	19°C	20°C	Porta aberta
20:20h	21°C	20°C	Porta fechada
1:00h	18°C	17°C	Porta fechada

Considerando que as medições foram realizadas em dias de inverno, pode-se concluir que o bloco de salas de aula do IAU não atende ao requisito mínimo da NBR 15575, uma vez que a temperatura interna é em grande parte do dia superior à

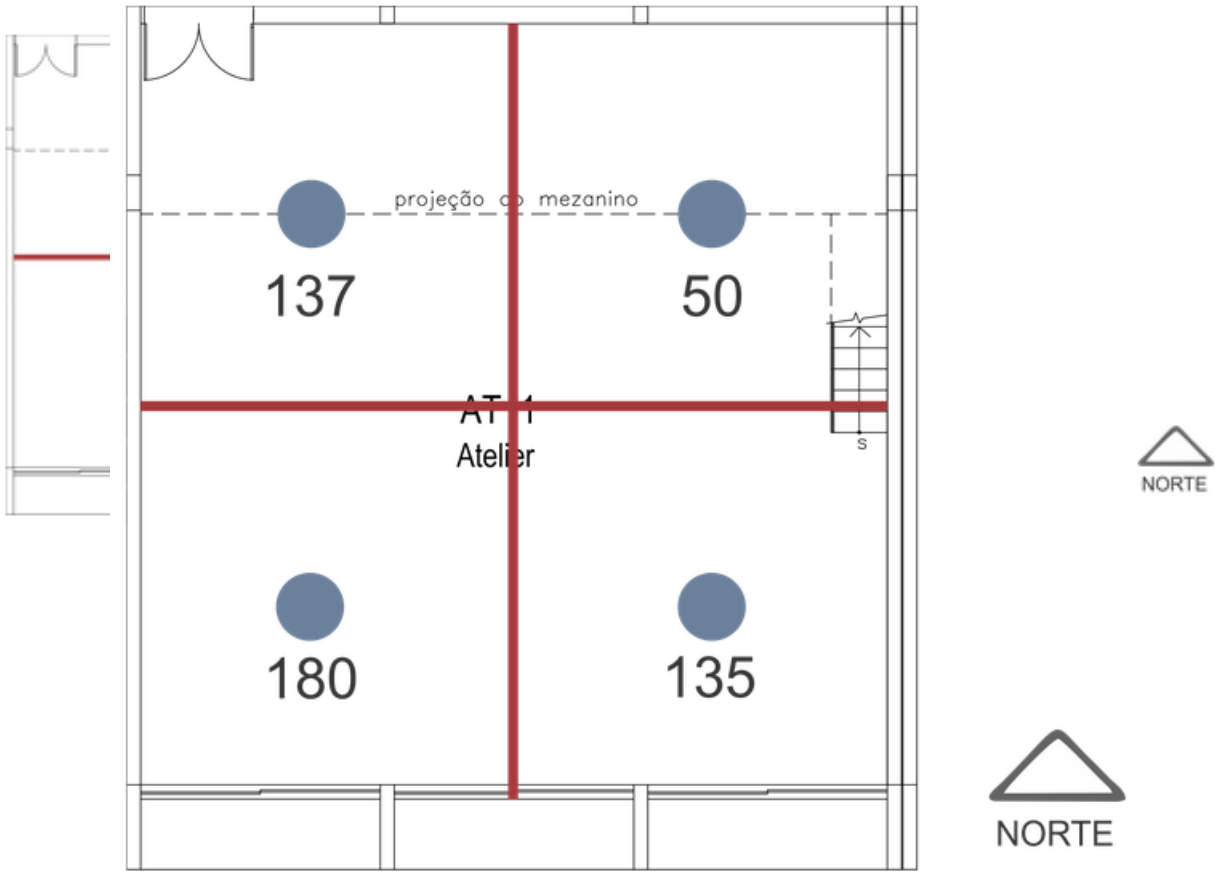
temperatura externa em apenas 1°C, enquanto que a recomendação da norma é de que, para a zona bioclimática 4, onde está localizada a cidade de São Carlos, o nível mínimo de desempenho térmico de edificações para dias de inverno seja com temperaturas internas igual ou superior ao valor da temperatura externa somada 3°C (Tint. min (Text. min + 3°C).

