

VENTILAÇÃO NATURAL E DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

GARANTIA DA QUALIDADE PELAS LEGISLAÇÕES, REGULAMENTOS E NORMAS VIGENTES



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser tudo o que preciso, por entregar todo o seu amor e ter me sustentado em todos os momentos.

Como a Bíblia Sagrada diz no Livro Romanos: Se enfrentamos momentos difíceis com ele, então é certo que com Ele passaremos tempos incríveis. Não penso que seja possível fazer uma só comparação entre os tempos difíceis de hoje e os bons tempos que virão.

Agradeço aos meus pais que sempre foram os melhores exemplos de amor e compaixão que já tive, por me apoiarem nos momentos mais difíceis em que pensei que não existir mais expectativa na vida, eles me mostraram que através da fé é possível mudar um mundo inteiro.

Sou grata meu irmão e toda a família que sempre estiveram dispostos a ajudar e tornaram toda esta etapa na universidade mais leve.

Agradeço aos amigos que estiveram ao meu lado e se tornaram mais chegados que irmãos, que oraram, passaram noites em claro, riram e foram essenciais nesta fase que se encerra.

Agradeço ao Laboratório de Conforto Ambiental que foi essencial à minha formação, principalmente aos orientadores de Iniciação científica Fernando Oscar Ruttkay Pereira e Raphaela Walger da Fonseca que se tornaram verdadeiros mentores.

Ao meu Orientador Fernando Simon Westphal que me apoiou durante todo o processo de finalização de curso e iniciação no mercado de trabalho.

Ao Silvio Tadeu Pina, arquiteto exemplar em responsabilidade com a profissão, sociedade e meio ambiente, este que se tornou uma fonte de inspiração e referencia para seguir ao longo de minha carreira.

Finalmente, agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, principalmente aos técnicos, servidores e professores que através do ensino me proporcionaram a chance de expandir os horizontes do meu conhecimento .



"Os céus declaram a glória de Deus; o firmamento proclama a obra das suas mãos. Um dia fala disso a outro dia; uma noite o revela a outra noite. Sem discurso nem palavras, não se ouve a sua voz. Mas a sua voz ressoa por toda a terra, e as suas palavras, até os confins do mundo."

SALMOS 19:1-4 - BÍBLIA SAGRADA



RESUMO

Segundo o relatório global do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2016), o gasto energético das edificações representa mais de um terço da energia final consumida globalmente, e contribui em cerca de um quarto das emissões de gases estufa em todo o mundo.

Edifícios com consumo energético mais eficiente são uma resposta sustentável aos desafios ambientais e econômicos da atualidade.

Além dos ganhos financeiros e ecológicos agregados pelo uso da ventilação natural no projeto de novas edificações, a exploração deste recurso propicia espaços mais agradáveis e saudáveis à ocupação humana.

Para que o arquiteto possa projetar edifícios com ventilação natural eficiente, é necessário que sejam de seu conhecimento as características climáticas do local de implantação da edificação, visto que cada localidade apresenta características específicas.

Com o intuito de otimizar o desempenho térmico das edificações em cada uma das regiões, as normas vigentes propõem uma divisão do território brasileiro em oito zonas climáticas.

Lamberts, Dutra e Pereira (2014), afirmam que para a maior parte das capitais brasileiras a ventilação natural é indicada como principal estratégia bioclimática em mais de 4.380 horas durante o ano para melhoria do desempenho térmico, com isto, pressupõe-se que uma maior área de ventilação pode promover maior ganho e perda de calor, logo, é necessário buscar o equilíbrio entre esses requisitos, visando economia de energia.

Tendo em vista, identificar se os parâmetros mínimos das normas em relação ao tamanho de esquadrias e da rotina de abertura garantem qualidade nas habitações de interesse social, procedeu-se à análise crítica das normas vigentes comparando-as com resultados obtidos através de simulações computacionais,

INTRODUÇÃO

O DESEMPENHO DE UMA EDIFICAÇÃO QUANTO A VENTILAÇÃO NATURAL DEPENDE DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS, COMO A DISPONIBILIDADE DE VENTOS E ZONAS DE ALTA E BAIXAS PRESSÕES.

FATORES COMO A IMPLANTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO QUANTO A ORIENTAÇÃO EM RELAÇÃO AO VENTO PREDOMINANTE, O ENTORNO TANTO NATURAL, QUANTO CONSTRUÍDO E AS PROPRIEDADES DA ARQUITETÔNICAS COMO LAYOUT E DIMENSÕES DE ABERTURAS IRÃO INFLUENCIAR O APROVEITAMENTO DOS VENTOS PARA REGULAR A TEMPERATURA INTERNA DOS AMBIENTES.

A CIDADE DE FLORIANÓPOLIS POSSUI 38,3% DAS HORAS DO ANO DE DESCONFORTO DEVIDO AO CALOR, A VENTILAÇÃO CRUZADA É A ESTRATÉGIA MAIS INDICADA PARA ESSE PERÍODO, ASSIM COMO, EXISTEM 40,7% DE HORAS DE DESCONFORTO POR FRIO PARA AS QUAIS A MASSA TÉRMICA E O AQUECIMENTO SOLAR SÃO AS ESTRATÉGIAS INDICADAS (LAMBERTS ET AL., 2014).

O DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO É INFLUENCIADO DIRETAMENTE PELA TROCA DE AR QUE ESQUADRIAS PERMITEM JUNTAMENTE COM A DIFERENÇA DE TEMPERATURA ENTRE AMBIENTE INTERNO E EXTERNO, SENDO QUE, QUANTO MAIOR A ÁREA DE ABERTURA E MAIORES AS DIFERENÇAS DE TEMPERATURA, MAIS IMPORTANTE DEVERA SER ISOLAMENTO TÉRMICO DAS ESQUADRIAS, TORNANDO O CUSTO DA EDIFICAÇÃO MAIS ALTO.

NESTE SENTIDO, QUANDO SE TRATA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, UM DOS PRINCIPAIS FATORES QUE OBIAMENTE PRESSUPÕE-SE É O BAIXO CUSTO,

NESTE QUESITO "BAIXO CUSTO" SURGE A QUESTÃO: A ECONOMIA É ASSOCIADA AO SUSTENTO DA EDIFICAÇÃO OU CONTENÇÃO DE GASTOS NA CONSTRUÇÃO?

SOBRE ESTA QUESTÃO, FAGUNDES (2014) MOSTRA QUE A INOBSERVÂNCIA DE PARÂMETROS DE DESEMPENHO E CONFORTO RESULTA NA QUALIDADE PRECÁRIA DE EDIFICAÇÕES.

BRASILEIRO; MORGADO E LUZ (2017) APRESENTARAM DADOS SOBRE A EVASÃO DE MORADORES COM DIFICULDADE EM ARCAR COM OS CUSTOS RELACIONADOS A AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS QUE GARANTAM CONFORTO TÉRMICO EM UM EDIFÍCIO QUE DEVERIA ATENDER PESSOAS COM BAIXO PODER AQUISITIVO.

A REDUÇÃO DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE POPULAR É UM FATOR PRIMORDIAL, MAS ALÉM DE BAIXOS CUSTOS É NECESSÁRIO QUE PROGRAMAS DE HABITAÇÕES SOCIAIS GARANTAM QUALIDADE DE VIDA E ECONOMIA AOS USUÁRIOS.

A UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS EM EDIFICAÇÕES NÃO É VISTA COMO A SOLUÇÃO, MAS COMO UMA GRANDE POSSIBILIDADE DE MELHORIA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO, QUE CONTRIBUIRÁ COM O CONFORTO E EFICIÊNCIA DOS PROJETOS DE HIS. O DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UMA HIS PODE COMPROMETER SEU CARÁTER DE "INTERESSE SOCIAL", POR ISSO, A NECESSIDADE DE LEGISLAÇÕES, REGULAMENTOS E NORMAS QUE GARANTAM A QUALIDADE E EFICIÊNCIA DA HABITAÇÃO.

É NECESSÁRIO TAMBÉM AVALIAR CADA ELEMENTO CONSTRUTIVO, A FIM DE IDENTIFICAR QUAIS PARÂMETROS PODEM GERAR IMPACTOS SIGNIFICATIVOS NA ECONOMIA DE ENERGIA E NA QUALIDADE DE VIDA DOS HABITANTES.

NESTE TRABALHO, SERÁ DESENVOLVIDA UMA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ABERTURAS, TENDO COMO BASE A POSIÇÃO DA EDIFICAÇÃO, AS ROTINAS E AS ÁREAS DE ABERTURA.

ESPERA-SE ATRAVÉS DE ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO AMBIENTE IDENTIFICAR COMO O DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO É INFLUENCIADO POR ESQUADRIAS ESPECIALMENTE EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL-HIS.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa se configuram em 5 etapas que foram executadas em sequência: revisão bibliográfica; estudos de caso; simulações computacionais, análise de resultados e considerações finais.

A revisão bibliográfica verificou estudos que relacionam desempenho das edificações com o conforto nos ambientes e economia de energia a fim de apresentar uma análise crítica das normativas nacionais e como afetam as habitações de interesse social.

A partir disso, são apresentadas condicionantes climáticas, construtivas, ou de uso, em que as dimensões de esquadrias podem influenciar na qualidade de edificações.

Ainda na revisão bibliográfica é apresentado um breve histórico de edificações HIS e de janelas utilizadas no Brasil.

Os estudos de caso foram realizados a fim de compreender como as aberturas estão sendo aplicadas nas HIS comparando com o desempenho das edificações.

Foram realizadas simulações computacionais de ventilação natural para um comodo de cada estudo de caso, a partir dos resultados e questionamentos levantados, um modelo simplificado foi definido a partir da revisão bibliográfica da dissertação de mestrado de Passos (2016), em que a envoltória de uma edificação de interesse social padrão unifamiliar foi simulada e avaliada por meio do software EnergyPlus 8.1 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2018).

Por meio deste mesmo Software - EnergyPlus 8.9.0 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2018) - foram realizadas simulações do modelo naturalmente ventilado em Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro a fim de entender o comportamento de uma mesma edificação em condições climáticas distintas.

Posteriormente o mesmo modelo foi simulado na cidade de Florianópolis sob diferentes configurações de janelas de um ambiente, na qual foram aplicadas variação dimensionais, assim como variações rotina de abertura das janelas.

A partir dos dados obtidos, foram gerados gráficos e analisados os resultados com o intuito de identificar o impacto do tamanho das janelas e rotina de aberturas na temperatura interna do ambiente em relação às trocas de ar com o ambiente externo da HIS sob diferentes configurações.

As conclusões deste trabalho apresentam o impacto do dimensional e das rotinas de abertura e fechamento das janelas em HIS e como as legislações, regulamentos e normas vigentes podem ser aprimoradas a fim de garantir maior qualidade e conforto aos moradores.

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como principal objetivo identificar como o desempenho térmico dos ambientes é influenciado pela ventilação natural e avaliar se os requisitos mínimos de aberturas exigidos em legislações, regulamentos e normas garantem qualidade às habitações de interesse social, utilizando um caso base para ser avaliado na cidade de Florianópolis.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

1. Analisar legislações, regulamentos e normas vigentes, a fim de identificar os requisitos mínimos exigidos para promover a ventilação natural nos ambientes;
2. Selecionar e estudar Habitações de interesse social existentes e identificar como a qualidade do ambiente pode ser garantida ou não através da Ventilação Natural ;
3. Simular um modelo padrão do Programa Minha casa Minha Vida (PMCMV), variando dimensões de janelas e rotinas de abertura, a fim de entender a influência das trocas de ar na temperatura interna da habitação;
4. Comparar resultados a fim de entender se os parâmetros de aberturas requeridos na legislação, regulamentos e normas vigentes garantem qualidade às habitações de interesse social



DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

“A arquitetura é a responsável pela relação entre o ambiente externo e o corpo humano” (ANDERSEN; GOCHENOUR E LOCKLEY, 2013), portanto, é fundamental para o lançamento de projeto que se estude as variáveis climáticas locais, pois influenciam diretamente nas soluções arquitetônicas mais apropriadas para o ambiente construído, tanto em relação ao bem estar quanto a economia de energia.

As estratégias para um projeto eficiente que garanta bem estar e economia de energia, muitas vezes são contraditórias. Uma abertura, por exemplo, pode significar uma solução para a iluminação natural, mas ao mesmo tempo, pode provocar um ganho de calor excessivo no ambiente, e além disso, as estratégias são diferentes de acordo com as estações, pois ocorrem mudanças tanto na temperatura quanto no ângulo de incidência solar ao longo do ano.

Para uma solução arquitetônica coerente com as estratégias de eficiência energética e de conforto, é necessário que o arquiteto tenha um conhecimento teórico embasado e que saiba aplicar a teoria na prática, utilizando as diferentes estratégias de forma integrada e inovadora.

Em um processo de projeto, visando melhor insolação, ventilação e conforto ao longo do ano, devem ser implementados os conceitos bioclimáticos e as estratégias indicadas de acordo com o local, desde a escolha do terreno até a definição de revestimentos da edificação. A NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) e NBR 15575 Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) em conjunto com legislações locais, apresentam algumas estratégias a fim de garantir condições mínimas para edificações.

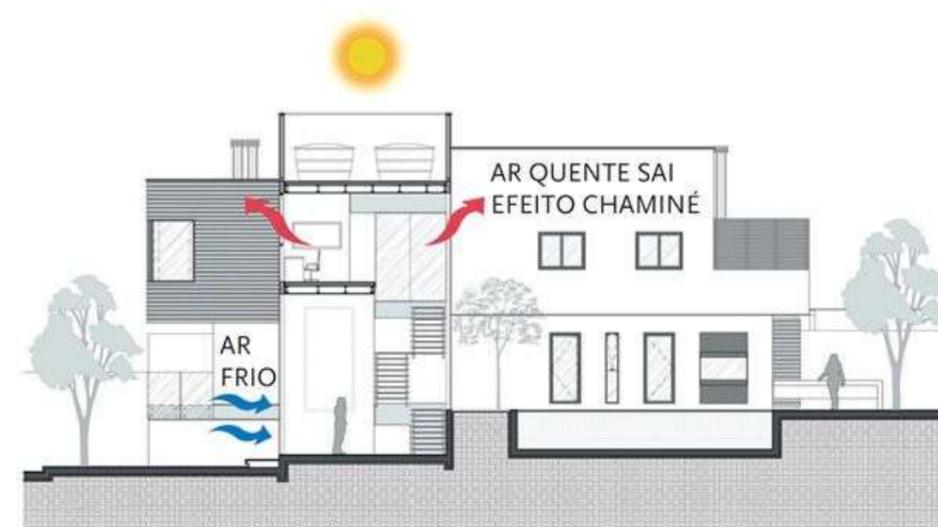
“Do total da produção nacional de energia elétrica, quase 25% se destinam ao uso em residências” (ELETROBRAS, 2014), deste modo, verifica-se que as decisões de projeto além de influenciar os aspectos visuais e o desempenho térmico, influenciam diretamente o desempenho energético das edificações, portanto é necessário que o arquiteto adeque os projetos ao clima local utilizando-se das estratégias estabelecidas de acordo com a zona bioclimática.

“O uso do ar condicionado apresenta 20% do total na média nacional de consumo energético em residências. Falando-se de forma regional, a região Norte é a que mais gasta energia com ar condicionado em residências, atingindo 40% do total do consumo residencial de energia elétrica, enquanto que a região Sudeste é a que menos consome nessa categoria de uso final, somando 11% do total de consumo energético por uso final. É importante ressaltar que na região Sul, o consumo em ar condicionado salta para 32% do total de energia gasta em uma residência.” (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2014)

Segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014), através das aberturas de um edifício, a radiação solar direta de onda curta entra pela janela e ao incidir nos corpos, os aquece e emitem radiação térmica de onda longa que fica retida pois o vidro não permite que esse tipo de onda passe pelo material.

Assim ocorre o efeito estufa, superaquecendo o interior dos ambientes. Portanto, dependendo dos climas e das estratégias bioclimáticas locais, mostra-se necessária a prevenção da entrada de radiação solar direta, utilizando o sombreamento e materiais mais eficientes para a envoltória ou a dissipação deste calor armazenado.

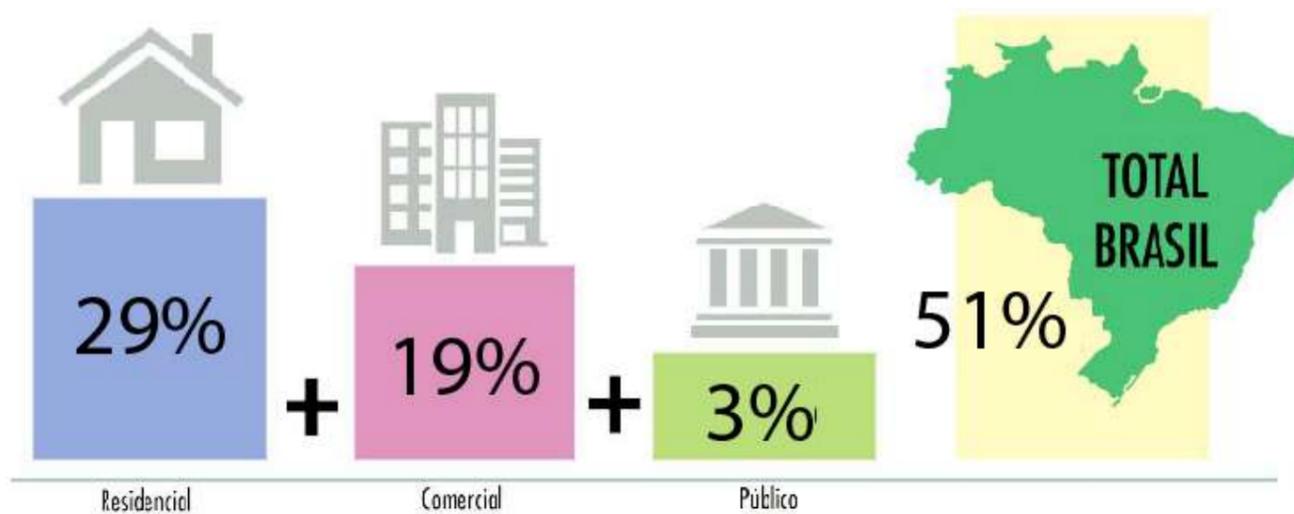
Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), existem três diretrizes a serem avaliadas e implementadas no processo de projeto para a racionalização e redução do consumo energético. São elas: A utilização de sistemas naturais de iluminação e condicionamento de ar, a utilização de sistemas artificiais mais eficientes e a Integração entre os sistemas naturais e artificiais.



O posicionamento e dimensão das aberturas é fundamental para garantir as trocas de calor necessárias à manutenção do conforto nas residências ao longo do ano.

Entende-se que um dos fatores que mais influenciam na eficiência dos ambientes é a área de abertura, desde o ganho ou perda de calor no ambiente, a ventilação natural, a iluminação natural até a psicologia e fisiologia humana relacionada a luz solar direta e o contato visual com o exterior.

Para garantir condições mínimas ambientais para conforto e visando um menor consumo de energia, normas e regulamentos foram instituídos e apresentam desempenhos mínimos e eficiência para edificações. “A eficiência energética pode ser avaliada como uma característica inerente às edificações, que devem apresentar conforto com baixo consumo de energia, ou seja, a eficiência energética é determinada pela capacidade de um edifício gerar as mesmas condições ambientais que outro, porém com um menor consumo energético.” (OLIVEIRA; SAKIYAMA e MIRANDA apud, BASSO; NOGUEIRA e SILVA, 2017).



LEIS, NORMAS E REGULAMENTOS

É reconhecido pela comunidade acadêmica e profissionais do mercado que as recomendações e normas relativas ao desempenho do ambiente construído devem ser melhoradas. Um dos principais pontos trata-se da definição de parâmetros de desempenho, bem como os valores mínimos, a fim de garantir edificações saudáveis e eficientes.

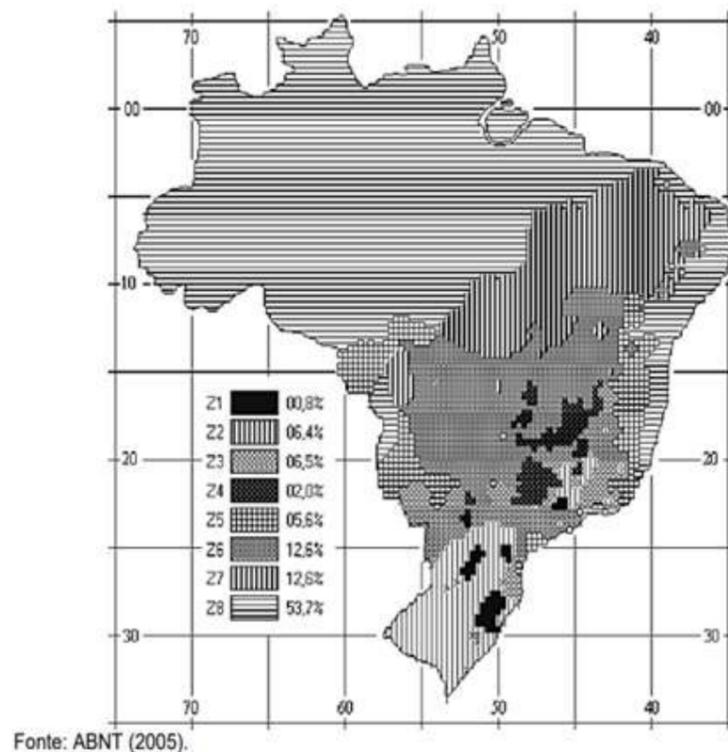
A norma brasileira NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) trata do desempenho das habitações, indicando os requisitos relativos à segurança nas edificações, sua habitabilidade e sua sustentabilidade. Segundo Chvatal (2014) não é uma norma prescritiva, ou seja, não indica como o prédio deve ser construído, mas sim os requisitos que ele deve atender para que tenha o desempenho desejado (mínimo, intermediário ou superior), ou seja, a atenção é sobre o comportamento esperado do sistema como um todo independentemente do sistema construtivo, onde o objetivo é atender às necessidades do usuário.

CECHINEL (2017) apresenta um quadro adaptado com os itens requeridos pela norma NBR 15575.

Segurança	Habitabilidade	Sustentabilidade
<ul style="list-style-type: none"> - Estrutural; - Contra o fogo; - No uso e na operação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estanqueidade; - Desempenho térmico; - Desempenho acústico; - Desempenho lumínico; - Saúde, higiene e qualidade do ar; - Funcionalidade e acessibilidade; - Conforto tátil e antropodinâmico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Durabilidade; - Manutenibilidade; - Impacto ambiental.

Fonte: Adaptado de ABNT (2013).

A NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro com oito zonas no território nacional, com recomendações de projeto para cada uma dessas zonas para adequar as edificações aos seus respectivos climas.



Fonte: ABNT (2005).

“Recentemente, surgiu o RTQ-R - Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética em edificações residenciais, voltado a edificações uni e multifamiliares (INMETRO, 2012). No RTQ-R são apresentados requisitos técnicos e métodos para a obtenção do nível de eficiência energética do edifício, que pode variar de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Essa informação permite a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) para a habitação.” (CHVATAL, 2014)

Na esfera municipal, Plano Diretor é uma lei municipal que orienta o desenvolvimento urbano, para a cidade cumprir sua função social, incorpora ações, programas e estratégias para a atuação política e da Administração Pública. A Lei de Zoneamento, por sua vez, é um complemento do Plano Diretor. Ela divide a cidade em zonas e define qual vai ser a ocupação, o que impacta nos limites do que pode ou não ser construído.

O Código de Obras é um conjunto de leis que permite a administração municipal, controlar e fiscalizar o espaço construído e seu entorno, a fim de garantir o conforto ambiental, segurança, conservação de energia, salubridade e acessibilidade.

As exigências variam de acordo com cada município que possuem normas técnicas para cada tipo de construção. Ali também estão definidos os procedimentos para aprovação dos projetos e integra os cuidados exigidos tanto com a legislação urbana municipal, quanto com as normas já estabelecidas por outros órgãos públicos ou reguladores em relação à construção civil.

As normas e o regulamentos utilizados no Brasil são recentes, se comparados com outros países. Os documentos nacionais representam um avanço no setor da construção civil brasileira, mas ainda assim, é importante que se mantenha uma discussão constante sobre sua aplicação, a fim de garantir seu aprimoramento.

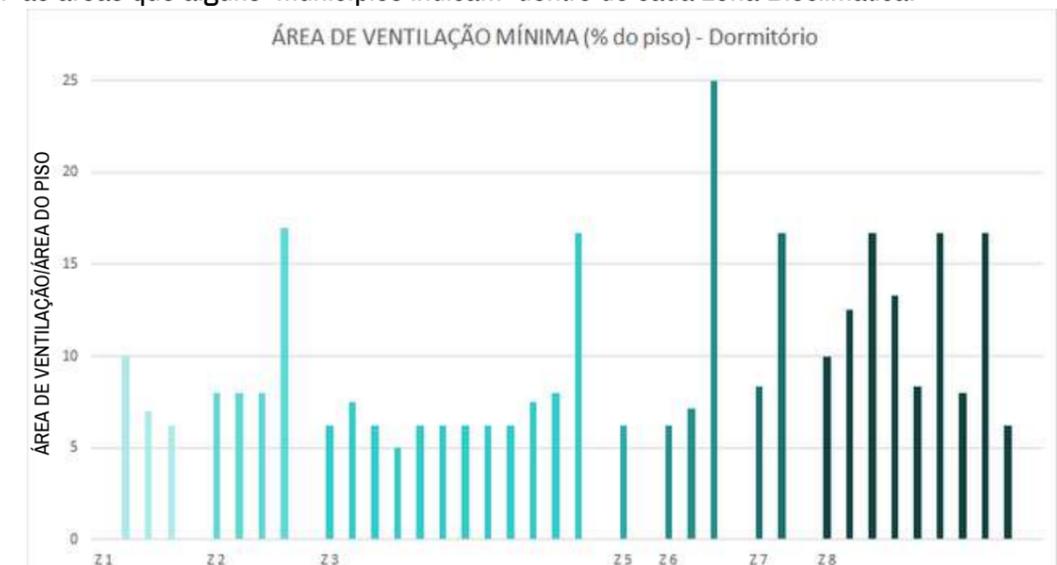
Em relação à áreas destinadas a ventilação Natural, observa-se uma não conformidade entre as normas.

A NBR 15575 e o RTQ-R apresentam tabela de área mínima de ventilação para dormitórios e salas de estar em relação à área de piso. As indicações apresentadas são de áreas maiores que 7% Zonas de 1 a 7, áreas maiores que 8% para Região Nordeste e Sudeste I situadas na Zona 8 s que 12% para Região Norte situada na Zona 8.

A NBR 15575 é a única entre as citadas que cita o desempenho em relação à temperatura interna dos ambientes. O Requisito de desempenho no verão para todas as zonas é apresentar condições térmicas no interior menores ou iguais às do ambiente externo, para o dia típico de verão e para o inverno a exigência de desempenho é apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional maiores que do ambiente externo, no dia típico de inverno nas zonas bioclimáticas 1 a 5.

A NBR 15220 apresenta áreas mínimas de ventilação para cada Zona bioclimática em relação à área do piso. Indicam aberturas entre 15 e 25% para Zonas de 1 a 6, aberturas de 10 a 15% para Zona 7 e aberturas maiores que 40% para Zona 8.

Os Códigos de obras municipais também indicam áreas de aberturas mínimas. assim, foi elaborado um gráfico de acordo com as áreas que alguns municípios indicam dentro de cada zona Bioclimática.



Muitos estudos têm apontado equívocos e contradições entre os diferentes regulamentos e mesmo com objetivos e escopos diferentes, é importante que esses documentos não sejam contraditórios, a fim de garantir maior confiabilidade e permitir sua implementação de forma apropriada.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONFORTO AMBIENTAL E DESEMPENHO

Um edifício projetado corretamente ao clima local pode reduzir o consumo de eletricidade para aquecimento, resfriamento e iluminação. Neste contexto, as normas e regulamentos têm uma importância significativa para estabelecer limites mínimos de desempenho.

Alguns autores discutem os limites mínimos estabelecidos pelas normas questionando suficiência dos requisitos para fornecer condições de conforto aos usuários. A literatura relata que o desempenho dos edifícios estabelecido deveria estar vinculado aos parâmetros de conforto do usuário.

Segundo OLIVEIRA; SOUZA; MAIRINK; RIZZI e SILVA (2015), no Brasil não há um estudo padronizado dos índices de conforto, mas, afirma que o corpo se adapta às condições locais e está predisposto a tolerar temperaturas mais altas.

Em relação ao conforto térmico, OLIVEIRA; SOUZA; MAIRINK; RIZZI e SILVA (2015) observam que a regulamentação brasileira baseia-se em normas internacionais como a ASHRAE 55/2004, fundamentada na pesquisa de índices de adaptação térmica no ambiente construído de Dear e também na ISO 7730/2005, porém indicam também que estudos mostraram que o modelo proposto por Fanger, utilizado na ISO 7730, não é adequado para prever o conforto térmico de usuários brasileiros adaptados ao clima local.

Além disso, os principais questionamentos são em relação a efetiva avaliação dos ambientes. Lopes; Goulart e Lamberts (2010) monitoraram unidades habitacionais durante sua utilização normal e compararam com os cálculos das propriedades térmicas dos elementos e sistemas construtivos e os valores encontrados verificados de acordo com os limites estabelecidos nas normas brasileiras de desempenho NBR 15220 e NBR 15575.

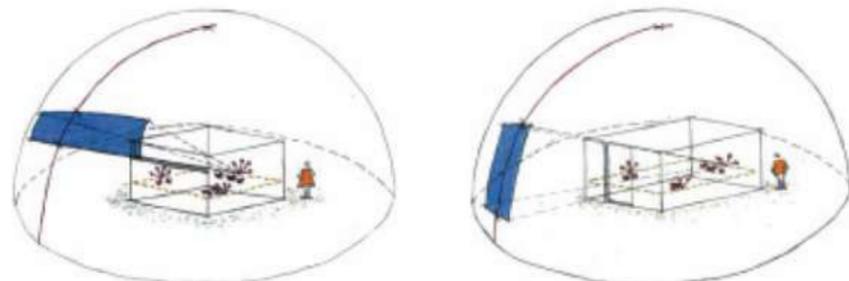
Mesmo com as propriedades aceitas pelos critérios das normas de desempenho, o comportamento térmico das edificações multifamiliares não se mostrou satisfatório depois de habitada.

OLIVEIRA; SOUZA; MAIRINK; RIZZI e SILVA (2015) também avaliaram as condições de conforto dos usuários de habitações de interesse social que atendem aos limites mínimos de desempenho térmico da NBR 15575, no entanto, relataram que as edificações não proveram condições adequadas para aos moradores.

Em sua pesquisa, Chvatal (2014) conclui que o procedimento simplificado não representa de forma correta os impactos da transmitância e da absorvância da envolvente avaliados pelo método de simulação, podendo levar a uma classificação de desempenho equivocada. Indica também outros estudos que foram classificados como eficientes em relação ao RTQ-R enquanto o desempenho mínimo pela NBR 15575 não foi atendido.

A partir de limites estabelecidos pelo código de obras, Matos (2007) concluiu através de resultados obtidos por simulações, que a área mínima área de abertura de 8%, maior que o indicado na NBR 15575, visando a ventilação natural não é adequada para o tipo de residência avaliada em seu estudo e verificou que valores de graus-hora de desconforto praticamente não variaram entre as áreas de abertura de 15%, 20% e 25% para Florianópolis.

Além de estudos relacionados a desempenho térmico do ambiente, a norma NBR 15575 também abrange a iluminação natural. A figura de Claro, Fonseca e Pereira (2012) indicam as variações de reflexões internas nos ambientes de acordo com a abertura horizontal alta e vertical respectivamente e afirmam que as reflexões internas dos ambientes exercem maior influência na iluminação interior do que a distribuição de aberturas.



Darula, Christoffersen e Malikova (2015) afirmam que a posição, tamanho das janelas e composição volumétrica dos ambientes, junto com a posição do sol e tipo de céu, influenciam diretamente o interior dos ambientes, onde a luz do sol pode ser ocasionalmente bloqueada por nuvens ou obstruções no prédio.

A partir de levantamentos e análises de estudos realizados nos últimos 10 anos, Pereira; Fonseca e Scalco (2017) observam algumas inconsistências nas normas vigentes quanto a valores recomendados para iluminâncias mínimas, afirmam que estes parâmetros são sugeridos de forma equivocada e são impraticáveis por conta de limitações dos parâmetros estabelecidos, entre elas, a insensibilidade às variações da disponibilidade de luz natural associadas ao clima e à orientação.

“As janelas podem ser as responsáveis por grande parte dos ganhos ou perdas de calor em edificações. Quando suas dimensões não são cuidadosamente determinadas, as janelas podem contribuir para aumentar o consumo de energia de edificações de forma significativa. Janelas amplas podem proporcionar níveis mais altos de iluminação natural e vista para o exterior, mas também podem permitir maiores ganhos ou perdas de calor, o que refletirá no consumo de energia de edificações condicionadas artificialmente.” (GHISI; TINKER e IBRAHIM, 2005).

SUSOROVA; TABIBZADEH; RAHMAN; CLACK e ELNIMEIRI (2013) buscaram avaliar a influência da geometria no desempenho de um edifício comercial e encontrar uma combinação de parâmetros com o menor consumo energético e definir o potencial de economia de energia nos Estados Unidos, analisando o aquecimento e resfriamento de um edifício comercial, iluminação e consumo total de energia através de simulações para as Zonas Climáticas com clima quente definidas como 2 e 3 demonstraram que o consumo total de energia em uma sala de 6 m diminuiu quando a relação entre área de janela e parede aumentou de 20% para 40% e o consumo aumentou quando esta relação é aumentada de 40% para 80%. Para salas com profundidades de 9 m, 12 m e 15m o consumo diminuiu à medida que a relação entre a área de janela e parede aumentou de 20% para 80%.

Existem muitos estudos relacionados aos requisitos mínimos que edificações precisam atender, além de normas e regulamentos, referências internacionais que podem contribuir para a definição de parâmetros e avaliações que estimem com maior precisão o comportamento dos ambientes internos. No Brasil, a normatização de desempenho é recente e portanto exige conhecimento técnico tanto no processo de projeto quanto nas avaliações por simulação. Portanto, entende-se necessária a discussão contínua sobre a norma a fim de estabelecer condições realistas para o contexto brasileiro.



No Brasil, a participação do setor residencial tem aumentado nos últimos anos, e uma das formas de reduzir este consumo é a concepção de projetos eficientes.

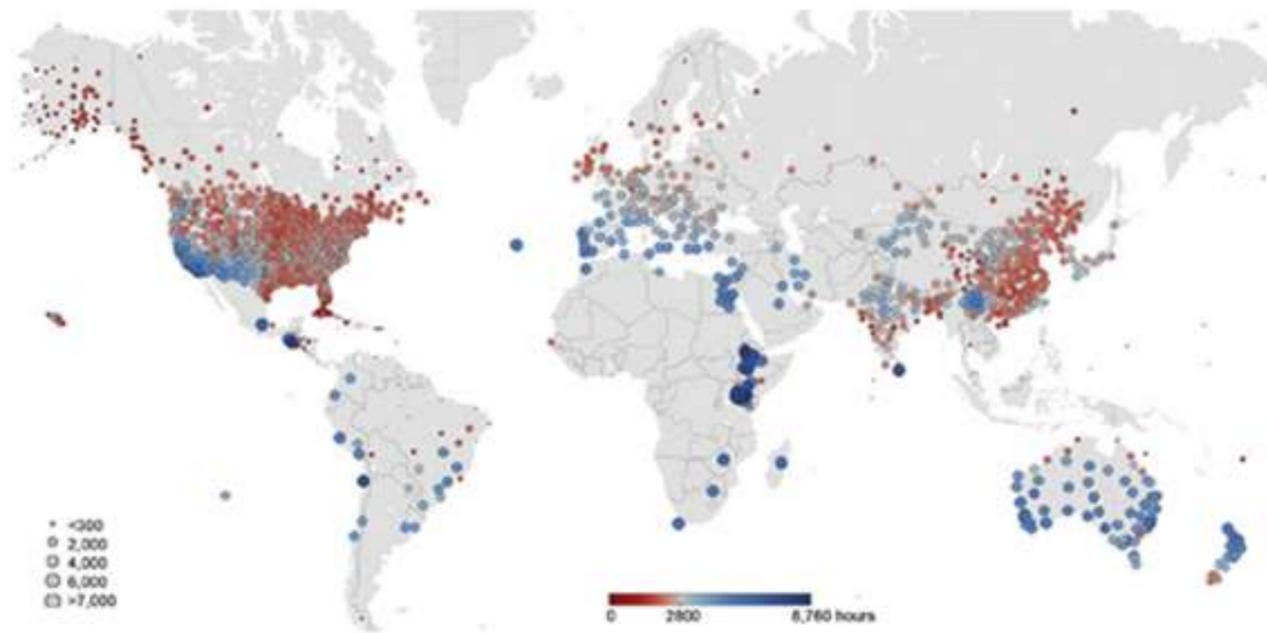
A partir destas discussões, percebe-se a necessidade da concepção de projetos eficientes em relação ao clima local e as estratégias necessárias para obtenção de edificações eficientes além dos requisitos mínimos que as normas e regulamentos indicam. É imprescindível que o arquiteto seja consciente da utilização de estratégias naturais de iluminação, aquecimento e resfriamento para reduzir a demanda de energia e prover projetos e ambientes mais sustentáveis, saudáveis e eficientes.

POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA ATRAVÉS DA VENTILAÇÃO NATURAL E A RELAÇÃO COM ÁREA DE ABERTURA

Estima-se pelas Nações Unidas que mais de dois terços da população mundial viverão nas cidades até 2050 (CHEN; TONG e MALKAWI apud NAÇÕES UNIDAS, 2017). Essa rápida urbanização levou a um aumento significativo no consumo de energia dos edifícios devido principalmente ao crescimento da população.

Estudos mostraram que o setor de construção corresponde entre 23 e 47% do consumo total de energia primária em países desenvolvidos e em desenvolvimento em todo o mundo (CHEN; TONG e MALKAWI apud LOMBARD e POUT, 2017). Por conta deste aumento na demanda de energia, e diante do panorama de mudanças climáticas, esgotamento de recursos naturais, aumento dos centros urbanos e aquecimento global, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) defendem que a arquitetura pode desenvolver um importante papel, através da adoção de técnicas bioclimáticas. A ventilação natural é uma estratégia eficiente para resfriamento passivo de edifícios, para melhorar a qualidade do ar interior e o conforto dos ocupantes, bem-estar e produtividade (SACHT; LUKIANTCHUKI e CARAM, 2017)

CHEN; TONG e MALKAWI fizeram um estudo de potenciais de ventilação natural no mundo. Um indicador de hora NV foi definido para medir o máximo potencial de ventilação natural para cada localidade. Isto é definido com o número de horas em um ano típico. Entre os locais estudados, o número mediano de NV é de 2598 h com um desvio padrão de 1296 h. Existem 108 locais (6%) com NV superior a 5000 e 44 locais (2,5%) com menos de 100 NV horas. Os potenciais de hora NV estão apresentados na figura a seguir.



A estratégia de ventilação tornou-se uma solução chave para alcançar a sustentabilidade na indústria da construção.

O potencial para a utilização de ventilação natural depende muito do clima local e varia de acordo com a região.

CHEN; TONG e MALKAWI, utilizaram um modelo de conforto térmico adaptativo para quantificar horas adicionais de ventilação natural nas diferentes localidades, concluindo que Porcentagem de economia de energia com ventilação natural para São Paulo e Rio de Janeiro é de 27,2% e de 3,6% respectivamente.

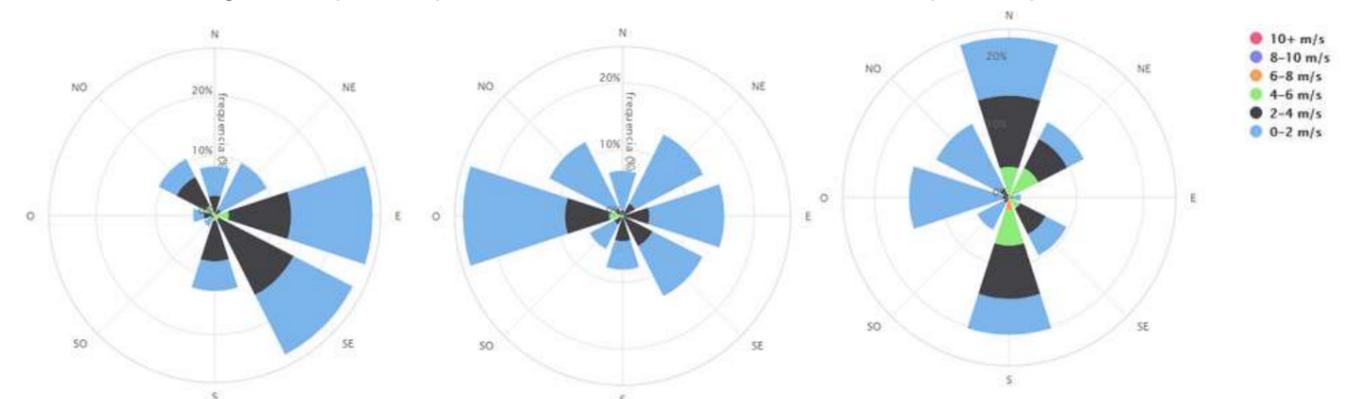
Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a ventilação natural é uma das estratégias bioclimáticas mais importantes para o Brasil.

A partir do programa Analysis-Bio, foram gerados dados para as cidades brasileiras que possuem dados climáticos no formato TRY, que indicam que a grande maioria das capitais brasileiras exigem ventilação natural em mais de 4.380 horas como principal estratégia durante o ano todo.

Os edifícios que dependem de ventilação natural ou modo misto de ventilação demonstraram um potencial significativo de redução do consumo de energia e melhorias da qualidade das condições do ambiente interno (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2014).

A distribuição e velocidade de fluxo de ar no interior dos ambientes são diretamente influenciadas pela implantação da edificação, pela composição volumétrica da arquitetura, pelo tamanho, forma e localização das esquadrias pela orientação das aberturas em relação ao vento local predominante.

A figura do ProjetEEE mostra o gráfico da rosa dos ventos com estatísticas sobre o vento. Essas medições incluem velocidade do vento, direção e frequência. para São Paulo, Rio de Janeiro e Florianópolis respectivamente.