Pirômetro óptico: Este indicador aponta diferenças pouco significativas entre os ambientes externos e internos, além de demonstrar superfícies as quais estão em contato com o usuário frequentemente - promovendo maior grau de desconforto térmico. Pode-se concluir, também, que a cobertura e as paredes – e seu componentes – não auxiliam na eficácia de conforto. térmico

Quinta feira, 18 de junho de 2015								
Temperatura de superfície								
Horário	Laje	Parede Lateral	Parede Porta	Parede Janelas	Cadeira	Parede Externa	Laje Externa	Corporal
18H	24°	25°	26°	24°	24°	25,8°	24,8°	32°
21H	21,5°	24,2°	24,8°	23°	23°	23,8°	22,8°	31°
23H	22,2°	24°	24,6°	22,4°	23,6°	23,8°	21,8°	30°
00H	21,2°	23°	23,4°	22,5°	22,5°	22,8°	20,8°	29°

Sexta feira, 19 de junho de 2015								
Temperatura de superfície								
Horário	Laje	Parede Lateral	Parede Porta	Parede Janelas	Cadeira	Parede Externa	Laje Externa	Corporal
8H	19,2°	20,6°	20,2°	17,8°	20,2°	21°	20,8°	28°
11H	21,2°	21,4°	21,4°	20°	21,4°	21°	20,8°	30°

Luxímetro: Para realização desta medição, foi necessário decompor o espaço do atelier em 4 partes das quais as áreas são apresentadas na ilustração abaixo (1). Setorizando o ambiente do atelier, pontuamos o centro destas áreas (2) de modo que nos permitisse articular uma análise comparativa dos resultados (3):



É importante ressaltar que tais resultados foram obtidos às 8h30 da manhã, sem a interferência de iluminação artificial e sem a proteção das cortinas do atelier. Todos os valores são apresentados na unidade lux. Encontramos, assim, valores altamente discrepantes e que mostram que há espaços do atelier sem a correta iluminação natural. Desta forma, o uso de uma iluminação artificial se torna indispensável acarretando no aumento do consumo de energia elétrica.

Para análise dos resultados, foi consultada a NBR 5413/1992 “Iluminância de interiores” que permitiu parâmetros para executar uma investigação comparativa:

Tabela 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Destaca-se a categoria B uma vez que se enquadra melhor às apresentadas em um atelier de arquitetura. Podemos afirmar desta forma, que os indicadores estão muito aquém daqueles contidos na NBR. Promovendo um ambiente, além de discrepante, que contém um déficit de iluminância.

07. INDICADOR DE CONFORTO AMBIENTAL (I_{CA})

Com base nos levantamentos bibliográficos feitos, medições *in loco*, entrevistas com usuários e análise das estratégias de conforto térmico adequadas para a cidade de São Carlos fornecidas pelo *software Climate Consultant*, foi desenvolvido um Indicador de Conforto Ambiental (I_{CA}) para quantificar, num parâmetro único, o conforto ambiental no bloco de salas do IAU/USP.

A pertinência do indicador se dá pela busca por índices de conforto térmico adequados que reduzem ou até eliminam a necessidade de artifícios como ventiladores, ar condicionados, iluminação artificial durante o dia, reduzindo, assim, o consumo de energia.

O alcance foi definido pela consideração da temperatura do ar, temperatura do globo, umidade relativa, condições de iluminação e avaliação de usuários, sendo limitado quanto à taxa de evaporação, resistência térmica das roupas, taxa metabólica quantidade de energia liberada por indivíduo e perda de calor por radiação e convecção.

A fórmula do indicador consiste na média ponderada de cinco fatores: diferença entre a temperatura interna e externa (T), umidade relativa do ar (U), condições de iluminância (I), adequação às recomendações de estratégias de conforto térmico fornecidas pelo *software Climate Consultante* (E), e a avaliação do usuário (A), sendo o fator da adequação às estratégias o de maior peso.

Fórmula: $I_{CA} = \sum(T + U + I + 2E + A)/6$

As variáveis que compõe a fórmula são definidas pela avaliação dos fatores citados acima numa escala de 1 a 5, sendo 1 péssimo, 2 ruim, 3 razoável, 4 bom e 5 ótimos, configurando o indicador também na mesma escala.

A escala determinada para o indicador é do bloco de salas do IAU/USP, e os dados foram obtidos a partir do software já citado, de medições *in loco* e de entrevistas

feitas com diferentes usuários das salas. Tais dados podem ser considerados de fácil acesso, uma vez que são em meios físicos e eletrônicos.

Usualmente, em uma pesquisa sobre conforto ambiental os dados das medições devem ser coletados em diferentes horas do dia durante o período de pelo menos um ano, a fim de obter a abrangência de todas as diferentes épocas e climas do ano. Contudo, dado o curto período de desenvolvimento do trabalho, para este relatório os dados coletados são referentes à última quinzena de junho de 2015, em diversas horas do dia e da noite.