Na pesquisa realizada por Moraes e Labaki (2017) foi analisado o desempenho de ventilação natural no interior de três tipologias do Programa Minha Casa, Minha Vida, com três ângulos de incidência do vento. A partir de simulações computacionais, constataram que a posição de implantação oblíqua (ou diagonal) do edifício em relação ao vento dominante forneceu os melhores resultados de velocidades médias internas. No que diz respeito aos melhores aproveitamentos internos, indicaram que vento incidente na diagonal (135°) se mostra mais eficiente, seguidos de vento perpendicular (90°) e depois paralelo (0°). Observou-se que a simetria formal comprometeu os resultados, prejudicando 50% das unidades habitacionais e que reentrâncias nas fachadas incrementam a diferença de pressão nas aberturas, ou seja, a inserção de pequenas aberturas nas fachadas poderia melhorar o aproveitamento da ventilação natural nas unidades habitacionais.

Oliveira; Sakiyama e Miranda apud Souza (2017) avaliaram uma habitação de interesse social quanto ao desempenho térmico e destacam que os fatores predominantes no desempenho da ventilação natural são: número, tipo, posição e tamanho das aberturas existentes para a passagem de ar e posição da edificação em relação à direção predominante do vento. Realizaram um estudo para avaliar a influência da orientação e das dimensões das aberturas no desempenho térmico de uma edificação, visando analisar as condições de conforto em Teófilo Otoni-MG, concluindo que As aberturas com 20% da área do piso apresentam melhor eficiência em 5, dos 6 modelos avaliados, isto porque a perda de carga térmica devido ao aumento da área de ventilação é suficiente para superar os ganhos térmicos causados pelo aumento da área de exposição do ambiente a incidência solar direta para a localidade avaliada.

Matos (2007) realizou um estudo semelhante na cidade de Florianópolis e concluiu que a área de ventilação mais adequada é de 15% da área do piso, indicando também que os casos com áreas de abertura de 20% e 25% apresentaram resultados semelhantes à área de abertura de 15%, além disso, evidencia que a área mínima de abertura requerida para a ventilação natural no código de obras de Florianópolis de 8% da área de piso resultou no pior desempenho para todas as orientações, mesmo quando sombreada.

A partir da análise da utilização da ventilação natural e seu impacto no conforto térmico do usuário, entende-se as aberturas entre o interior e exterior dos ambientes como um dos fatores que mais influenciam o desempenho térmico das edificações, portanto, ao se projetar, é necessário que fatores como posição, quantidade e área de aberturas sejam considerados, visando uma maior qualidade no projeto e no conforto da arquitetura.

HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

No Brasil, existe uma grande demanda por Habitações de Interesse Social. As edificações construídas dentro de programas de habitações populares têm entre algumas de suas principais características, segundo LOPES; GOULART E LAMBERTS (2010) o fator custo como prioridade sobre o desempenho, causando piora na qualidade da edificação.

Outra questão marcante nos edifícios de interesse social, de acordo com Morais e Labaki (2016), é o não planejamento da implantação dos blocos nos lotes. Assim, requisitos importantes são desconsiderados, como a implantação mais eficiente para aproveitamento da insolação e da ventilação natural. Isso é preocupante pois não somente a salubridade, como também o conforto térmico dos usuários pode ser comprometido, além de um terceiro aspecto, hoje igualmente importante, o consumo de energia elétrica.

Uma característica marcante desse programa, ainda segundo Morais e Labaki (2016) é a reprodução de projetos padrão sem considerar questões climáticas de acordo com locais de implantação. Em outras palavras, mesmo sabendo que cada região do Brasil tem características ambientais diferentes e com especificidades que exigem características de projeto diferenciadas, o que ocorre na prática é que os projetos do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) são repetidos em diferentes localidades, independentemente de suas características específicas.

DESEMPENHO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Ao refletir sobre o desempenho de edificações, Fonseca, Pereira e Claro (2010) apud Souza (2001) destacam que quando a as estratégias para eficiência dos ambientes é considerada nas fases iniciais de projeto, pode representar um sistema praticamente sem custos adicionais à edificação. Defendem ainda que a desconsideração do potencial natural resulta na dependência excessiva de sistemas artificiais, elevando significativamente o desperdício de energia elétrica e aumento do custo nas habitações.

Quando se trata de habitação de interesse social, um dos principais fatores em que se pressupõe é o baixo custo, mas uma edificação econômica é a que tem um menor custo para ser construída e cara para ser mantida ou uma edificação projetada adequadamente ao local, priorizando o conforto, a eficiência e reduzindo os custos para ser sustentada?

Lamberts; Dutra e Pereira (2014), afirmam que as escolhas de concepção e projetuais para uma edificação afetam diretamente os recursos energéticos necessários para prover conforto em uma edificação.

Brasileiro; Morgado e Luz (2017) apud Sang et all (2014), em pesquisa desenvolvida em clima quente-úmido, mostraram a importância da envoltória no consumo energético de uma edificação, indicando, inclusive, a existência de um significativo potencial de redução no consumo de energia dedicado ao arrefecimento, no que diz respeito ao projeto e escolha de materiais, ou seja, a medida em que a edificação não provém conforto (especialmente térmico) suficiente, o usuário irá buscá-lo através de equipamentos que geralmente são consumidores de energia.

A esse respeito, Brasileiro; Morgado e Luz (2017) comentam a pesquisa de Misni (2015), sobre o consumo de energia na Malásia com o crescente uso de aparelhos de ar condicionado reconhece que esse uso tem contribuído sobremaneira para o aumento no consumo de energia, e sabendo que a energia tem se tornado insuficiente, sustenta a ideia da importância da eficiência energética da envoltória das edificações.

Por esta razão que autores levantam o questionamento de avaliar o nível de eficiência energética de empreendimentos do PMCMV.

Lambert, Dutra e Pereira (2014) Salientam que com o desenvolvimento social crescente, a redução dos preços de equipamentos de ar condicionado e a construção de edificações não adequadas a aquisição de aparelhos de condicionamento de ar tende a crescer, agravando ainda mais os problemas de consumo de energia elétrica.

Por outro lado, Brasileiro; Morgado e Luz (2017) citam sobre evasão de moradores com dificuldade de arcar com os custos de energia elétrica de equipamentos de climatização em um edifício que deveria atender a pessoas com baixo poder aquisitivo.

Conclui-se que o desempenho energético de uma habitação pode comprometer seu caráter de “interesse social”.

Brasileiro; Morgado e Luz (2017) apud Pacheco et all (2012) indicam que os fatores com maior repercussão na demanda final de energia de uma edificação são a forma, a envoltória, o volume do edifício e a orientação da construção.

Brasileiro; Morgado e Luz (2017) avaliaram um edifício PMCMV no rio de janeiro e mesmo que o projeto siga indicações da NBR 15220 (Desempenho térmico de edificações), o condicionamento passivo indicado foi definido como insuficiente durante as horas mais quentes.

Ao analisar a edificação observaram que a área destinada à efetiva passagem de ar, mesmo com a esquadria totalmente aberta, não chega a 50% da área do vão na parede destinado à colocação da esquadria, comprometendo a ventilação.

A ausência de sombreamento nas aberturas é outro fator de extrema influência, tanto no conforto visual, quanto ao ganho de calor. Indicam que a envoltória deveria ser mais responsiva às condições climáticas do local de implantação. Assim, questionam se durante uma boa parte do ano, a habitação poderia ter alcançado, por meio de um projeto melhor elaborado, condições mais satisfatórias de conforto ambiental ao ocupante para que não procure esse conforto utilizando meios ativos, consumidores de energia.

CECHINEL (2017) Discorre sobre as pesquisas de Pellegrino, Simonetti e Chiesa (2015), onde analisam edificações habitacionais típicas da cidade de Kolkata, na Índia, e indicam que simples intervenções, tais como revestimentos reflexivos, películas seletivas em vidros e isolamento do telhado, aliado a um melhor entendimento do comportamento dos usuários, podem reduzir o desconforto térmico e evitar o uso do ar condicionado.

Fagundes (2014) mostra que a inobservância de parâmetros de desempenho e conforto térmico como os discutidos neste trabalho resulta na qualidade precária para conforto e eficiência de habitações de interesse social. Alega ainda que alterações simples no projeto e na escolha dos materiais da habitação podem gerar impactos significativo na economia de energia na qualidade de vida dos habitantes.

Um dos fatores que mais interferem o desempenho térmico de edificações são as dimensões de aberturas. Como componente da edificação, as janelas representam, em muitos casos, a parte da envoltória que mais interfere nas condições térmicas internas e, portanto, é um elemento chave para o alcance do menor consumo de energia em edifícios, sendo também as responsáveis por grande parte das perdas e ganhos de calor no ambiente (Jonsson e Roos, 2010).

O desempenho será influenciado de acordo com as trocas de ar entre ambiente interno e externo e variação de temperatura externa.

Muito tem se discutido sobre esta relação, mas faltam estudos que comprovem a real influência das trocas de ar na temperatura interna dos ambientes. Além disso, muitos estudos já apresentaram falhas nos parâmetros estabelecidos pelas normas, pois não representam a realidade.

É necessário que ocorra uma mudança de paradigma nos preceitos construtivos no Brasil; onde a economia não deve ser pensada somente no momento de construção de uma edificação.

Entende-se a redução de custos como um fator importante, mas além de custos é necessário que programas de habitações sociais garantam qualidade de vida e economia em energia para os moradores.

EVOLUÇÃO DA ABERTURA

NEOLÍTICO

Habitações correspondiam a um único ambiente com apenas uma abertura, a de acesso. Com a descoberta do fogo houve a necessidade de mais aberturas, para permitir a saída da fumaça renovando o ar, sendo que essas novas aberturas eram protegidas das intempéries e dos ataques de animais por folhagem.



Amesbury, Reino Unido
Fonte: claudio Divizia

GRÉCIA ANTIGA

Surge a preocupação com a ventilação e a iluminação dos ambientes. As aberturas eram voltadas ao pátio central privado ou Peristilo.



Casa dos Vécios
Fonte: Patricio Lorente

ROMA ANTIGA

Ocorreram alterações nas janelas decorrência do sistema construtivo.

Principalmente em edificações religiosas, tendo suas dimensões aumentadas permitindo a iluminação natural no interior. Outros fatores de influência foram as condições climáticas, que exigiam ambientes bem iluminados (Beckett & Godfrey 1978).



Reconstituição de casas populares Roma Antiga
Fonte: História da Arte

RENASCIMENTO

As teorias de reorganização dos espaços internos determinavam diretrizes para as edificações, com o propósito de contemplar o espaço externo por meio das janelas e incorporar a função estética na edificação (Jorge 1995).



Palazzo Strozzi
Fonte: Fabio Angeli

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

As inovações tecnológicas resultaram em estruturas que favoreciam o uso de janelas maiores, (Beckett & Godfrey 1978).



Palácio de Cristal
Fonte: ArchDaily

PÓS - MODERNISMO

e elemento janela na arquitetura recebe maior destaque por meio de conceitos minimalistas das aberturas, que caracterizam uma determinada intenção arquitetônica tornando-se, muitas vezes, mais plástica do que funcional na definição do espaço tridimensional.



Piazzia d'Italia
Fonte: arquitetura Teoria

CIVILIZAÇÃO EGÍPCIA

Os espaços com pouca iluminação faziam parte da cultura religiosa e as poucas aberturas eram consequências do sistema construtivo existente na época. As frestas posicionadas sobre as vigas são os primeiros indícios de janelas (Beckett & Godfrey 1978, Jorge 1995).



Templo egípcio.
Fonte: Arquitetura Mundial

IMPÉRIO ROMANO

As construções possuíam apenas uma única abertura que tinha a característica de ser bi ou tripartida, sendo que a porta continha a janela. A iluminação e ventilação dos ambientes eram também por meio do peristilo e tinham a função de acesso (Jorge 1995).



Templo egípcio.
Fonte: História da Arte

IDADE MÉDIA

As edificações residenciais tinham suas janelas voltadas para o espaço público, e para manter a privacidade dos ambientes, incorporaram peitoris mais altos.



Monteriggioni
Fonte: El País

BARROCO

A percepção e domínio do espaço foram aspectos importantes e as janelas tornaram-se elementos fundamentais na linguagem do projeto.



Catedral Santiago de Compostela
Fonte: Daniela Martins

MODERNISMO

Com o surgimento do concreto armado, as alternativas construtivas possibilitaram desenvolver edificações com aberturas mais expressivas. As ideias modernistas de Le Corbusier levantaram questionamentos sobre a inércia dos sistemas construtivos existentes, propondo princípios de concepção do espaço através de tecnologias. Dentre esses princípios, a utilização de janelas em toda a largura da fachada, proporcionando a eliminação da marcação da estrutura da edificação



Villa Savoye
Fonte: Galeria da Arquitetura

O final do século XX é caracterizado como uma época marcada pela diversidade na produção arquitetônica, sendo que a janela se torna elemento de uma arquitetura de significado e o edifício é tratado como obra de arte ou como de alta tecnologia (high-tech) (Nico Rodrigues 2008).



Centro Georges Pompidou
Fonte: Arquiteto Versátil

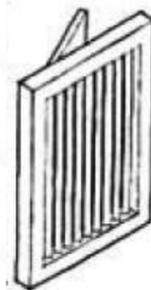
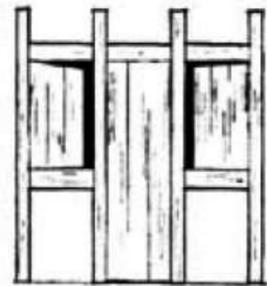
AS JANELAS NO BRASIL

A evolução dos tipos de janelas no Brasil está associada à história da arquitetura, sendo até princípio do século XIX, eram de madeira, pedra ou ambos (Miotto 2002).



No início do processo de colonização, as janelas eram de madeira e possuíam apenas uma folha, denominada de escudo, que se abria para o interior do ambiente.

Com as adaptações para o clima tropical, as alterações nas janelas aconteceram por meio do aumento na dimensão das aberturas, a fim de possibilitar maior ventilação e iluminação.



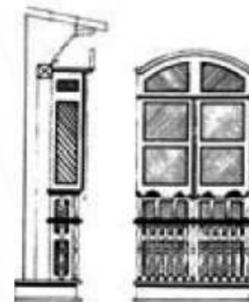
Uma das versões da arquitetura bandeirista, eram as janelas com composição de vergas, peitoris, ombreiras de madeira, e fechamento era através de balaústre de seção quadrada, possibilitando a ventilação permanente e bloqueando a iluminação.

No período do Barroco, as janelas traziam o vidro e possuíam também a glosia com rótula, como elemento para o controle da ventilação e privacidade.



Nas edificações rurais, as janelas tinham urupemas (elementos colocados na parte externa das janelas, deixando livre o escudo que se abria para o interior do ambiente) (Miotto 2002).

Outro elemento importante neste período foi à glosia com o muxarabi que servia como elemento regulador da ventilação e resguardo dos ambientes internos (Miotto 2002).



No século XIX, foram exploradas várias técnicas construtivas e o uso de diversos materiais.



Nesse período, o uso do vidro permitiu maior controle da iluminação nos ambientes substituindo os tradicionais escudos, a madeira recortada e os balaústres (Miotto 2002).

No auge do ciclo do café, surgiu a janela com veneziana de abrir para o exterior, combinada com folha e panos de vidro e sistema de abertura do tipo guilhotina.



No início do século XX, a evolução tecnológica proporcionou o uso do ferro e concreto armado na construção civil, trazendo a possibilidade de executar grandes vãos e grandes aberturas. Neste período, surge então os tipos de janelas com o sistema de abertura do tipo basculante, maxim-ar e de correr (Miotto 2002). A partir da década de 1950, aparecem os perfis tubulares e os perfis abertos e na década de 1960, a padronização e industrialização das esquadrias já com a utilização de materiais mais leves com o Alumínio.

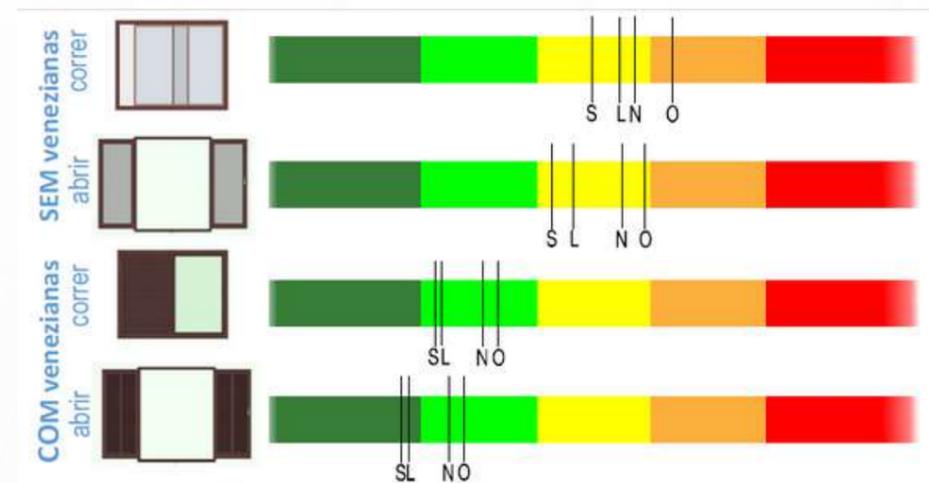


Hoje existe uma gama enorme de esquadrias variando as tipologias, tamanhos e materiais. Todos estes aspectos influenciam na habitabilidade, conforto e eficiência da edificação. O SINDUSCON SP realizou uma pesquisa a fim de gerar um guia de esquadrias com foco em eficiência energética. Neste Guia são apresentadas 24 tipologias de esquadrias e suas características relacionando área para ventilação natural, iluminação natural indicação de ambientes para serem instaladas e até a versatilidade. Ainda indicam que o caminho para buscar a solução ideal de esquadria é a análise específica de cada projeto de acordo com o local de implantação e padrão de uso das edificações.

A seguir o passo a passo apresentado no Guia, ilustra a análise de escolha da esquadria adequada para um projeto.

1. Necessidade de ventilação e iluminação natural, sistema construtivo e padrão estético.
2. Ganho de calor ao longo do dia e do ano.
3. Esse ganho de calor pode ser benéfico no inverno, mas prejudicial no verão, a análise deve considerar o clima e orientação solar da abertura.
4. Controle de ganhos de calor deve-se prever elementos de proteção solar.
5. Na escolha de proteção solar deve-se considerar o acesso visual com o exterior e a luz Natural.
6. Elementos de sombreamento poderão ser dispositivo móveis ou fixos ou ainda por meio de vidros de controle solar.

A figura a seguir de Brasileiro, Morgado e Torres (2014) mostra uma comparação de classificação pelos diferentes usos de esquadrias, em cada orientação (N/S/L/O). Nota-se que os modelos sem veneziana apresentam classificações menores, isto ocorre por conta da proteção contra o ganho de calor por irradiação através dos vidros.



HISTÓRICO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL



No final do séc XIX, com a crise da café e abolição da escravatura, segundo Nabil Bonduki (2011), parte do contingente de trabalhadores rurais e escravos libertos migraram para as cidades, e juntos formaram uma grande oferta de mão de obra para o setor industrial emergente nas regiões urbanas. Grande parte não foi inserida nas indústrias, passando a ocupar postos de serviços considerados menos nobres, formando o chamado sub-proletariado e concentrando-se em bairros mais periféricos. Ao longo das ferrovias, surgiram aglomerados onde a classe trabalhadora e famílias de menor renda se abrigavam. A necessidade de alojar essa grande massa de trabalhadores fez surgir um novo “nicho” para os proprietários de aluguel. Assim, há indícios do aparecimento de habitações coletivas precárias de aluguel que tinham como características construções rápidas, que não pesavam pela qualidade e higiene.

Ainda nesse período, surgem as leis higienistas, a fim de garantir qualidade às habitações operárias. Junto a estas leis alguns municípios concediam isenção de impostos aos investidores que construíssem habitações com condições básicas, isso gerou o início do que ficou conhecido como favela, a partir da segregação espacial da população que não tinha condições de sustentar esse tipo de habitação.

Na década de 1930 se iniciam as primeiras iniciativas públicas de produção da moradia, com a criação dos Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAPs), órgãos vinculados às diversas categorias profissionais. Cada uma delas contava com seus distintos institutos, que atendiam somente trabalhadores formalmente registrados. Os IAPs não incluíram as classes populares, nas quais já predominavam empregos informais e de baixa remuneração. Nesse mesmo período foi instaurada uma lei que congelava os preços dos aluguéis então vigentes, a fim de garantir a moradia a esta população. No entanto, esta iniciativa aprofundou ainda mais o problema da habitação, tendo em vista que, os proprietários rentistas acabaram por vender os imóveis, já que era a ação mais lucrativa. Sem moradia, a população de baixa renda tendeu a ir para as favelas. (BONDUKI, 2011; CYMBALISTA e MOREIRA, 2006)

Em 1946, é criada a Fundação Casa Popular (FCP), primeiro órgão federal a centralizar investimentos voltados à produção habitacional, no entanto, as classes de menor renda não foi contemplada com habitações.

Em 1964 foi fundado o Banco Nacional de Habitação - BNH, com a tentativa de alcançar um “equilíbrio” econômico, por meio do financiamento da habitação centralizado em um Sistema Financeiro de Habitação (SFH). Nesta época, foram fundadas as companhias habitacionais (Cohab) para promoção pública de construção de moradias para os setores de baixa renda, a fim de coordenar e supervisionar o trabalho das diferentes agências públicas e privadas que participam da edificação das casas populares, reduzindo o preço das unidades produzidas. Neste período, priorizou-se a quantidade de unidades produzidas, ao menor custo possível, com pouca ou nenhuma preocupação com a qualidade arquitetônica e urbanística dos conjuntos construídos. (LIMA E ZANIRATO, 2015)

Cymbalista e Moreira (2006) evidenciam que, considerando o período de atuação do BNH, apenas 33,6% das habitações foram destinadas aos setores populares, sendo que menos de 6% atenderam às populações com renda inferior a três salários mínimos. O período final de atuação do BNH, extinto em 1986, demonstra continuidade do padrão periférico de oferta habitacional.

O tratamento da questão habitacional tornou-se instável e sofreu com a fragmentação da atuação de políticas públicas, visto que cada governo atuante entre 1986 e 1999 elaborou seu próprio conjunto de políticas e programas habitacionais. Em 1999, foi fundado o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), que produziu conjuntos habitacionais em áreas centrais, incluindo algumas reformas de edifícios ociosos no centro de São Paulo, por meio do PAR-Reforma (TSUKUMO, 2007). Contudo, Azevedo e Andrade (2007) argumentam que o PAR acabou por manter a exclusão das classes populares, tendo em vista que era voltado ao atendimento da população com renda familiar na faixa entre quatro e seis salários mínimos.

Em 2001, foi aprovado o Estatuto da Cidade, a fim de dispor de instrumentos urbanísticos e econômicos que fossem capazes de incentivar o cumprimento da função social da propriedade, estabelecida na Constituição Federal de 1988. Em 2003 é fundada a Secretaria Nacional de Habitação e, em 2004 é aprovada a Política Nacional de Habitação (PNH). Como um desdobramento da PNH, formulou-se também o Plano Nacional de Habitação (PlanHab) que propunha grande diversidade de soluções habitacionais em acordo com os diversos municípios (KRAUSE et al, 2013).

Em 2005, completando o novo aparato político-institucional, foi instituído o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) e o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), que tinha como pressuposto a participação dos três níveis de governo, cabendo a cada município elaborar a própria Política Municipal de Habitação. No entanto, em 2009, a crise imobiliária dos Estados Unidos passou a afetar negativamente o quadro econômico brasileiro. Então a fim de incentivar o setor da construção civil, o Ministério da Fazenda, em conjunto com o Ministério da Casa Civil, anuncia o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), como uma estratégia de estímulo às atividades econômicas por meio da promoção privada de unidades habitacionais, onde a responsabilidade do poder público é o mero repasse de recursos. A construtora define o terreno a ser incorporado, logo, é evidente que a mesma buscará os terrenos mais baratos possíveis, procurando potencializar ao máximo os ganhos por unidade habitacional produzida, sem grandes preocupações com a qualidade das habitações construídas. (LIMA E ZANIRATO, 2015)

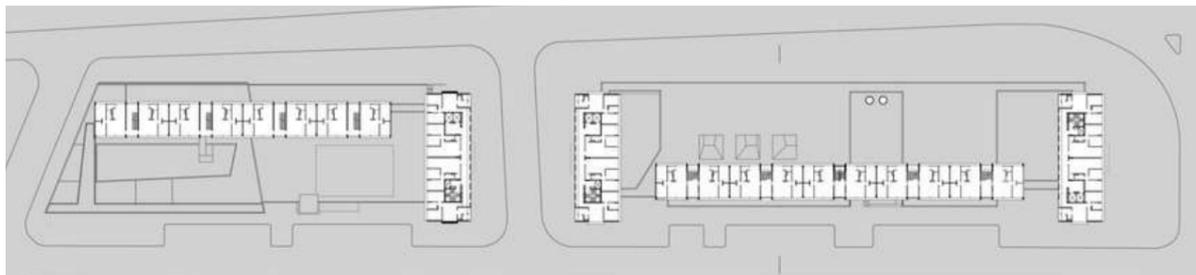
JARDIM EDITE - Estudo de Caso



O conjunto Habitacional do Jardim Edite ocupa o lugar da favela de mesmo nome que se situava nesse que é um dos pontos mais significativos para o recente crescimento do setor financeiro e de serviços de São Paulo.

O conjunto faz parte das ações da SEHAB/PMSP Secretaria Municipal da Habitação/ Prefeitura Municipal de São Paulo. Projeto realizado por MMBB Arquitetos e Hereñú + Ferroni Arquitetos em 2010.

O projeto possui uma área total construída de 25.500 m², com 252 Unidades Habitacionais de 50 m². O Restaurante Escola tem 850 m², a Unidade Básica de Saúde, 1300 m², e a Creche, 1400 m².



As Fachadas aliam design e funcionalidade, marcadas com um grafismo ressaltando faixas e sombras com saliência de 50 centímetros abaixo da janela em fita que cria uma condição de proteção do caixilho contra a chuva.

As saliências também funcionam como elemento de proteção solar das janelas, reduzindo o ganho de calor através da radiação, garantindo vista privilegiada para o exterior e ventilação cruzada.



Áreas de uso comum, como as circulações, foram planejadas para serem também de convívio. Assim, o corredor das torres é quase um avarandado, com aberturas ao exterior.

Além de espaço de circulação, o corredor avarandado cria uma condição de proteção solar, evitando ganho de calor nos apartamentos pela fachada voltada ao corredor.

O projeto articulou a verticalização do programa de moradia a um embasamento constituído por três equipamentos públicos – Restaurante Escola, Unidade Básica de Saúde e Creche. O pavimento de cobertura desses equipamentos, conta com um térreo elevado do condomínio residencial, interligando todos os edifícios habitacionais em cada quadra, conferindo à convivência dos moradores em um espaço mais privado.

O uso público ocorre no térreo, onde os edifícios naturalmente se abrem para a cidade.



A intenção era tornar a arquitetura parte do panorama urbano e não uma exceção. Assim, nasce o conjunto com uma morfologia e volumetria semelhantes aos prédios vizinhos. São volumes verticais (três torres de 17 pavimentos) e horizontais (duas lâminas com dois blocos de quatro andares).

ARCHDAILY - Conjunto Habitacional do Jardim Edite / MMBB Arquitetos + H+F Arquitetos
VITRUVIUS - Conjunto Habitacional do Jardim Edite



RESIDENCIAL CORRUIRAS - Estudo de Caso



O Residencial Corruiras está assentado em parte da área ocupada pela comunidade irregular Minas Gerais, área desocupada em função das obras da Linha Ouro do Monotrilho próximo a estação Jabaquara do metro em São Paulo. O projeto de 2013 ainda prevê expansão para somar-se à área ainda irregular ocupada pela comunidade.

A edificação faz parte das ações da SEHAB/PMSP Secretaria Municipal da Habitação/ Prefeitura Municipal de São Paulo. Projeto realizado por Boldarini Arquitetura e Urbanismo em 2013.

O projeto possui uma área total construída de 21.404 m², com 244 Unidades Habitacionais de 50 m², e espaços complementares a moradia como salões e pátio que compõem uma rede de possibilidades de usos e atividades como o lazer, a recreação, a leitura e o estudo. Se desenvolveu tirando partido do terreno de declividade acentuada dispondo dois blocos de forma escalonada, com acessos pelas vias superior e inferior.



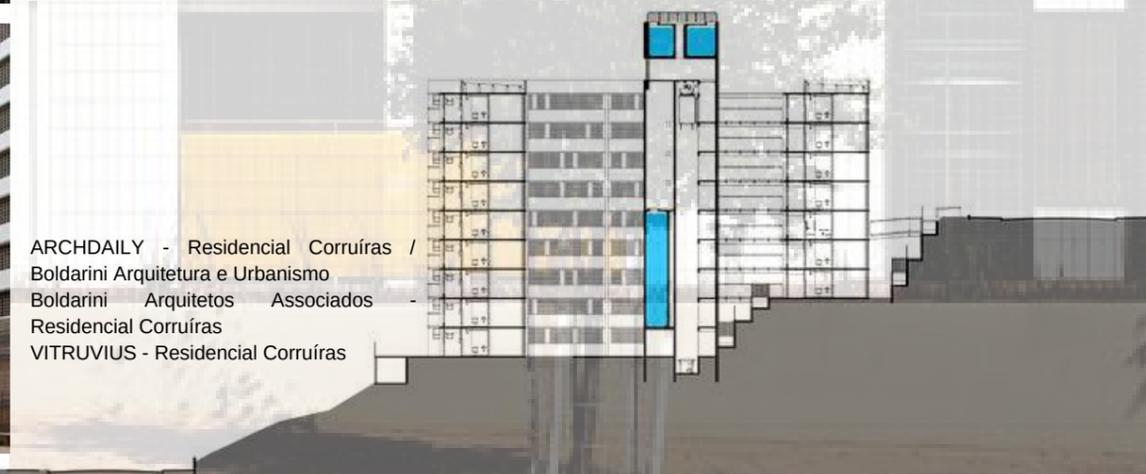
Os elementos vazados de concreto, estruturam os corredores de circulação horizontal quebrando a monotonia visual e explorando a vista ao exterior a partir de todas as fachadas, propiciada também pela adoção de janelas e pequenas varandas nas habitações.



Segundo o arquiteto responsável, o preço da fachada apresentou-se como grande dificuldade técnica, exigindo grande controle das custosas áreas de vidro que foram utilizadas. A solução utilizada foi a criação de venezianas que correm na parte de fora do ambiente, reduzindo o ganho de calor pela radiação. O mesmo ocorre nas varandas, que criam uma área protegida dos raios do sol, evitando o ganho de calor no ambiente interno.

A implantação foi feita de modo que o tamanho do pátio interior, com 24m de recuo, permitisse a insolação da fachada principal de todos os módulos. Segundo o Arquiteto responsável, às 9h da manhã toda fachada do pátio interno é iluminada.

A estrutura foi feita em alvenaria estrutural, com as passarelas que articulam as lâminas da edificação em aço. A torre do reservatório de água, possui espaço para comportar um possível futuro elevador, junto ao eixo vertical das escadas externas. Os elementos de conexão dos diferentes níveis do edifício são infraestruturais, porém as rampas possuem função de contenção da parte mais alta do terreno e as escadas carregam em sua parte inferior águas pluviais drenadas do lote.



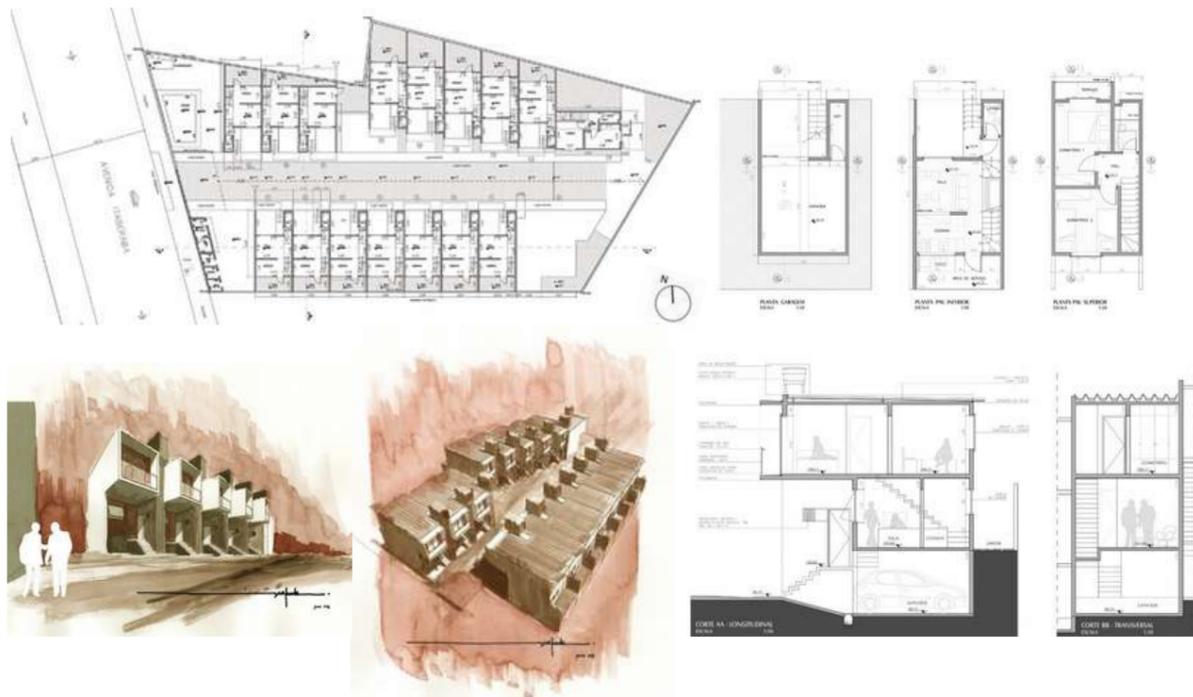
ARCHDAILY - Residencial Corruiras /
Boldarini Arquitetura e Urbanismo
Boldarini Arquitetos Associados -
Residencial Corruiras
VITRUVIUS - Residencial Corruiras

BOX HOUSE - Estudo de Caso



O conjunto Habitacional Box House se destaca por ser uma iniciativa privada de projeto de habitação social que alia baixo custo de produção à preocupação estética e conforto. O projeto de Yuri Vital, executado em 2008 é destinado à população com renda entre 3 e 6 salários mínimos, este condomínio de casas localizado no bairro de Brasilândia na região norte de São Paulo, mostra que a habitação popular pode ser viabilizada com um bom projeto arquitetônico.

O projeto de habitação Unifamiliar possui uma área total construída de 1.011 m², com 17 Unidades Habitacionais de 50 m².



Devido à necessidade de uma vaga de garagem para cada unidade, e não um estacionamento coletivo, a área para construção do projeto foi limitada. Assim, foi projetado um meio nível abaixo do perfil natural e um meio nível acima, solucionando o problema. A solução encontrada foi locar a garagem e o depósito no nível mais baixo, que seria sobreposto pela sala, lavabo, cozinha, e área de serviço, e por fim seriam cobertas pelos dois quartos, um deles com varanda, e um banheiro que se projetam em balanço.

A solução estrutural concebida pelo arquiteto é mista, com alvenaria convencional e estrutural. Conta com um grande balaço que é contraventado e engastado à estrutura principal da casa.



Concebido em um terreno alto com um grande declive, o projeto previu uma rua interna cuja finalidade foi ligar as unidades habitacionais do condomínio, além de gerar um eixo que usufruísse da visibilidade do entorno.

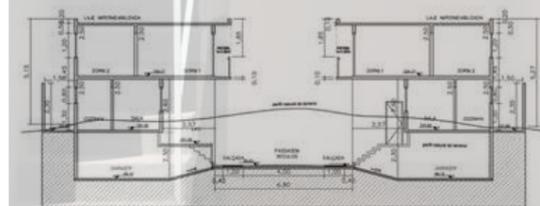
Com o objetivo de quebrar os paradigmas ingênuos de nossa sociedade preconceituosa, o arquiteto teve a intenção de demonstrar que uma habitação de baixo custo no Brasil pode ter qualidade funcional e estética sem custos elevados.

As casas apresentam ainda planejamento para a eficiência energética e o conforto ambiental, com orientação solar favorável e esquadrias amplas para aproveitar a luz natural, ao mesmo tempo que a varanda funciona como elemento de proteção solar, reduzindo o ganho de calor na edificação e colaborando com a economia de energia.

A fim de garantir a fidelidade do projeto na construção, foi concebido um vasto material de detalhamento, desde pingadeiras em todas as bordas das lajes, até peitoris e os corrimãos que foram estudados e simulados em diversos programas para ter a maior garantia de qualidade.



SOLUCOES PARA CIDADES -
Conjunto Habitacional - Box House
VITRUVIUS - Box House
YURI VITAL - Box House

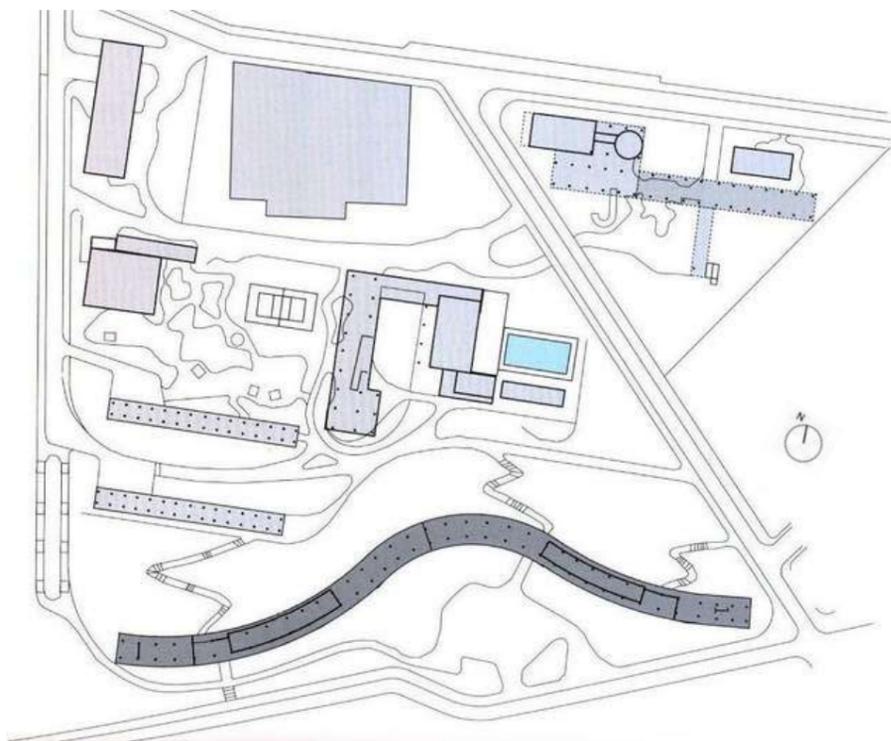


CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO - Estudo de Caso



O Conjunto Residencial Pedregulho está implantado no bairro Benfica no Rio de Janeiro, próximo ao centro da cidade. O projeto de Affonso Eduardo Reidy foi executado entre 1946 e 1952 e até hoje serve como modelo e referência na temática da habitação popular. O projeto do Conjunto Pedregulho constituiu em uma das primeiras tentativas de construir conjuntos habitacionais no país deixando clara a opção de prover uma maior dignidade à classe trabalhadora.

O terreno destinado possui uma área total de 52.142,00 m² e a taxa de ocupação final do projeto ficou em 17,3%, com 328 unidades. A topografia é bastante acidentada apresentando um desnível de até 50 metros. O edifício ondulado foi implantado na cota mediana, seguindo o desenho natural da curva de nível. As demais edificações como escola, posto de saúde e bloco B de residências foram distribuídas visando a conformação dos espaços a partir das relações um espaço central é formado onde foi instalada a praça do conjunto, que é a principal área de lazer.



A implantação do Bloco Principal é em certa forma desfavorável devido à excessiva insolação vespertina num local de clima quente, embora esta característica negativa seja compensada de certa forma, pelas vistas panorâmicas da baía de Guanabara.

Observa-se um cuidado com as tecnologias aplicadas desde a estética à preocupações funcionais como circulação, luz natural e ventilação.



Com o recente restauro, as antigas janelas de madeira foram trocadas por esquadrias de alumínio pintadas de azul. Foram incorporados ao projeto espaços para instalação de ar condicionado, já que parte dos moradores haviam instalado este equipamento.

Assim, entende-se que ainda que exista uma preocupação e a aplicação de estratégias visando o conforto nas habitações, isto não garante um bom desempenho nos ambientes.

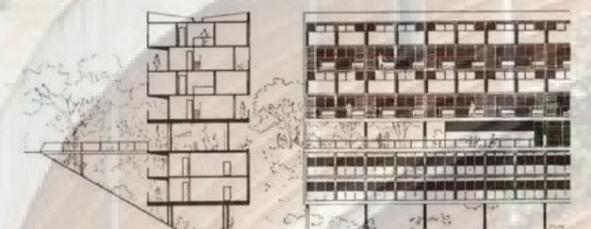
O conjunto traz em sua concepção a naturalidade e consistência da Arquitetura Moderna Brasileira, revelando de forma acabada a relação entre habitação social, modernização, educação popular e transformação da sociedade.

Os pilotis de alturas variáveis constituem uma solução original empregada em função dos desníveis do solo e dribla o declive natural da área pelo uso de passarelas, e uma avenida posterior no topo do terreno, dispensando elevadores.

O recente restauro foi um desafio em razão da dificuldade em repor peças deterioradas e integrar o projeto original as necessidades cotidianas dos moradores, assim houve necessidade de algumas adaptações do projeto original, mas sem descaracterizá-lo.