Foi utilizado como critério de avaliação dos fatores o cumprimento ou não das salas aos critérios estabelecidos na NBR 15220, referente ao conforto térmico nas edificações, e na NBR 5413, referente à iluminação.

Quanto à relevância do indicador para a tomada de decisões, este tem como finalidade a economia de energia e a conscientização ambiental, tomando como desafio a evidenciação da discrepância entre os parâmetros ideais de conforto ambiental determinados por norma e os parâmetros obtidos no objeto de estudo, e, a partir disso, buscar soluções que amenizem os problemas encontrados.

A recomendação da periodicidade de atualização do indicador é de 5 anos.

07.1. APLICAÇÃO DO INDICADOR DE CONFORTO AMBIENTAL (I_{CA})

A partir das medições feitas in loco apresentadas em capítulos anteriores, observa-se uma diferença de temperatura muito próxima entre o ambiente interior e exterior, variando dentro de uma diferença de apenas 1°C. Por essa razão, avalia-se o fator T (diferença entre a temperatura interna e externa) em 2 (ruim).

Quanto à umidade relativa do ar (U) obteve-se índices apropriados, dado ao alto grau de ventilação natural. Avalia-se, então, U como 5 (ótimo).

As condições de iluminância (I) constatadas nas medições se mostraram bastante inferiores às determinações da NBR 5413, evidenciando a necessidade permanente de iluminação artificial em todas as horas do dia. Tem-se, então, a avaliação de I como 1 (péssimo).

Sobre o fator de adequação às recomendações fornecidas pelo *software Climate Consultante* (E), como visto em capítulos anteriores, existem falhas na disposição e tamanho das aberturas, sombreamento desnecessário na fachada norte, ausência de esquadrias que permitem o controle da passagem da ventilação natural tornando o espaço vulnerável à circulação excessiva de corrente de ar nas épocas mais frias, dentre outros. Dada tal análise, avalia-se o fator E em 1 (péssimo).

No quinto e último fator, de avaliação do usuário (A), a partir das pesquisas realizadas com diversos alunos que frequentam o bloco de salas obteve-se respostas que consideram o edifício ruim em relação ao conforto ambiental num percentual de 41%. A partir desses números, avalia-se A como 2 (ruim).

Aplicando tais fatores na fórmula do indicador tem-se:

$$I_{CA} = \sum(T + U + I + 2E + A)/6$$

$$I_{CA} = \sum(2 + 5 + 1 + 2x1 + 2)/6$$

$$I_{CA} = 2$$

Tem-se, portanto, que em termos de conforto ambiental o bloco de salas do IAU/USP é ruim (2).

08. PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO

Diariamente, acompanha-se o quanto as ações antrópicas estão destruindo as reservar naturais do planeta. O crescimento das cidades, as indústrias, os veículos estão causando transtornos ambientas que, muitas vezes, podem ser irreversíveis. É importantíssimo ressaltar que, a viabilidade econômica nas ações voltadas para a construção civil não deve comprometer o futuro e os recursos naturais para gerações futuras. Ou seja, para que ocorra o desenvolvimento sustentável, é necessário que exista uma harmonização e uma integração entre o desenvolvimento econômico, a preservação do meio ambiente, a qualidade de vida e o uso racional dos recursos naturais.

08.1. ATELIER DO INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Partindo-se como premissa que o desenvolvimento sustentável é aquele que acata às necessidades atuais sem afetar a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias, o futuro depende do controle dos impactos ambientais, no uso de fontes alternativas de energia não-poluentes, na reciclagem, na conscientização de toda a população mundial e, principalmente, de uma ação integrada que valorize a biosfera atual promovendo a conservação da mesma e permitindo que todo hábitat dos seres vivos, continue habitável.

Assim sendo, como proposta e conclusão deste trabalho, é proposto um projeto de reforma para o atelier do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP São Carlos. Desta maneira, pode-se compilar todas as estratégias analisadas e coloca-las em prática de modo que o edifício possua melhor eficiência energética e se torne mais confortável termicamente ao usuário. Em conseguinte, pode-se torna-lo eco amigável ainda que sua gênese não tenha ocorrido desta forma.

Para tanto, serão instaladas aberturas posicionadas à norte – permitindo uma incidência solar mais eficiente, e permitindo uma melhor ventilação cruzada. É importante ressaltar que para tal viabilidade, deve-se atentar ao tempo de reforma,

custo de obra, ao não comprometimento da estrutura da edificação e à permanência da qualidade sonora no interior das salas de aula.