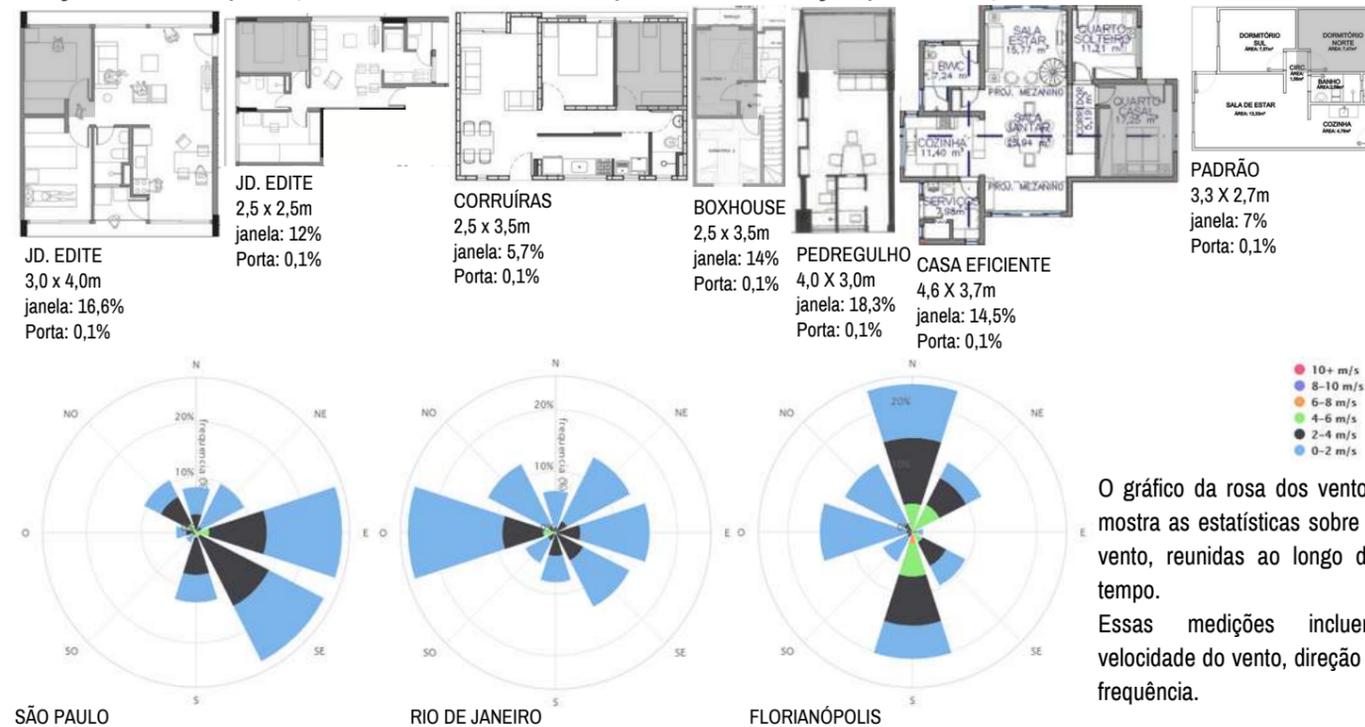
ARCHDAILY - Clássicos da Arquitetura: Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes (Pedregulho) / Affonso Eduardo Reidy AU - Após revitalização, conjunto habitacional Pedregulho, de 1947, é entregue no Rio de Janeiro VITRUVIUS - O conjunto Pedregulho e algumas relações compositivas



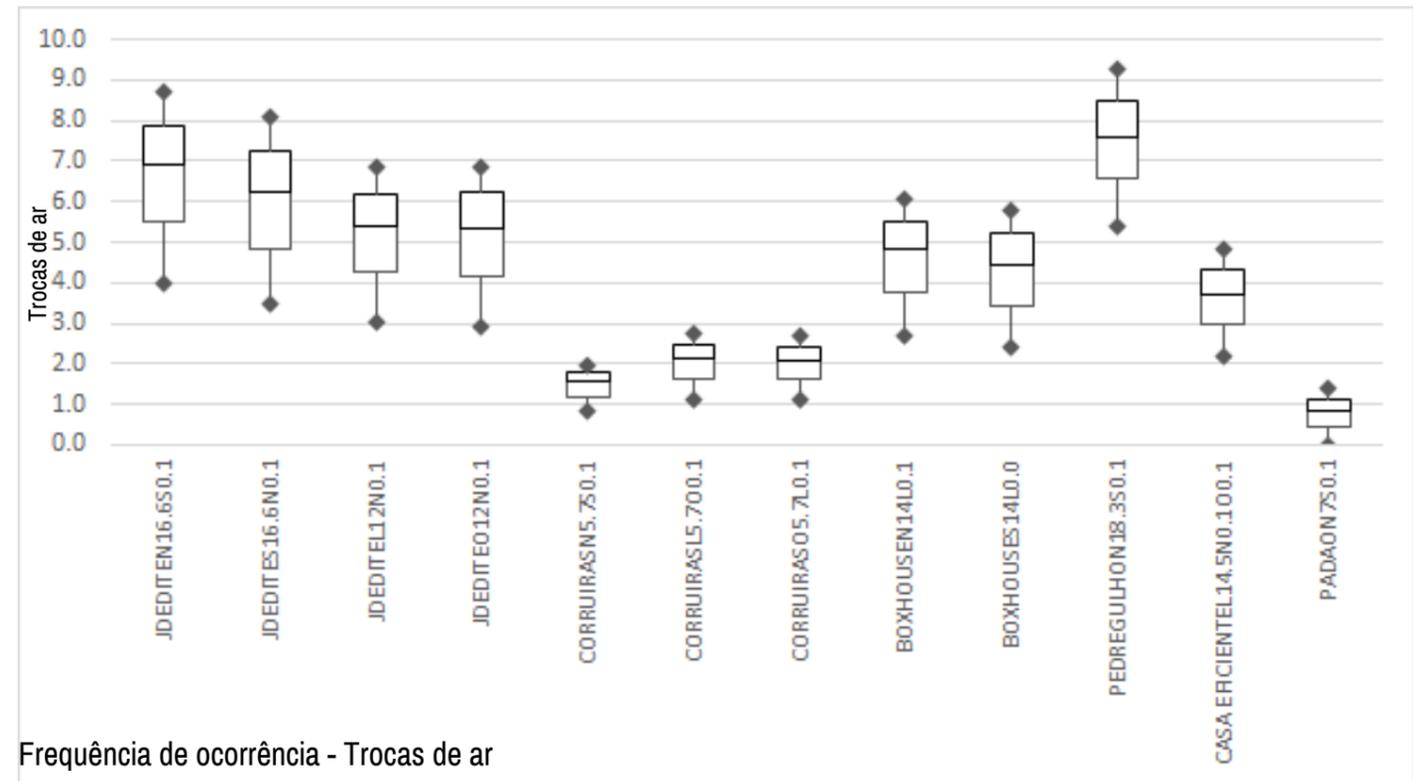
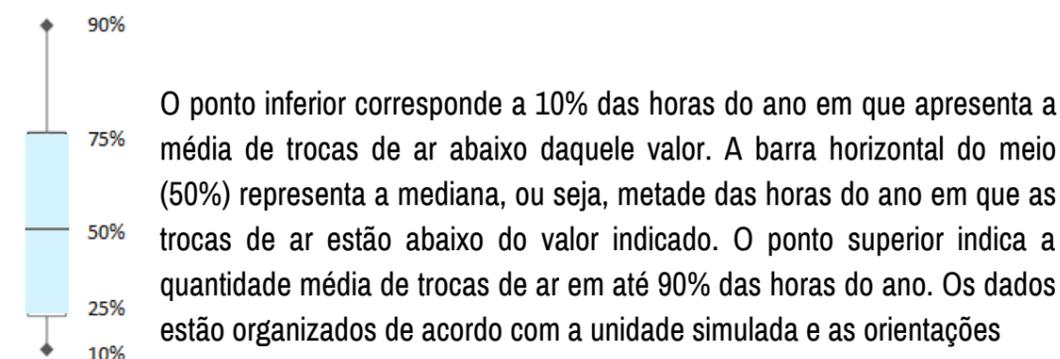
ESTUDOS DE CASO E VENTILAÇÃO NATURAL

A fim de entender o funcionamento da ventilação natural em cada um dos casos analisados, foram realizados estudos dos ambientes indicados nas figuras através de simulações feitas com o programa EnergyPlus, versão 8.9.0 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2018). Para uma comparação com maior precisão e para se entender a qualidade das edificações que são construídas em série em todo o território Brasileiro, além dos edifícios analisados, foram realizadas simulações de uma edificação Padrão do PMCMV (PASSOS,2017) e da casa eficiente construída em Florianópolis como resultado da parceria entre ELETROSUL, ELETROBRÁS/PROCEL Edifica e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), que foi projetada para se tornar uma vitrine de tecnologias de ponta de eficiência energética e conforto ambiental para edificações residenciais, reunindo diversas estratégias de adequação climática, com o aproveitamento da ventilação e da luz natural.

A ventilação Natural é analisada para os quartos indicados na figura de acordo com os dados velocidade e direção dos ventos como nos gráficos a seguir. As orientações das habitações são definidas de acordo com a implantação, logo uma unidade habitacional pode corresponder as 4 orientações cardeais. A descrição das plantas indica a qual conjunto a unidade pertence, dimensões do quarto simulado, porcentagem do tamanho de janelas e portas em relação a área do piso. (Os valores de 0,1% correspondem a ventilação por frestas).



A partir dos dados de projeto, como dimensões de ambientes e porcentagem de aberturas em relação à área de piso de acordo com os arquivos climáticos com velocidades e direções dos ventos registrados nas cidades de implantação das habitações. Um gráfico foi gerado a fim de indicar a porcentagem de trocas de ar nos ambientes. Estão especificadas de acordo com o exemplo: JDEDITEN16.6S0.1 indicando que o quarto pertence ao conjunto residencial Jd. Edite, com abertura Norte correspondente a 16.6% da área do piso (AP) e abertura Sul de 0.1% AP



"A ventilação natural em um ambiente melhora a sensação de conforto e evita o uso do ar-condicionado, quando o ar externo está mais fresco que o ar interno. Porém, quando a temperatura do ar externo está alta, a sensação de conforto é promovida pela movimentação de ar sobre a pessoa. Essas trocas de ar sobre o corpo humano provocam a sensação de conforto quando submetido a um clima muito quente". (GUIA ORIENTATIVO PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES EFICIENTES) Não existem parâmetros para definir a quantidade de trocas de ar para garantir o conforto do ambiente, por isso não há como definir quais dos ambientes analisados são eficientes quanto a ventilação natural, mas existem dados e estudos sobre duas edificações simuladas que dão embasamento para um melhor entendimento desta relação.

O conjunto pedregulho foi projetado com foco em produzir ambientes confortáveis e econômicos em relação a energia elétrica, quanto estudado apresenta segundo o gráfico acima os maiores índices de ventilação natural mas ainda assim, sabe-se que nos últimos anos, os moradores têm instalado ar condicionados a fim de garantir o conforto nas habitações (BRAGA, 2018).

No caso da Casa Eficiente, Lamberts, Ghisi, Pereira e Batista (2010) concluíram que o conforto térmico no período de verão foi mais favorecido pela integração entre ventilação diurna e noturna, controlada pelo valor da temperatura do ar no interior e no exterior da edificação. Com os dados obtidos através das simulações, observa-se que a casa eficiente apresenta aproximadamente 50% dos índices de ventilação natural do pedregulho. Esses dados confirmam a conclusão de Lamberts, Ghisi, Pereira e Batista (2010), que a ventilação pode ser uma grande aliada para o conforto do ambiente quando bem utilizada, mas também pode prejudicar o conforto quando sem critério.

Estas observações geram uma inquietação sobre o comportamento térmico dos ambientes e como é influenciado pelas ventilação natural. Para entender o comportamento da temperatura do ambiente através das trocas de ar pelas janelas, é necessário entender a relação de troca de calor entre interior e exterior da edificação.

A partir do modelo Padrão de Passos, foram feitas simulações de Ventilação Natural e Temperaturas internas para as três cidades analisadas a fim de verificar a relação das diferentes características climáticas na qualidade e conforto do ambiente interno.

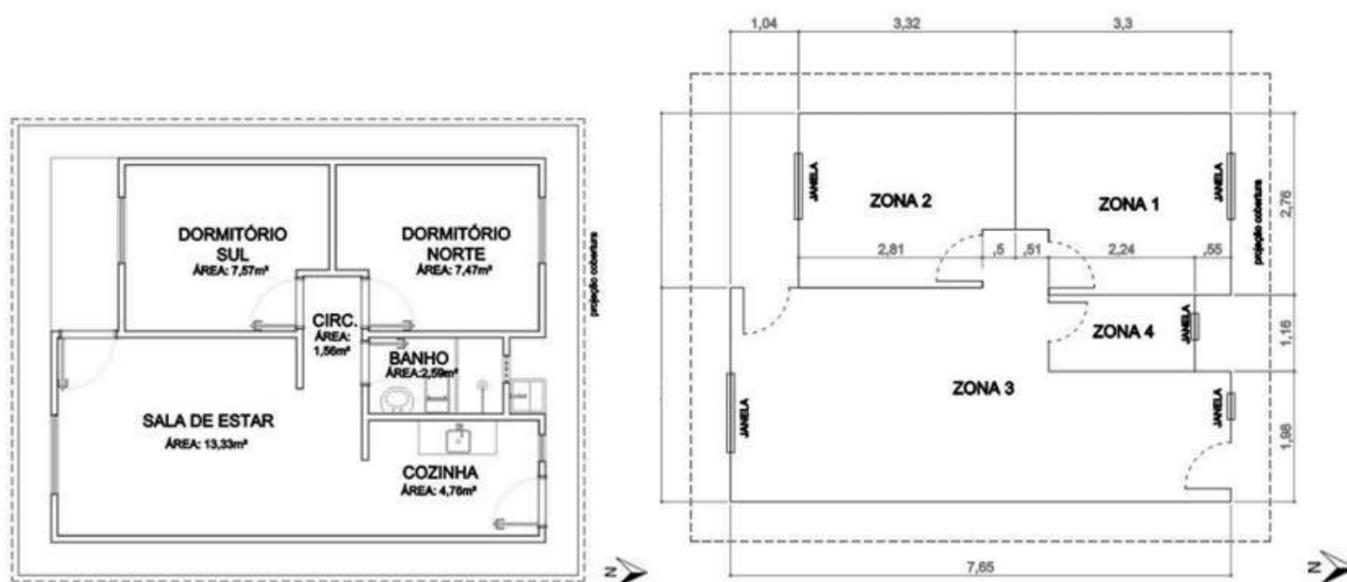
VENTILAÇÃO NATURAL E TEMPERATURA

O modelo de Passos (2017) utilizado neste trabalho consiste em uma edificação residencial unifamiliar térrea proposta de acordo com os padrões mínimos do PMCMV, casas produzidas em larga escala, com reprodução em série por todo o território brasileiro. Habitações mínimas, padrões conhecidos pela falta de qualidade e pela falta de conforto dos moradores, mas que atendem os requisitos mínimos das normas reguladoras. Assim, é proposta a simulação computacional.



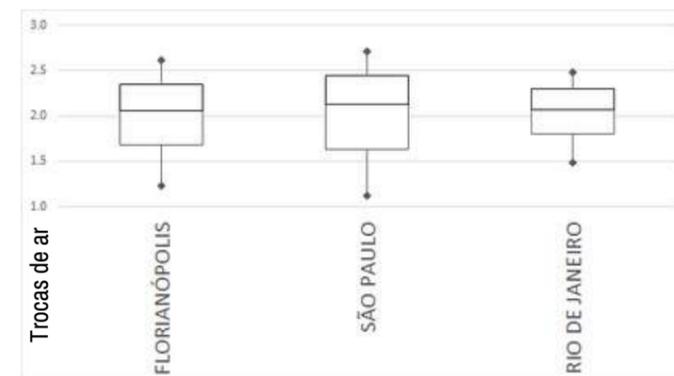
A edificação tem 37,3 m², composta por dois dormitórios (zonas térmicas 1 e 2) com janelas de três folhas voltadas para o exterior da edificação; circulação com portas em madeira que permitem a ventilação cruzada, sala com janela com duas folhas de correr, de vidro e porta em madeira de acesso ao exterior da edificação, cozinha com janela máxim-ar em vidro, assim como porta de acesso ao exterior da edificação (zona térmica 3); e banheiro com janela máxim-ar em vidro e porta de acesso junto à sala (zona térmica 4).

Em ambos os dormitórios estão presentes janelas voltadas para o exterior da edificação. A troca de ar através das janelas ocorre em 50% de sua área, pois é composta por três folhas, sendo uma fixa e opaca, e outras duas móveis, uma delas em vidro e a outra a veneziana com o propósito de sombrear sem impedir a ventilação.

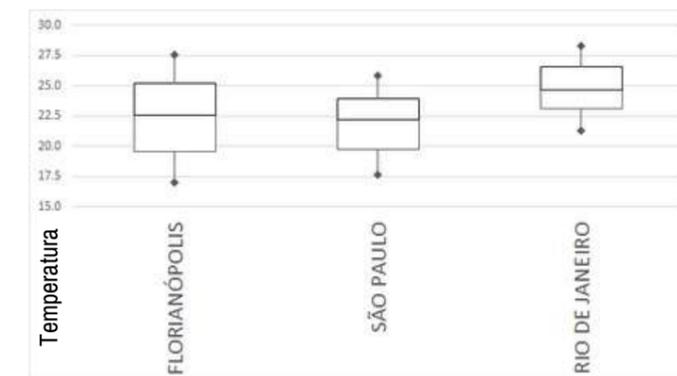


O ambiente simulado é o dormitório norte (zona 1) com janela voltada ao norte. Para esse estudo, adotou-se o software EnergyPlus, versão 8.9.0 (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2018) e arquivos climáticos SWERA.epw, para a execução dos testes em um modelo para definir os comportamento térmico de ambiente naturalmente ventilado para Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro.

Os gráficos a Seguir mostram índices da edificação padrão para Ventilação Natural e temperatura interna nas cidades de Florianópolis, São Paulo e rio de Janeiro.



Frequência de ocorrência - Trocas de ar



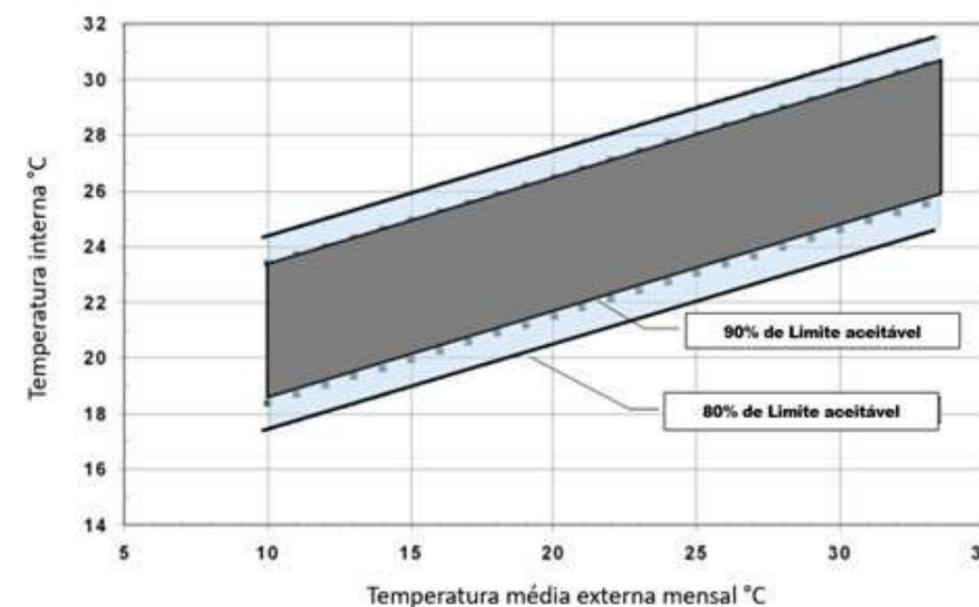
Frequência de ocorrência - Temperatura

A partir dos gráficos, percebe-se uma inconsistência em relação a padronização de tamanho mínimo de abertura para garantir um valor mínimo de ventilação Natural ou de temperatura. Por conta da velocidade e predominância de ventos e características térmicas em cada localização, a variação de comportamento dos ambientes não é proporcional a dimensões específicas de janelas. As três cidades apresentam 2.1 trocas de ar por hora (ACH - Air Change Hourly) em até 50% do ano. Florianópolis tem até 2.6 ACH ao longo do ano e até 50% das horas do ano, a temperatura interna do ambiente é até 22,5°. Em São Paulo, as tocas de ar chegam a 2.7 ACH no ano e a temperatura do ambiente é de 22.1° em 50% da horas no ano. No Rio de Janeiro, a temperatura em 50% do ano chega a 24.6° e as trocas de ar até 2.5 ACH.

Ainda que as cidades apresentem valores de ventilação natural média semelhantes, o comportamento térmico da edificação em cada cidade mostra-se diferente, por isso, Lamberts, Ghisi, Pereira e Batista (2010) afirmam a necessidade de uma ventilação seletiva, com controle de temperatura interna e externa, a fim de aquecer e resfriar o ambiente somente quando a troca de ar puder garantir melhores condições no interior da edificação.

A renovação de ar e variação de temperatura pode ocorrer tanto em relação à dimensão, quanto à rotina de abertura de janelas, pois influenciam diretamente a troca de ar com o ambiente externo. propõem-se então, um estudo da influência das dimensões das janelas e rotinas de abertura. As dimensões de janelas, interferem diretamente no volume de ar trocado com o exterior e a rotina influencia nos horários em que ocorre a ventilação natural.

No software Energy Plus a média é calculada a partir do arquivo climático especificado e é utilizada como indicador de adaptação às condições externas e aceitabilidade de condições interiores.



Faixa de temperatura aceitável para ambientes naturalmente condicionados.
Fonte: ASHRAE 55(2010)
modificado pelo autor.

O AMBIENTE E A JANELA

A fim de avaliar a influencia das dimensões de janelas e descobrir se o mínimo exigido pelas normas vigentes garante o conforto mínimo, é necessário entender qual é a relação entre as diferentes rotinas de abertura, seja a automática, que varia buscando uma temperatura confortável e rotinas que fazem parte do dia a dia dos moradores e os tamanhos de janelas. Para assim, entender o comportamento térmico do ambiente de acordo com a variação da quantidade de trocas de ar que ocorrem em situações semelhantes de implantação, volumetria e envoltória.

Partindo do modelo de Passos (2017) de janela padrão de 14% de abertura em relação à área do piso de 7% de abertura efetiva para ventilação, como indica a NBR 15575 para Florianópolis, outros dois modelos são simulados, um com janela menor correspondendo a 7% da área do piso e 3,5% de área efetiva para ventilação e um com janela maior com 20% da área do piso e 10% de área efetiva para ventilação.

Variáveis analisadas: Temperatura de bulbo seco, Velocidade do Vento Norte e Sul (135° - 225°), Troca de ar através da infiltração pela abertura, Temperatura da zona analisada, Fator de Abertura de Janela da zona.



Localização: Florianópolis
Arquivo climático - SWERA.epw
Latitude: -27.5969,
Longitude: -48.5495 27° 35' 49" Sul, 48° 32' 58" Oeste

Janela Menor (1,0 x 0,5m)
7% da área do piso

Janela Padrão (1,0 x 1,0m)
14% da área do piso

Janela Maior (1,0 x 1,5m)
21% da área do piso

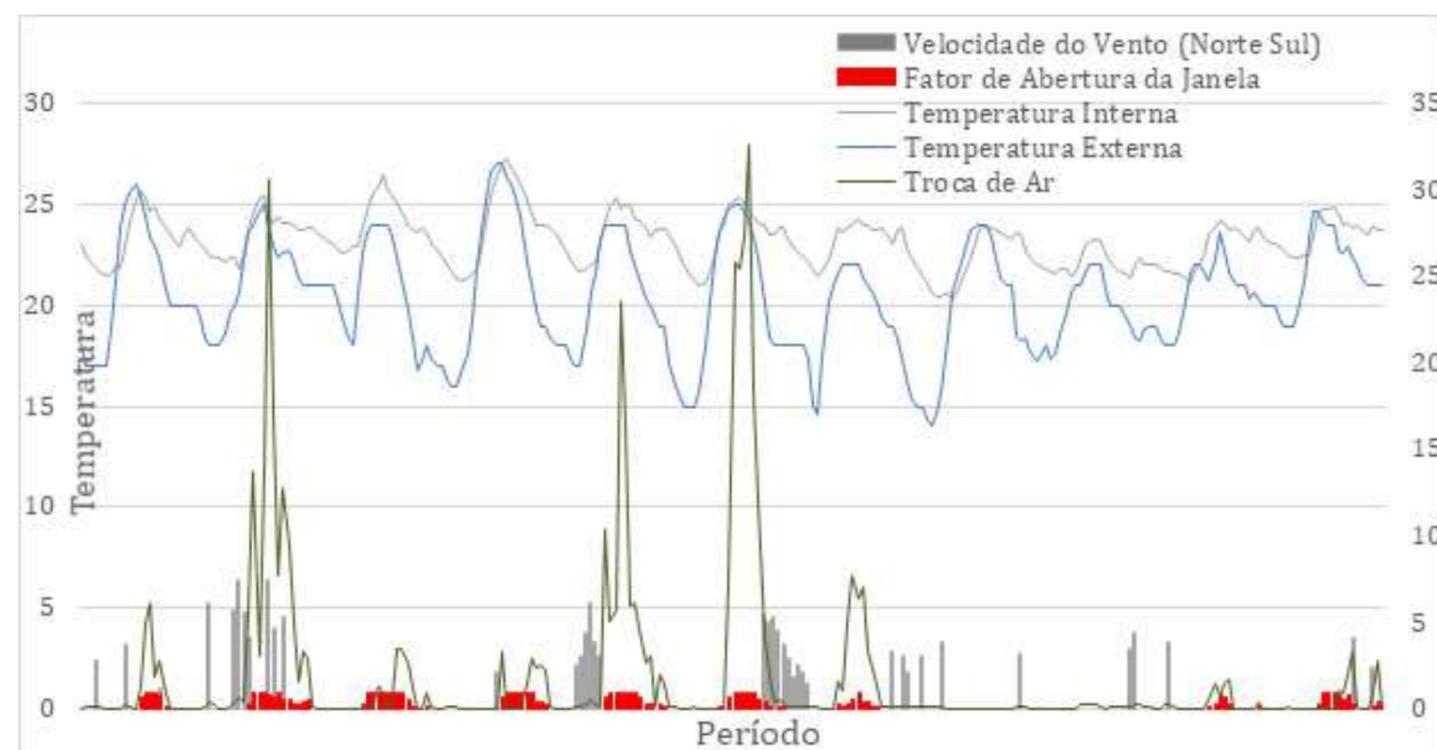
Rotina Diurna
Janelas abertas entre 8h - 21h
Janelas fechadas entre 21h - 8h

Rotina Noturna
Janelas abertas entre 21h - 8h
Janelas fechadas entre 8h - 21h

Rotina Automática
Janelas abrem e fecham de acordo com temperaturas.

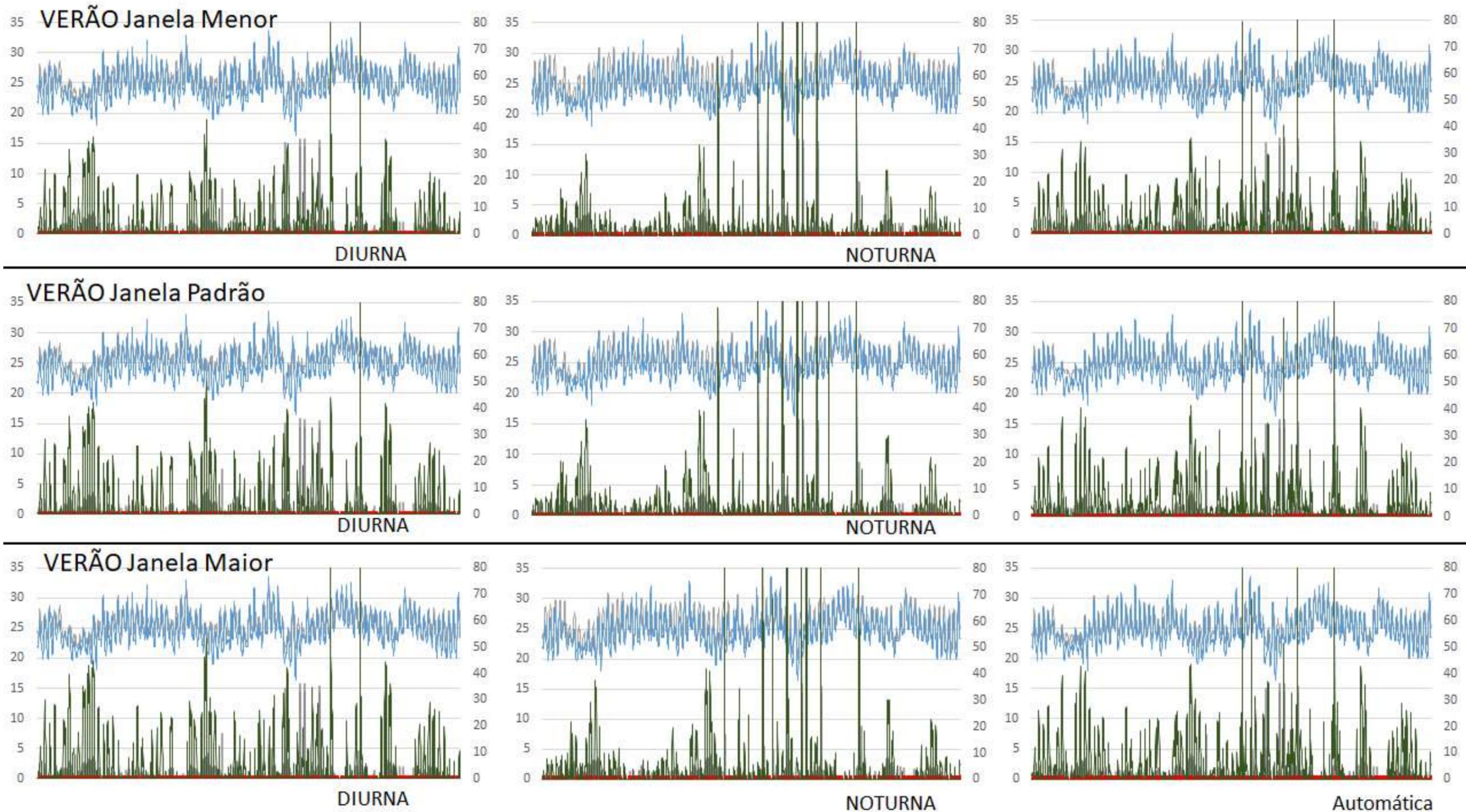
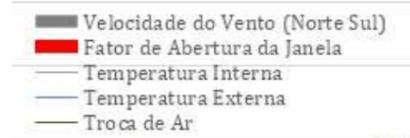
Rotina Fechada*
Janelas sempre fechadas

As variáveis simuladas serão apresentadas como o gráfico a seguir para o verão e o inverno



Os resultados das simulações foram organizados, indicando a temperatura do ambiente, quantidades de troca de ar, fator de abertura da janela e condições externas de temperatura e disponibilidade de vento Norte.

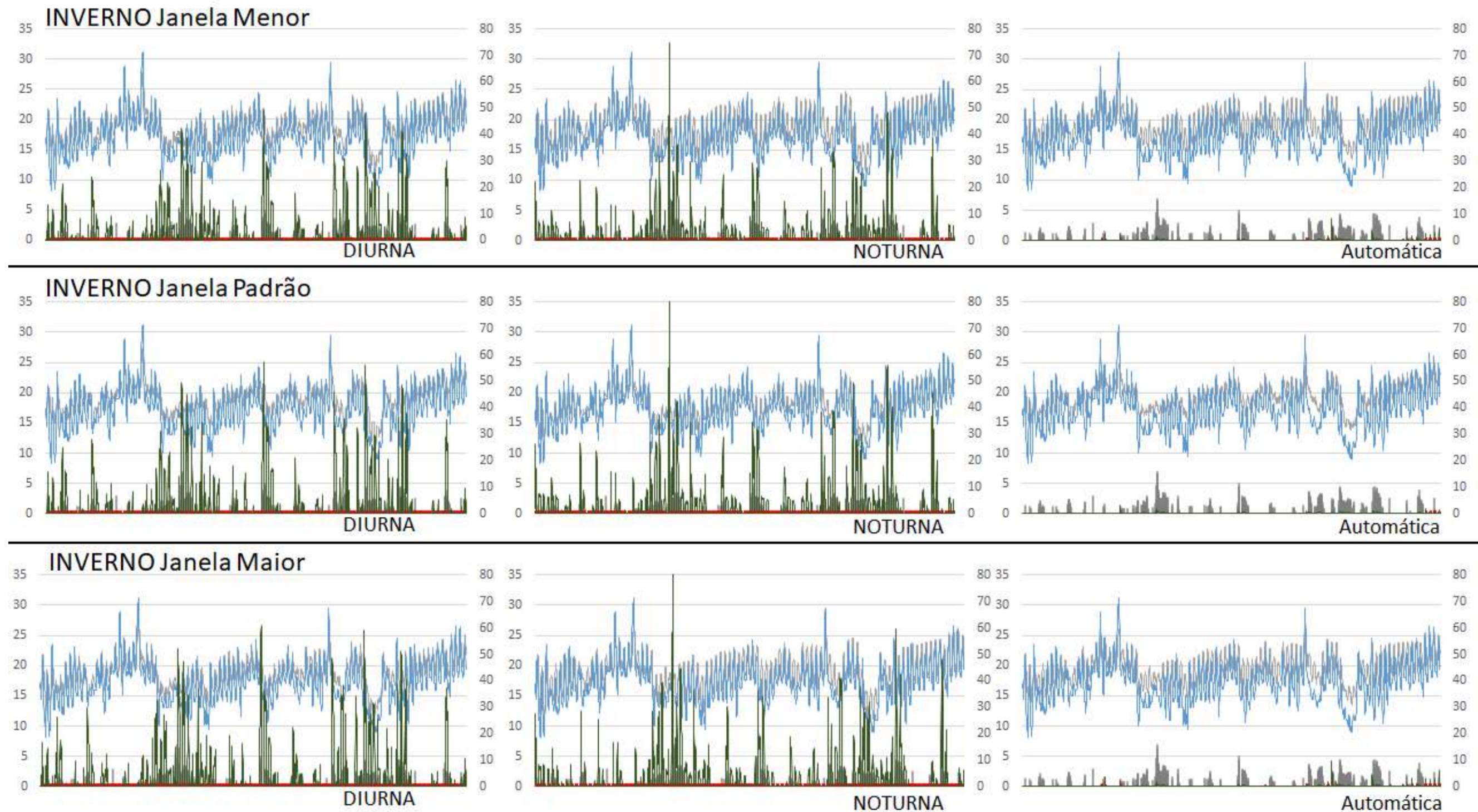
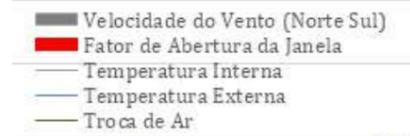
O AMBIENTE E A JANELA



No período do verão, as principais diferenças observadas são em relação à rotina. Devido os ventos serem predominantes no período da noite, mais trocas de ar ocorrem nos ambientes em que as janelas estão abertas neste período, portanto, as temperaturas apresentam maiores variações na rotina noturna, e proporcionais à temperatura externa.

Nesta análise, vale destacar o comportamento do ambiente em relação à rotina automática, que tem como característica a ventilação seletiva, a fim de permitir a renovação de ar somente para regulação da temperatura para faixa de conforto. Ao longo do verão há uma propensão a se permitir a ventilação natural a fim de resfriar o ambiente.

O AMBIENTE E A JANELA



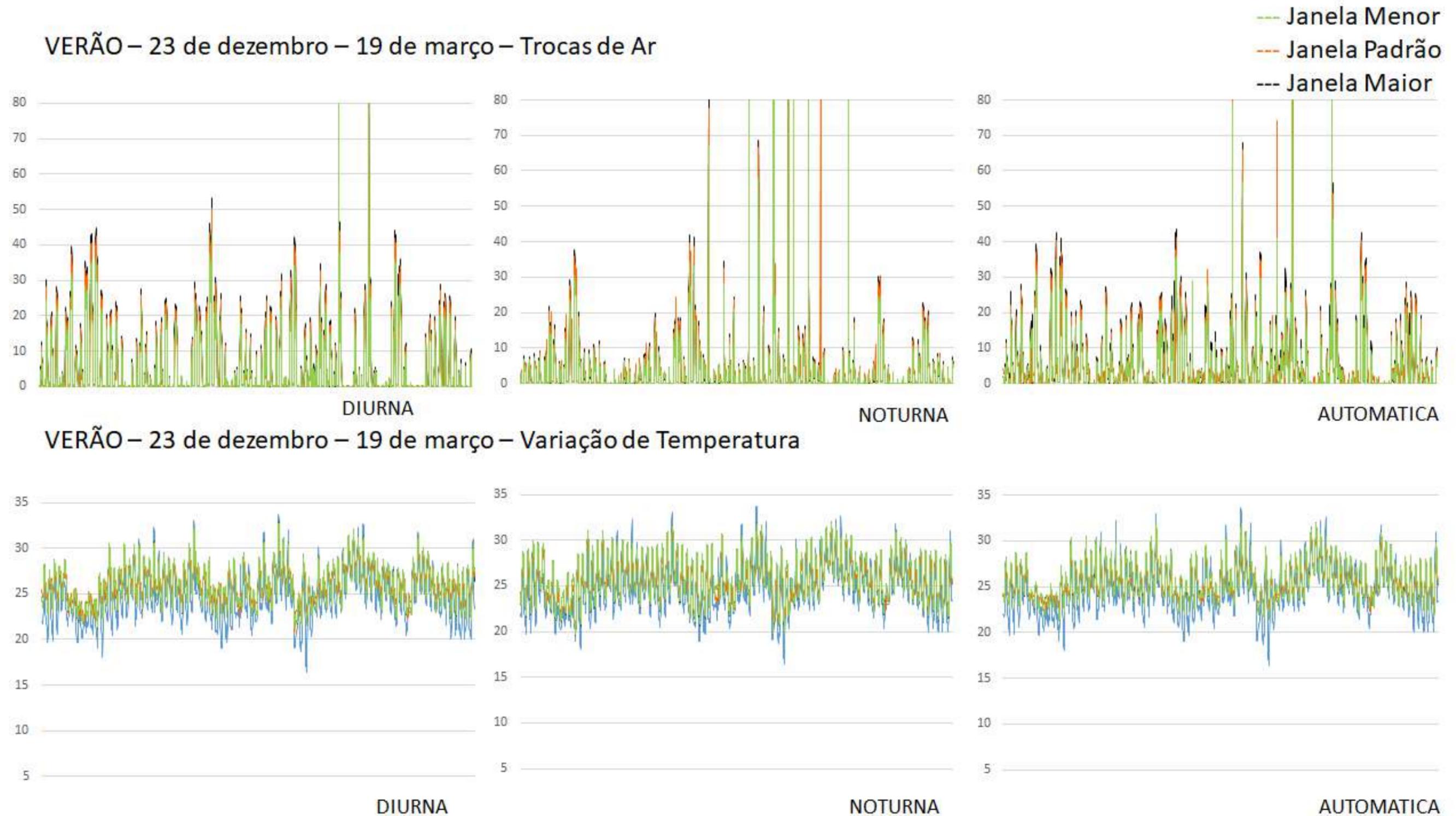
Durante o período de inverno, a temperatura do ambiente tende a seguir a temperatura externa e não se percebe uma proporção direta em relação à rotina ou às dimensões das janelas. Neste período é importante salientar o comportamento do ambiente com a rotina automática. Observa-se que as janelas abrem poucas vezes e existem quantidades consideráveis de trocas de ar e a temperatura interna apresenta uma tendência a acompanhar a externa e não apresenta grandes diferenças em relação às outras temperaturas em rotinas simuladas.

As trocas de ar, sendo proporcionais às dimensões de janelas, influenciam na regulação da temperatura interna do ambiente, com tendência a se igualar a temperatura externa. A partir do instante que temperatura interna e externa se equiparam, a ventilação natural deixa de interferir na temperatura do ambiente, até que alguma temperatura sofra variação. É importante ressaltar, que esse padrão de regulação da temperatura interna, pode através da ventilação natural, também levar o ambiente ao desconforto, quando temperatura externa estiver em condições desfavoráveis.

A rotina de abertura de janelas também interfere diretamente nas trocas de ar do ambiente em conjunto com os ventos predominantes. Além disso, mesmo com janelas totalmente fechadas, é importante ressaltar, que ocorre renovação de ar através de frestas, o que influencia também na regulação da temperatura interna.

O AMBIENTE E A JANELA

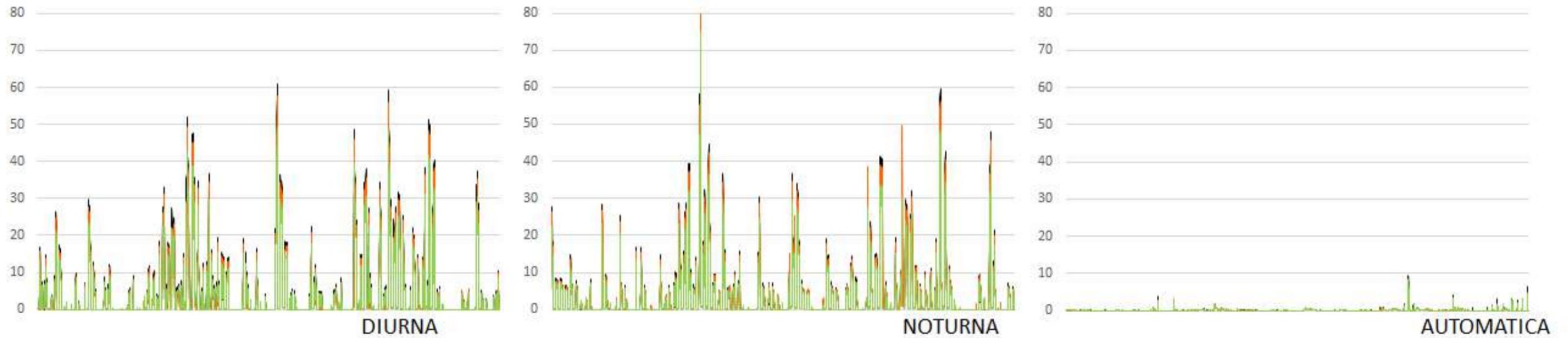
Diante dos resultados de simulações também foram elaborados gráficos comparativos de temperatura e trocas de ar entre tamanhos de janelas para cada rotina estudada e para cada estação do ano. A fim de comparar a tendência de comportamento do ambiente e facilitar a análise da influência do tamanho na janela na regulação da temperatura interna. Os resultados são apresentados nas figuras a seguir.