A viabilidade e eficiência da ventilação cruzada acima só será possível se ocorrer os fechamentos das aberturas permanentes. Além disso, deve-se atentar ao comprometimento dos usuários, funcionários e técnicos do instituto para que o funcionamento das aberturas retráteis ocorra de forma correta.

Necessita-se também da instalação de mecanismos que promovam a ventilação artificial. Uma vez que as temperaturas em São Carlos são muito altas – observados nos gráficos do Climate Consultant – este aparelho permite melhora no conforto térmico do usuário, mesmo que ainda acarrete em um pequeno aumento nos gastos energéticos. Sendo este último o tema deste trabalho igualmente, é proposto, então, a instalação de painéis solares de modo que o gasto desta energia ocorra de maneira mais limpa e menos agressiva ao meio ambiente. Para ambientes com área acima de 100m², recomenda-se a instalação de ar condicionado com potência superior à 48000BTUs. Considerando que um ar condicionado com aproximadamente 60.000 BTUs custa em torno de 5.500 reais, o gasto apenas com a compra dos aparelhos para os atelies seria por volta de 27.500 reais.

Para uma melhor permeabilidade da luz solar, é proposta a relocação do mezanino que se situa à norte na planta do atelier. Segundo as medições *in loco* realizadas, esta estrutura interfere diretamente na qualidade luminosa do atelier. É proposto, então, a instalação deste à leste ou à oeste na planta do atelier, minimizando este déficit luminoso.

Com relação à troca de materiais, é proposta a remoção do material da cobertura e a troca do mesmo por matérias que permitam o isolamento térmico. Assim, em temperaturas mais quentes, este não sofrerá influências diretas no ambiente interno das salas. Além disso, as próprias estruturas metálicas não auxiliam no conforto acústico do espaço – este dado não é objeto central da pesquisa, porém deve ser considerado uma vez que a essência deste projeto esta na melhora da relação edifício-ambiente-usuário. Como sugestão, é proposto telhas termo acústicas, sendo a pesquisada: Poliestireno Expandido/Isolante, com coeficiente de condutibilidade

térmica k~0,039kcal|mh°C, cujo valor é aproximadamente 47 reais|m² (calhaforte.com.br). Em comparação com a condutividade térmica do aço galvanizado (k~47,289 kcal|mh°C) haverá um ganho de desempenho térmico proporcionado pela instalação deste material. O custo estimado seria por volta de 35 mil reais. Por fim, outro material questionável, são as paredes do edifício. As mesmas não apesentam desempenho eficiente e, se trocadas, podem potencialmente auxiliar nas questões de conforto térmico das salas. A adesão de materiais isolantes resolveria/amenizaria este processo.

É válido ressaltar ainda que, apenas o projeto arquitetônico não é suficiente para o projeto sustentável. Este desenvolvimento sustentável necessita de uma ação integrada o qual deve ser adaptativo à dinâmica atual apresentada no Campus. Necessita-se do sistema integrado e de modo que ocorra uma mudança de hábitos e comportamentos por parte da comunidade universitária. Este olhar, voltado à sustentabilidade, ao ser incorporado nas atividades diárias, nos projetos de arquitetura e nas políticas públicas e privas, produz um eficiente sistema no qual se garante o vigor no uso dos recursos ambientais e promovendo a qualidade no ambiente urbano.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005. 8 p.

_____ NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Método de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do Capítulo VII – Referências Bibliográficas 117 fator solar de elementos e componentes de edificações. Versão corrigida, Rio de Janeiro, 2005. 34 p.

_____ NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiras e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 30 p.

_____ NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008. 52 p.

_____ NBR 15575-4: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2008.

_____ NBR 15575-5: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008.

ALLARD, F. (1998). **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: James & James.

ASHRAE: **Fundamentals Handbook**. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta. USA, 2009.

ASHRAE 55/2004: **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2004, p. 29.

IBAM-ELETROBRÁS/PROCEL. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica.** Rio de Janeiro. 2002.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. (2004). **Sol, vento e luz: estratégias para projeto de arquitetura**. 2ed. Porto Alegre: Bookman.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. (2000). **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; RUTTKAY, P. (1997) **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW.

VIEIRA, C. C. **Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da Escola de Engenharia de São Carlos/USP - O bloco E1.** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

SITES

MMA. **Construções Sustentáveis.** In: Ministério do Meio Ambiente (site). Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059> . Acesso em: 24 mar 2015.

IBRAM. (2012). **A agenda 21.** In: Instituto Brasília Ambiental (site). Disponível em <http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/educacao-ambiental/agenda-21.html> Acesso em 24 mar 2015

CEEE. **Simulador de Consumo.** In: Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (site). Disponível em: <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1221> Acesso em: 23 mar 2015