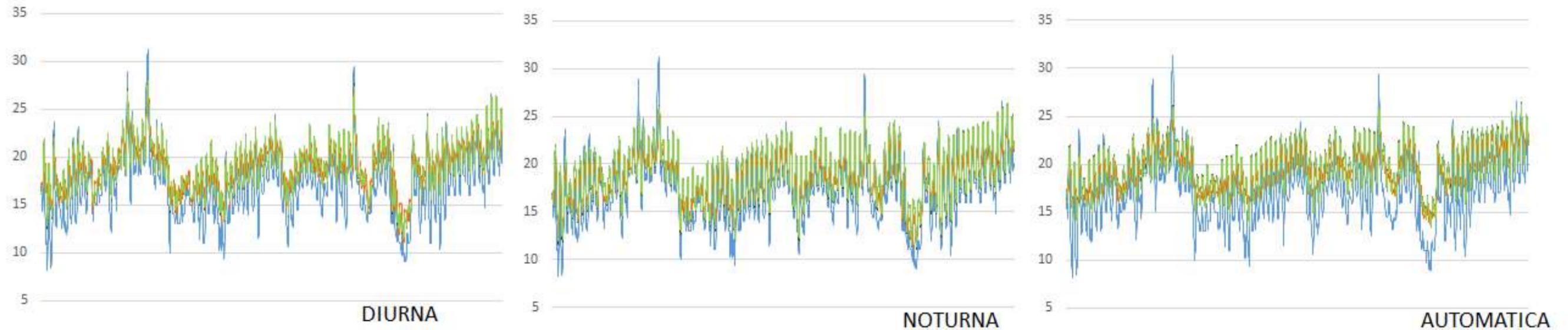
Os ambientes se comportam de formas diferentes em relação à ventilação natural e são influenciados principalmente pela rotina de abertura das janelas. Quando as janelas estão fechadas as trocas de ar são reduzidas e ainda assim são influenciadas de acordo com a presença e velocidade do vento que é inconstante ao longo das horas. A rotina que chama a atenção é a automática em que a diferença de temperatura entre interna e externa é maior do que a apresentada nas outras rotinas isto, porque ao longo do período ocorrem temperaturas externas mais baixas que as definidas como confortáveis e a janela tende a permanecer fechada, reduzindo as trocas de ar, o que influencia no tempo de regulação e equiparação da temperatura interna com a externa.

O AMBIENTE E A JANELA

INVERNO – 21 de junho – 23 de setembro – Trocas de Ar



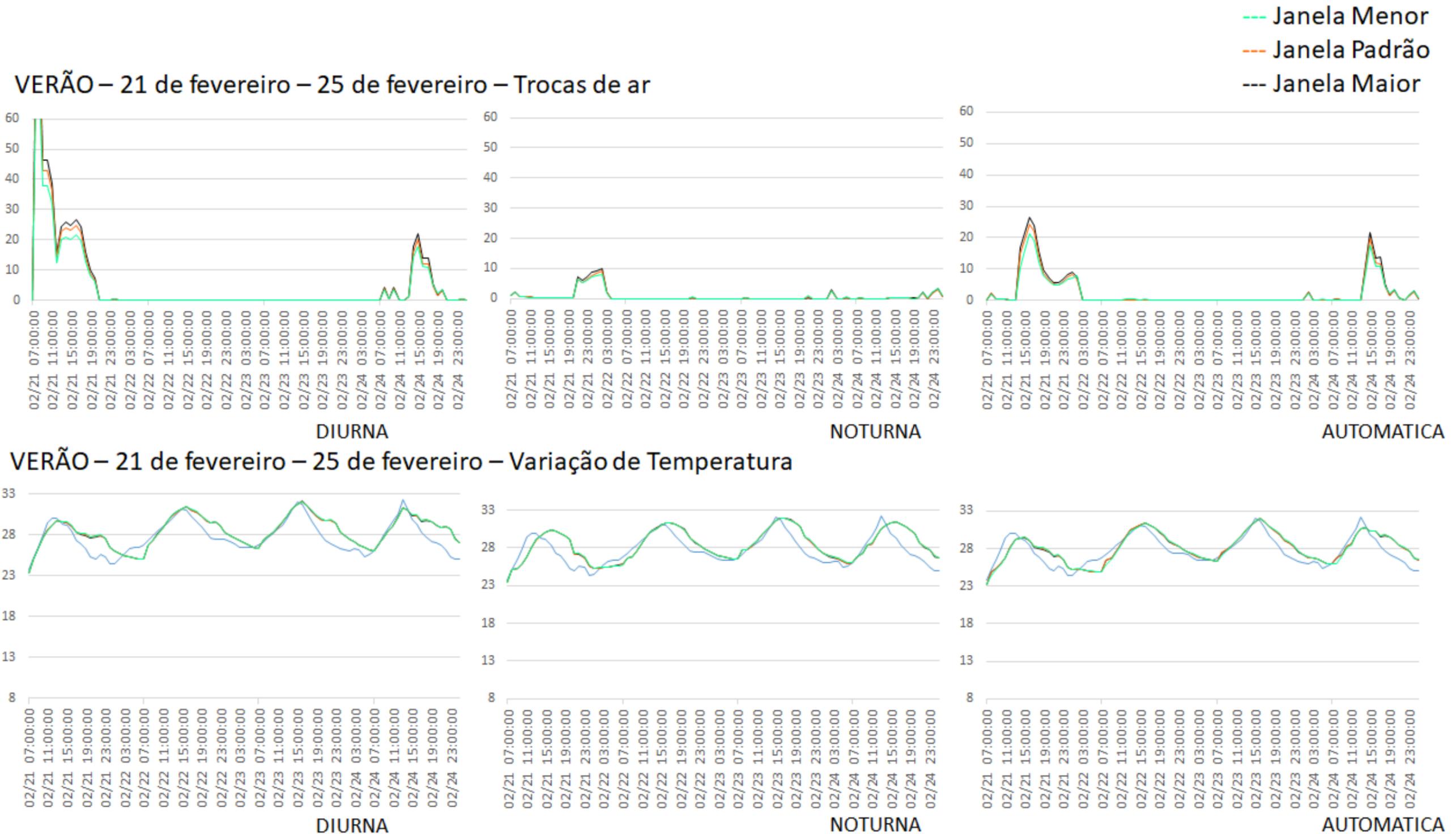
INVERNO – 21 de junho – 23 de setembro – Variação de Temperatura



A sobreposição dos gráficos deixa explícito que a temperatura dos ambientes com tamanhos diferentes de janelas são semelhantes e são alteradas de acordo com a temperatura externa. As trocas de ar no ambiente são diretamente proporcionais aos tamanhos das janelas e à rotina de abertura. Ainda que exerçam certa influência na temperatura, quando as janelas estão fechadas as trocas de ar são reduzidas, mas ainda ocorrem através de frestas e quando as janelas estão abertas esta troca ocorre em uma proporção maior. Ou seja, o tamanho das aberturas pode gerar um retardo ou adiantamento da equiparação das temperaturas.

O AMBIENTE E A JANELA

A figura a seguir mostra o comportamento do ambiente para 5 dias típicos para o inverno.

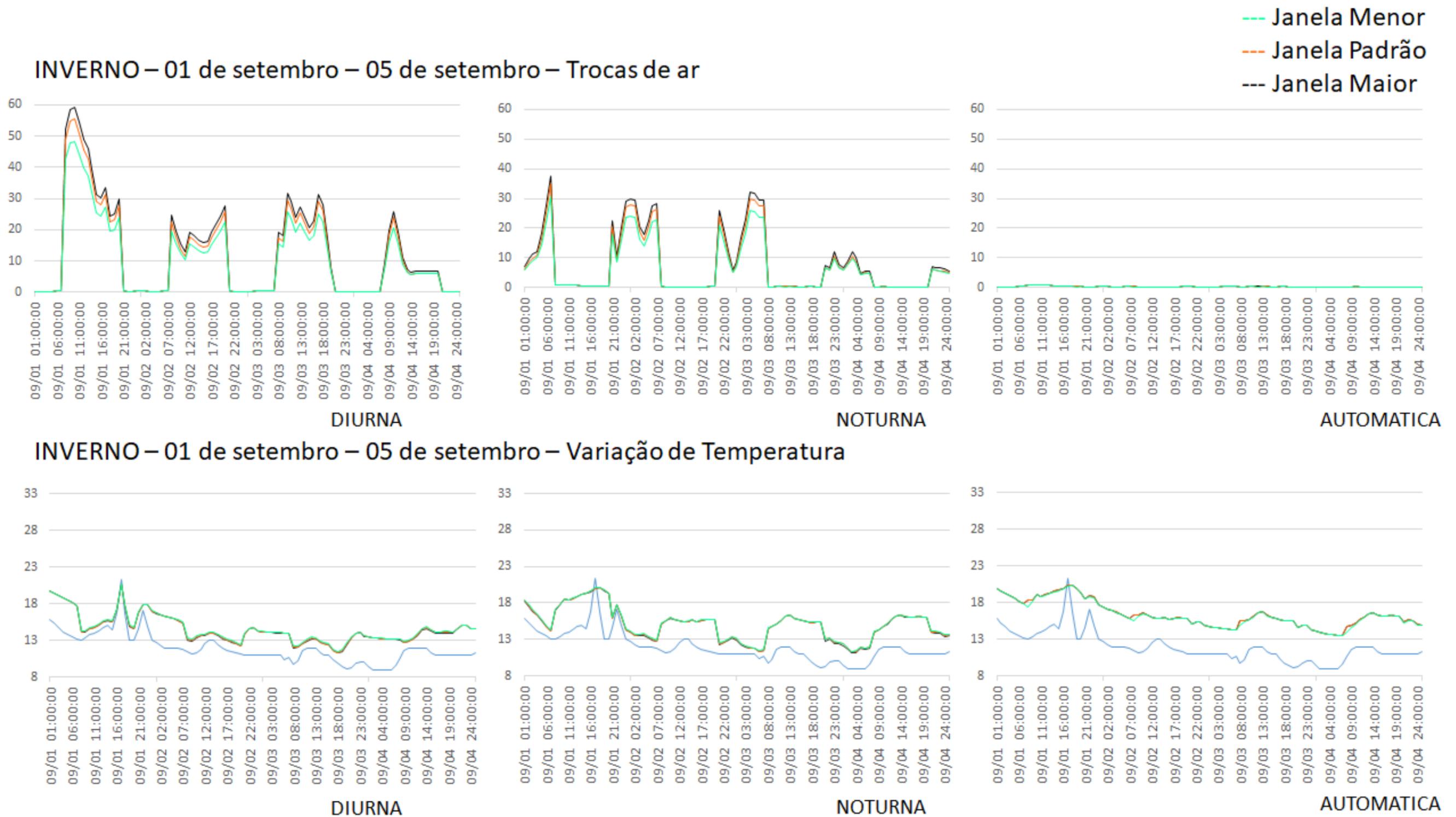


Durantes os dias típicos de verão, a diferença de comportamento de temperatura do ambiente também ocorre principalmente em relação à rotina de abertura de janelas. neste período, a tendência das janelas na rotina automática é permanecerem abertas em momentos em que a temperatura externa é menor que a interna, mas por conta da falta de ventos nortes, as trocas de ar neste período são reduzidas. A regulação da temperatura interna com a externa, é retardada por conta dos períodos de troca de ar, mas as temperaturas mínimas alcançadas, nunca são menores que a externa, portanto, quando essas temperaturas são atingidas, ainda que ocorram mais trocas de ar, as temperaturas não serão alteradas e portanto, a ventilação natural não funcionará mais como uma estratégia reguladora do conforto no ambiente.

Em relação aos tamanhos de janelas diferentes e mesma rotina de abertura, observa-se que existem diferenças das temperaturas internas ao longo do período, essas diferenças variam de 0,01°C a 0,21°C no mesmo dia e horário, durante o período do verão.

O AMBIENTE E A JANELA

A figura a seguir mostra o comportamento do ambiente para 5 dias típicos para o verão.

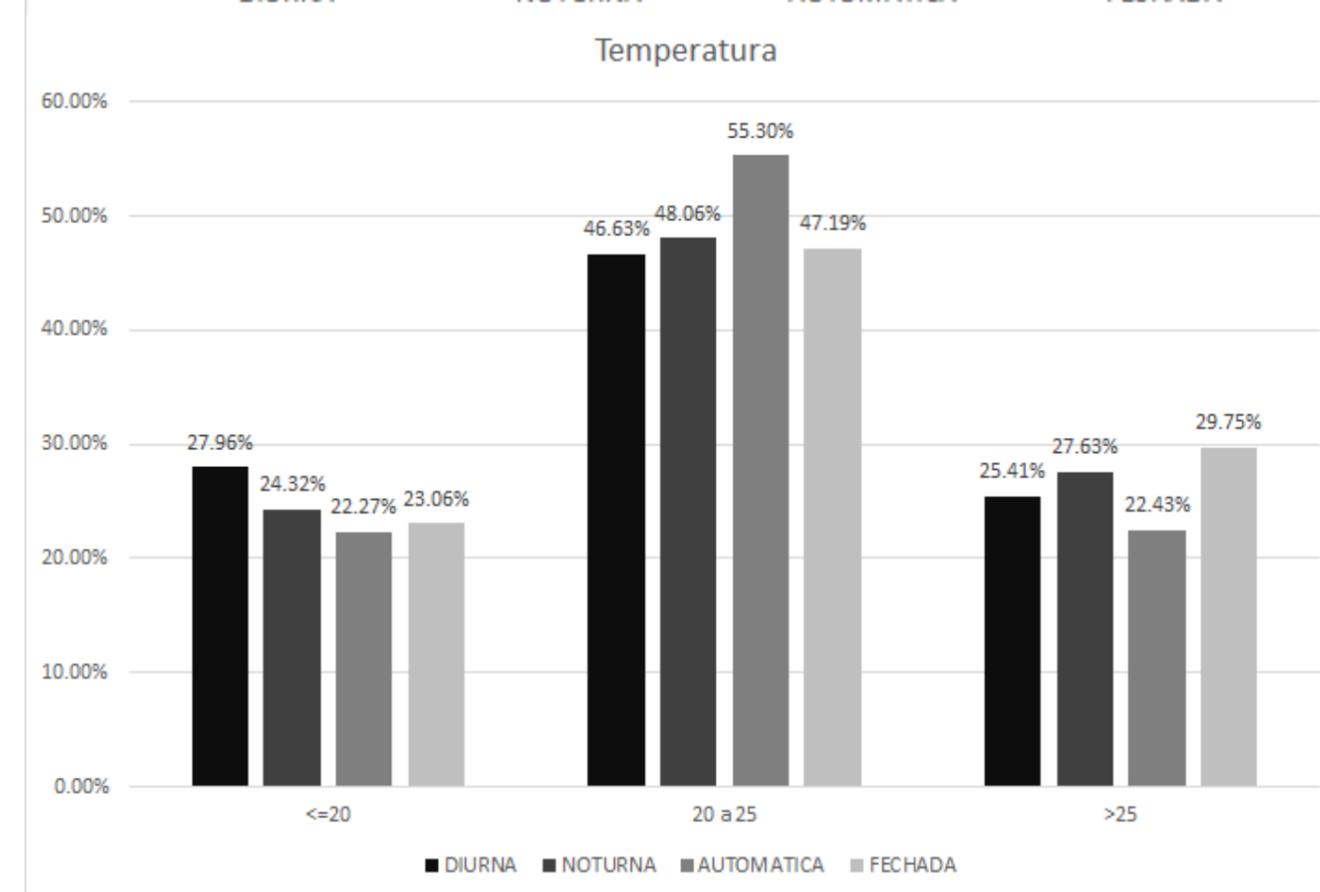
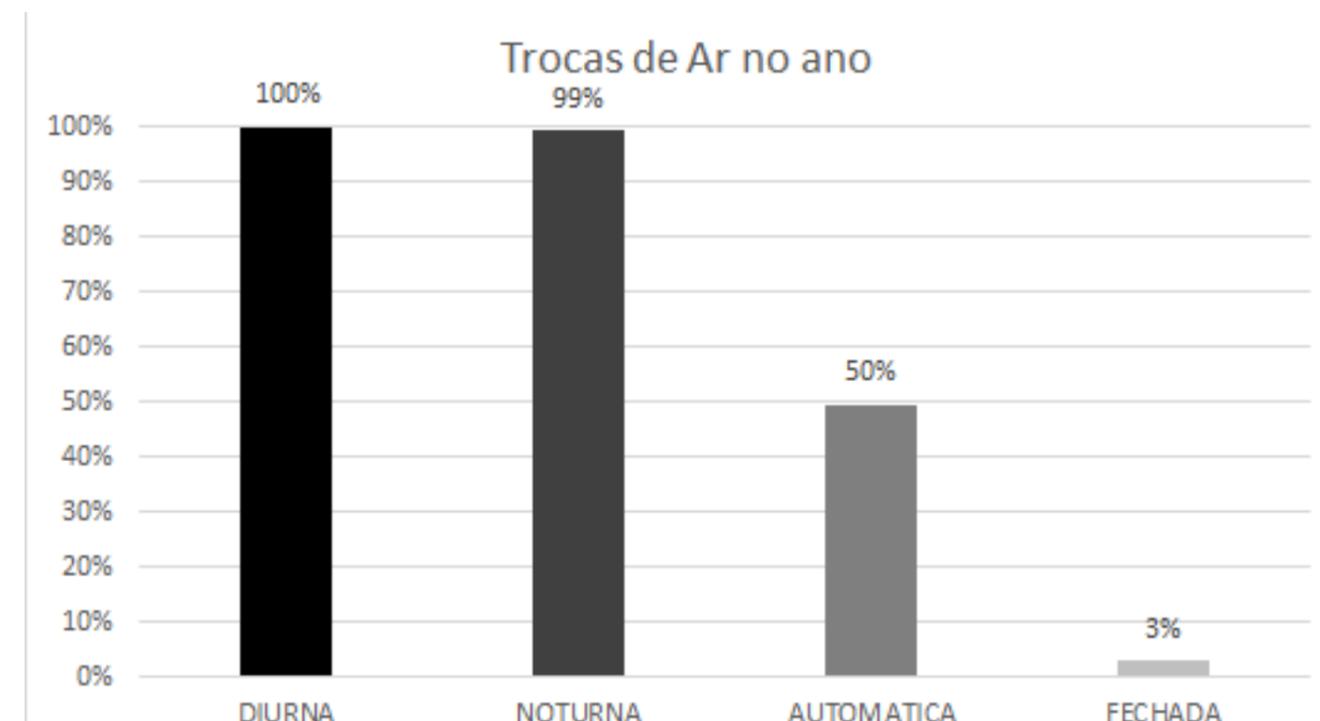
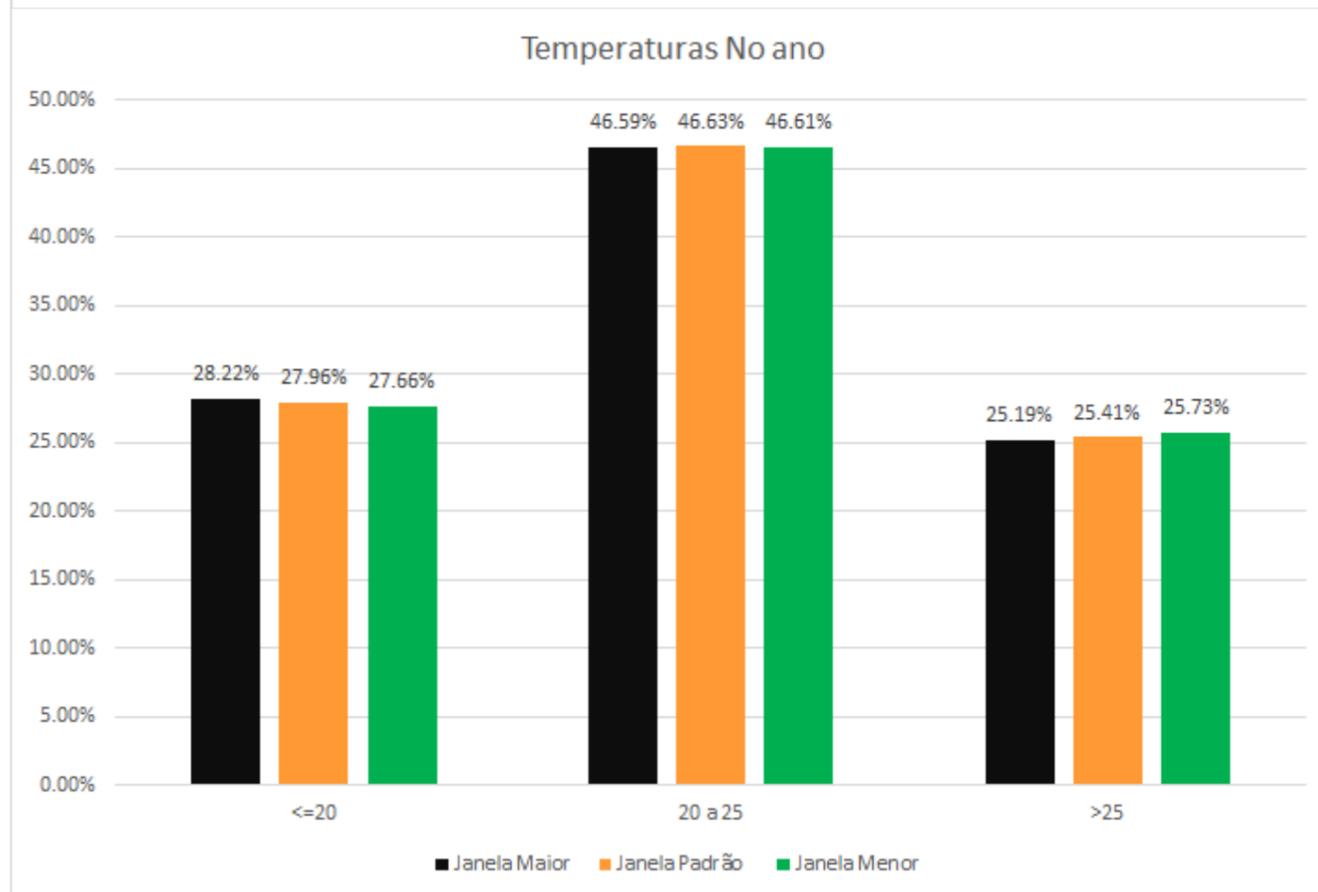
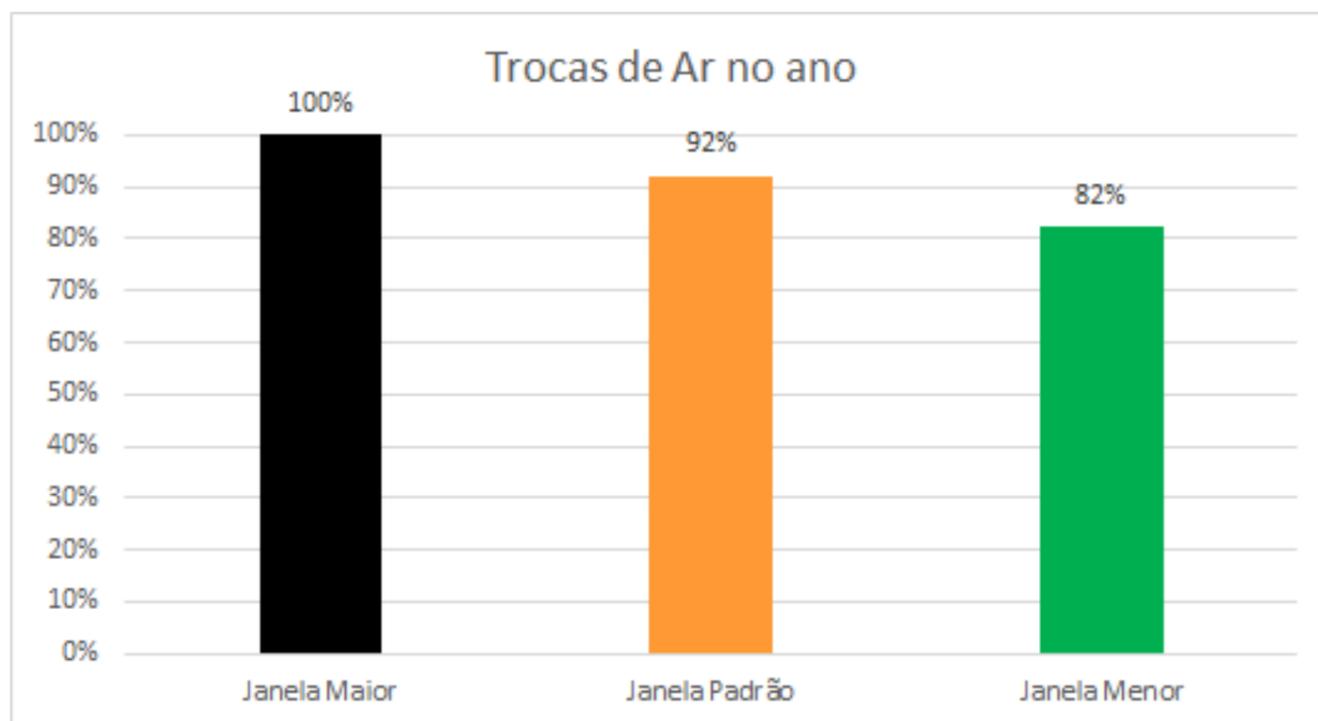


Durante o inverno, a diferença de comportamento de temperatura do ambiente é identificada principalmente em relação à rotina de abertura de janelas. Ainda que a temperatura interna seja proporcional à externa, os períodos de abertura e ventilação selecionam a temperatura do ar que é renovado. Nas rotinas Diurna e Noturna, a tendência é que nos momentos em que as janelas são abertas, o ar interno e externo se equilibram. Ao se comparar a rotina automática às demais, observa-se a diferença de até 2 graus entre os ambientes, levantando um questionamento sobre a representação da realidade dos moradores.

Em relação aos tamanhos de janelas diferentes e mesma rotina de abertura, observa-se que existem diferenças das temperaturas internas ao longo do período, essas diferenças variam de 0,01°C a 0,27°C no mesmo dia e horário, durante o período do inverno.

O AMBIENTE EM UM ANO TÍPICO

A fim de entender o comportamento das diferentes configurações e operações de janelas ao longo de um ano típico, foram elaborados gráficos de frequência de ocorrência.



Em relação à dimensões de janelas, partindo da rotina diurna, ainda que ocorram variações consideráveis de ventilação natural, os gráficos indicam variações mínimas em relação quantidade de horas por faixa de temperatura. em 50% das horas, os três ambientes estão na faixa considerada de conforto e durante as demais horas seria necessário a utilização de outras estratégias bioclimáticas a fim de garantir um melhor desempenho térmico para o ambiente.

Utilizando a Janela Padrão como base, os gráficos apresentam dados importantes a serem considerados. Não existem parâmetros estabelecidos para ventilação e o que se observa é que as trocas de ar não garantem um bom desempenho térmico para o ambiente. Dependendo da temperatura externa, a ventilação natural, pode gerar desconforto ao ambiente. A Janela fechada em todo o período, garantiu cerca de 47% de horas de conforto, pouco mais que a janela que permanece aberta pela manhã e representa 40% das trocas de ar, É interessante observar a rotina automática que garantiu mais de 55% de horas de conforto e representa somente 20% das trocas de ar, isto, porque a ventilação é seletiva nesta rotina.

CONCLUSÕES

Os resultados de simulações deixam explícito que as temperaturas dos ambientes com tamanhos diferentes de janelas são semelhantes e são reguladas de acordo com a temperatura externa. Como esperado, quando as janelas estão fechadas as trocas de ar são reduzidas, mas ainda acontecem através de frestas e quando as janelas estão abertas e a troca ocorre em uma proporção maior. As trocas de ar influenciam o desempenho do ambiente, mas dependendo de como as janelas são operadas, podem não representar um impacto substancial em relação a temperatura interna.

O tamanho das aberturas pode gerar um retardo ou adiantamento da equiparação das temperaturas por conta da velocidade em que o volume de ar é trocado com o exterior, ou seja, a tendência é que os ambientes com diferentes configurações de janelas atinjam a mesma temperatura se igualando com a temperatura externa, mas em com tempos diferentes. A partir do instante que temperatura interna e externa se equiparam, a ventilação Natural deixa de interferir na temperatura do ambiente até que ocorra uma nova variação.

As rotinas de abertura selecionam em que momento as trocas de ar ocorrem e qual a velocidade dessa troca, selecionando também a temperatura do ar que entrará e sairá do ambiente. Vale destacar duas rotinas estudadas, a que ocorre por frestas, este tipo de ventilação acontece a todo instante e sofre variação de acordo com a velocidade e ventos predominantes e a rotina automática ou seletiva acontece através da escolha da temperatura do ar. Esta é a rotina a que apresenta resultados mais relevantes quanto a eficiência das trocas de ar na temperatura interna.

Ao longo deste trabalho, percebe-se que os fatores que mais influenciam na variação de temperatura no ambiente são externos. É possível controlar temperaturas e garantir conforto através de elementos como esquadrias com maior isolamento ou vidros desenvolvidos a fim de melhorar o desempenho das edificações. Mas ao se pensar em Habitações de interesse social, é necessário que o custo seja menor, e, portanto, é fundamental que as normas vigentes estabeleçam requisitos e estratégias de baixo custo a fim de garantir qualidade em HIS.

Com o aumento do custo de moradia por conta da busca o conforto através de equipamentos consumidores de energia, estudos já indicam que ocorrem muitas evasões de moradores por não conseguirem arcar valores altos de sustento, fazendo com que estas habitações percam o caráter “social”. É importante que o responsável técnico pelos projetos vá além de legislações, normas e regulamentos, já que, pelo fato das normas não definem parâmetros reais de operação dos ambientes nem requisitos de conforto humano, não há garantia do bom desempenho dos projetos.

E embora as ferramentas de simulação permitam uma análise de desempenho mais detalhada, não há indicadores para qualificar os projetos, então, é essencial que os arquitetos entendam e sejam conscientes na utilização das estratégias bioclimáticas. Além de conforto, qualidade e economia, é necessário que os projetos também busquem a sustentabilidade, utilizando os recursos naturais disponíveis de forma apropriada, evitando uso de equipamentos não renováveis tanto em sua produção quanto em relação a energia. A intenção dos regulamentos é garantir condições mínimas para edificações, mas é necessário que ocorra uma mudança de mentalidade onde a qualidade de vida dos indivíduos sejam prioridades ao invés do incentivo econômico.

Neste trabalho, foram apresentadas obras de arquitetos que foram além das normas, utilizaram estratégias de projeto inovadoras a fim de melhorar as condições de vida dos moradores. Além de estratégias de ventilação natural, entenderam que a regulação da temperatura também está relacionada ao aquecimento e resfriamento dos ambientes através de outros elementos da esquadria e da envoltória. Ainda assim, existem dados apresentados sobre a Pedregulho, que mesmo considerando as estratégias bioclimáticas, a vista panorâmica foi priorizada em uma fachada que apresenta excessiva insolação, gerando desconforto térmico. Ainda que com alta taxa de ventilação natural, os moradores instalaram equipamentos de ar condicionado para garantir qualidade térmica no ambiente.

Para avaliar uma edificação segundo as normas, é necessário criar um modelo representativo do projeto. Mas os requisitos indicados pelas normas são irreais, já que o padrão de rotina a ser utilizada é a automática que exerce um controle a fim de manter a edificação em uma faixa de conforto estabelecida, funcionando como ventilação seletiva. Por conta das sensações pelo movimento do ar, renovação para higiene, privacidade, redução de ruídos, segurança entre outros, as janelas são operadas de acordo com a rotina da família. Portanto, as normas propõem simulações computacionais com uma rotina irreal, pois não faz parte do dia a dia de moradores. Isto indica que a forma como as normas avaliam os projetos, não levam em consideração as edificações habitadas e a rotina real, portanto não garantem o conforto dos moradores, que tendem a procurá-lo através de equipamentos.

Segundo o Guia Orientativo para projetos eficientes, a ventilação natural pode melhorar a sensação de conforto e evitar gastos com equipamentos para garantir temperaturas confortáveis em um ambiente quando o ar externo está mais fresco que o ar interno. Porém, quando a temperatura do ar externo está mais alta, a sensação de conforto pode ocorrer pela movimentação de ar sobre a pessoa. Essas trocas de ar sobre o corpo humano provocam a sensação de conforto quando submetido a um clima quente, portanto, para compreender se um ambiente é confortável ou não, é necessário que se estabeleça parâmetros de trocas de ar a fim de garantir conforto em relação as sensações térmicas e índices de conforto humano, pois assim, a qualidade para qualquer tipo habitação poderá ser garantida. Por isso, a crítica quanto a definição de diferenças de temperaturas como uma das poucas variáveis importantes na avaliação de desempenho do ambiente.

Esse tipo de análise é relevante para entender que ainda que as normas sejam embasadas em características relevantes, precisam ser aprimoradas e não devem limitar a criatividade do arquiteto ao projetar. Os requisitos são propostos a fim de tentar garantir condições mínimas de habitabilidade. Aqui foi indicado, que janelas maiores não necessariamente garantem melhor desempenho térmico e janelas menores através da ventilação natural não garantem piores resultados. Mas estratégias inovadoras e criativas baseadas em conhecimentos técnicos têm grande potencial de criar ambientes belos e confortáveis aos habitantes.

RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

As análises aqui apresentadas, nos levam a refletir sobre o respaldo que a norma vigente tem. Programas de simulação computacional realmente dão suporte para esse tipo de análise? E em relação as sensações de conforto, sabe-se que o corpo humano tem capacidade de se adaptar as diferentes temperaturas e que outros fatores além de temperatura influenciam nas sensações humanas. O desafio é entender como esta auto regulação pode ser analisada a fim de colaborar com o aprimoramento de normas que garantam qualidade de vida, Bem estar e economia aos habitantes.

Para futuros trabalhos, recomenda-se avaliar a influência da movimentação de ar em contato com a pele, a fim de estabelecer requisitos mínimos de trocas de ar e ventilação cruzada nos ambientes que não se limitem somente a dimensões de janelas e temperaturas.

Além disso, é necessário que se desenvolva trabalhos a fim de estabelecer uma rotina que se aproxime mais da realidade do dia a dia dos moradores. Neste sentido, também é fundamental que a avaliação de desempenho de edificações seja o mais próximo possível da realidade de um local habitado e que os parâmetros utilizados para simulações computacionais sejam estabelecidos nesse sentido.

Por fim, as esquadrias são elementos fundamentais para estudos na linha de pesquisa deste trabalho, portanto, é essencial, que se estude sobre os materiais e também a influência das dimensões na iluminação dos ambientes.

Referências

ALMEIDA, C. C. O. de. O engenheiro arquiteto Rubens Porto e os Institutos e Caixa de Aposentadoria e Pensões (IAPs/CAPs); contribuições para a formulação de uma política pública habitacional no Brasil na década de 1930. Risco, São Carlos, n.8, 2008

Andersen, Marilyne; Gochenour, Sharon J.; Lockley, Steven W. Modelling 'non-visual' effects of daylighting in a residential environment In.: Building and Environment. Volume 70. Páginas 138-149. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: desempenho térmico de edificações. São Paulo, 2005. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR ENGINEERS CONDITIONING (ASHRAE). ASHRAE 55-2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2010.

Brasileiro Alice; Morgado, Claudio; Luz, Carolina. Conjunto do pmcmv no rj: razões da (in)eficiência energética no decorrer de sua vida útil. In.: XIV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído & X ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Balneário Camboriú, SC, 1318-1327, set, 2017.

Bonduki, Nabil. As Origens da habitação Social no Brasil. Arquitetura moderna, Lei do inquilinato e difusão da casa própria. São Paulo, 2004

Bonduki, Nabil; Koury, Ana Paula; Os Pioneiros da Habitação Social No Brasil - vol 2 Inventário da produção pública no Brasil entre 1930 e 1964. São Paulo

BRUNA, P. Os primeiros arquitetos modernos Habitação Social no Brasil 1930-1950. São Paulo: Edusp, 2010. CAMPOS, Eudes. Casas e vilas operárias paulistanas. INFORMATIVO ARQUIVO HISTÓRICO MUNICIPAL, 4 (19): jul/ago.2008 disponível em: <http://www.arquivohistorico.sp.gov.br> Acesso em 14 de junho de 2019

Cechinel, Rodrigo Jensen. Avaliação dos requisitos mínimos do programa minha casa minha vida para habitações multifamiliares em Joinville. 2017 Dissertação de mestrado - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC Faculdade de Engenharia Civil pela. Disponível em: http://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/rodrigo_jensen_cechinel_15160434044133_706.pdf Acesso em 26 de junho de 2018.

Cechinel, R. J.; Hackenberg, A. M.; Tondo, G. H. Desempenho térmico em habitações de interesse social inseridas na cidade de Joinville e recomendações para melhorias dos parâmetros mínimos construtivos. ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 1, p. 661, São Paulo, SP. 2016

Chen, Yujiao; Tong, Zheming; Malkawi, Ali. Investigating natural ventilation potentials across the globe: regional and climatic variations. In.: Building and Environment. Volume 122. Páginas 386-396. Setembro, 2017.

Chvatal, Karin Maria Soares. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. Ambient. constr. Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, Dec. 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400009&lng=en&nrm=iso. Acesso Jun. 2018.

CYMBALISTA, Renato e MOREIRA, Tomás. Política Habitacional no Brasil: a História e os Atores de uma Narrativa Incompleta. In: ALBUQUERQUE. Maria C (org). Participação popular nas políticas públicas. São Paulo, pp.31-48 2006

Darula, Stanislav; Christoffersen, Jens; Malikova, Marta. Sunlight and insolation of building interiors, in: Energy Procedia, 78 (2015), pág. 1245-1250

DOE. United States Department of Energy. Weather data. Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm. Acesso em: 26 abr. 2018.

Fagundes, Renata M. Aplicação do RTQ-R na avaliação da eficiência energética de edificações multifamiliares de interesse social para as zonas bioclimáticas brasileiras. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

Fonseca, Raphaela Walger Da; Pereira, Fernando Oscar Ruttkay; Claro, Anderson. Iluminação Natural: A contribuição de suas reflexões no interior do ambiente construído. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, São Paulo, n. 28, p. 198-217, dec. 2010. ISSN 2317-2762. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43708/47330>. Acesso em: 15 maio 2018.

Ghisi, E. et al. Normalização em conforto ambiental: Desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações. Coletânea Habitare, vol. 3. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Disponível em: < www.habitare.org.br/publicacao_coletanea3.aspx > Acesso em: jun. 2018.

Ghisi, E.; Tinker, J. A.; Ibrahim, S. H. Área de Janela e Dimensões de Ambientes para Iluminação Natural e Eficiência Energética: literatura versus simulação computacional. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 81-93, out./dez. 2005.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Brasília, DF, 2012.

Jonsson, A. & Roos, A. Evaluation of control strategies for different smart window combinations using computer simulations. Solar Energy 84:1-9. 2010

Konis, Kyle. A novel circadian daylight metric for building design and evaluation In.: Building and Environment. Volume 113. Páginas 22-38. 2017.

KRAUSE, C.; BALBIM, R. e LIMA NETO, V. C. Minha Casa Minha Vida, Nosso Crescimento: onde fica a Política Habitacional? Texto para discussão 1853. Rio de Janeiro, IPEA, agosto de 2013

LABEEE, Arquivos climáticos revisados em novembro de 2015. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin> Acesso em: 03 jun. 2018.

Lamberts, Roberto; Dutra, Luciano; Pereira, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: 3ª Edição 2014.

LIMA, B. A. A. ; ZANIRATO, S. H. . Uma revisão histórica da política habitacional brasileira e seus efeitos socioambientais na metrópole paulista. In: Agnaldo de Sousa Barbosa, Hilda Maria Gonçalves da Silva, Maria Madalena Gracioli, Vânia de Fátima Martino. (Org.). Políticas Públicas e Desenvolvimento Social: Horizontes e Experiências. 1ed. Curitiba: CRV, 2015, v. p. 135-146.

Lopes, Thiago Do Prado; Goulart, Solange E Lamberts, Roberto. Desempenho térmico de habitações de interesse social com diferentes sistemas construtivos em Santa Catarina. In.: ENTAC XIII Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, Canela, RS, 2010

Martau, Betina Tschiedel. A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=000440980>>. Acesso em: 13 mai. 2018.

Martau, Betina Tschiedel; Scarazzato, Paulo Sergio. Impactos não visuais da iluminação. In: ENCAC, 10. 2009, Natal. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Natal: Comitê Científico, 2009. p. 1357 - 1366.

Matos, M. Simulação Computacional do Desempenho Térmico de Residências em Florianópolis Utilizando a Ventilação Natural. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2007

MEDEIROS, Lótos Dias. Análise da eficiência térmica em conjunto habitacional: o estudo de caso Zezinho Magalhães Prado - CECAP. 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014.

Ministério das cidades - Especificações técnicas mínimas em unidades habitacionais disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv/especificacoes-tecnicas>> acesso em 26 de junho de 2018

MORAIS, Juliana Magna da Silva Costa. Ventilação natural em edifícios multifamiliares do "Programa Minha Casa Minha Vida". 2013. 211 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258057>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

Morais, J. M. S. C.; Labaki, L. C. CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do "Programa Minha Casa, Minha Vida". Ambiente Construído, 17(1), 223-244. 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100133>

NICO-RODRIGUES, E.A. ; ALVAREZ, C.E. ; PIDERIT, M. B. M. ; RODRIGUES, A. M. . A evolução da janela e sua interferência em ambiente de edificações multifamiliares. In: Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães, Portugal. Connecting People and Ideas Proceedings of EURO ELECS 2015. Porto: Printed by Multicomp, 2015. v. 1. p. 551-560.

Oliveira, Camila Cordeiro; Sakiyama, Nayara Rodrigues Marques; Miranda, Layane Ventura. Desempenho térmico de uma edificação unifamiliar naturalmente ventilada para o clima de teófilo otoni-mg. In.: REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Vol.13, Páginas 57-72. 2017. DOI: <<https://doi.org/10.5216/reec.v13i2.42940>> acesso em 20/03/2018.

Oliveira, Raquel D.; Souza, Roberta V.; Mairink, Ana J.; Rizzi, Magno T.; Da Silva, Roberto M. Thermal Comfort for users according to the Brazilian Housing Buildings Performance Standards. Energy Procedia, v. 78, p 2923-2928, nov. 2015

Quirino, Luana; Vaz, Yasmin; Leder, Solange. Iluminação natural na habitação de interesse social: proposta de abertura em diferentes localidades no Brasil. In.: XIV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído & X ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Balneário Camboriú, SC, 24(6), 1850-1858, setembro, 2017.

Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). 2013. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos>>. Acesso em 09 set. 2016

Sacht, H. M. ; Lukiantchuki, Marieli Azoia ; Caram, Rosana Maria. Análise da influência do tamanho das aberturas de entrada de ar no desempenho da ventilação natural. In.: XIV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído & X ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Balneário Camboriú, SC. 11(3), Páginas 564-573. setembro, 2017.

SEGAWA, H. Arquiteturas no Brasil - 1900-1990. São Paulo: Edusp, 1998.

Susorova, Irina; Tabibzadeh, Meysam; Rahman, Anisur; Clack, Herek L.; Elnimeiri, Mahjoub. The effect of geometry factors on fenestration energy performance and energy savings in office buildings. In.: Energy and Buildings. Volume 57. Páginas 6-13. Fevereiro, 2013.

TSUKUMO, Isadora Tami Lemos. Habitação social no centro de São Paulo: legislação, produção, discurso. 2007. Dissertação (Mestrado em Habitat) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. doi:10.11606/D.16.2007.tde-23112010-110040. Acesso em: 2019-06-17.

UNEP United Nations Environment Program. Global status report. 2016. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/45611/retrieve>>. Acesso em: abril de 2018.