

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE TRÊS
RESIDÊNCIAS EM JOINVILLE/SC E ANÁLISE DO CONFORTO
TÉRMICO DOS USUÁRIOS POR MEIO DA TEORIA DE
CONFORTO ADAPTATIVO**

LETICIA SILVEIRA MOY

FLORIANÓPOLIS

2018

LETICIA SILVEIRA MOY

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE TRÊS
RESIDÊNCIAS EM JOINVILLE/SC E ANÁLISE DO CONFORTO
TÉRMICO DOS USUÁRIOS POR MEIO DA TEORIA DE
CONFORTO ADAPTATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Área: Construção Civil

Orientador: EneDir Ghisi, PhD

Coorientador: Dr. Ricardo Forgiarini
Rupp

FLORIANÓPOLIS

2018

LETICIA SILVEIRA MOY

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE TRÊS RESIDÊNCIAS
EM JOINVILLE/SC E ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DOS USUÁRIOS
POR MEIO DA TEORIA DE CONFORTO ADAPTATIVO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
ENGENHEIRO CIVIL

Prof^a Luciana Rohde, Dr^a.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof. EneDir Ghisi, PhD.
Orientador

Eng. Ricardo Forgiarini Rupp, Dr.
Coorientador

Prof^a Liseane Padilha Thives, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Matheus Soares Geraldi, M.Eng.
Doutorando do PPGEC/UFSC

Agradecimentos

A Deus, pela saúde, oportunidades e felicidades com as quais me abençoou.

Aos meus pais, Luis e Evelise, por serem a mais pura definição de amor, pelo apoio, cuidado, carinho e ombro amigo. Por estarem presentes todos os dias na minha vida mesmo com a distância, pela oportunidade de estar escrevendo esse trabalho, sem eles nada disso seria possível.

À minha irmã, Giovana, pela admiração e amor que me motivam a ser cada dia melhor.

Aos meus demais familiares, por todo carinho e alegrias que me proporcionam, por me apoiarem durante toda essa trajetória e por todos os abraços apertados a cada volta para casa.

Ao professor e orientador Enedir Ghisi, pela orientação, paciência, correções, reuniões, disponibilidade e auxílio durante a realização deste trabalho.

Ao coorientador Ricardo Rupp, por todas as vezes em que esteve presente para sanar as minhas dúvidas, sempre com excelência no assunto, enriquecendo este trabalho.

À professora Dra Liseane Padilha Thives e ao Mestre Matheus Soares Geraldi, pela participação na banca e contribuição para o aprimoramento deste trabalho.

Às amigas Mayara, Camila e Isabella, pelo incentivo, pelas distrações, pelas risadas e por tornarem meu dia a dia em Florianópolis mais feliz.

Às amigas Mônica e Júlia, por estarem presentes na minha rotina me apoiando mesmo com a distância, por todo amor e saudade diária que representam.

Às amigas Mirele, Raissa, Bruna, Letícia, Rafaela e Marcella, pelos reencontros, por comemorarem todas as minhas vitórias comigo e por todas as ótimas recordações que temos.

À Letícia, Andréa, Maria Eduarda, William, Otávio e Gustavo, pela contribuição para a realização deste trabalho, por cederem suas casas e seu tempo. Serei eternamente grata.

Ao CIRAM, pela disponibilização dos dados de temperatura e umidade relativa do ar externo necessários para a realização deste trabalho.

A todos os colegas da Engenharia Civil, especialmente aos amigos da 14.1, que me acompanharam durante toda a minha graduação, sentirei saudade.

A todos os professores que tive durante a minha vida, por exercerem a mais nobre profissão. Existe um pedaço de cada um deles neste trabalho.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de três residências localizadas em Joinville/SC e o conforto térmico de seus moradores. Foram monitoradas as três residências durante 128 dias, em um período predominantemente frio. O estudo do conforto térmico foi feito por meio da aplicação de questionários semanais, que deveriam ser respondidos em casa, com questões referentes à preferências e sensações térmicas dos usuários no momento da resposta. As informações obtidas por meio do questionário serviram como base para estabelecer correlações entre os dados e analisar possíveis padrões nas respostas. Os dados foram tratados a partir de planilhas no *software* Microsoft Excel, onde buscou-se encontrar relações entre os parâmetros avaliados e comparar temperaturas e umidades relativas do ar das diferentes residências e ambientes monitorados. As correlações foram avaliadas e comparadas com resultados obtidos por estudos semelhantes. Quanto ao desempenho térmico, ao analisar os dados de temperatura, notou-se que devido aos padrões construtivos uma das residências registrava valores bem mais baixos que as demais. Dessa forma, foi possível avaliar a influência de algumas características das residências no desempenho térmico obtido por elas. As correlações de conforto térmico entre o isolamento das vestimentas e os dados de sensação térmica e temperatura foram significativas, conforme a teoria de conforto adaptativo. As demais correlações satisfizeram resultados presentes na literatura, corroborando as conclusões obtidas pelos demais autores. Constatou-se também a influência da idade, gênero, altura e peso nas percepções das sensações térmicas, de modo que mulheres, pessoas mais velhas e com menores IMC têm maior tendência a sentir frio do que as demais. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam que o estudo das características da residência durante a fase de projeto podem melhorar o desempenho térmico da mesma, tornando as temperaturas internas menos influenciadas pela temperatura externa. Além disso, os resultados de conforto térmico confirmam e condizem com a linha de estudo do conforto adaptativo, de modo que pode-se atribuir as diferenças entre as temperaturas obtidas nesse trabalho e os demais à capacidade de adaptação dos usuários ao ambiente em que vivem.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Conforto térmico. Conforto adaptativo. Edificações unifamiliares. Estudo de campo.

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxos de ar em um apartamento da edificação multifamiliar com entorno horizontal.....	18
Figura 2 - Fluxos de ar em um apartamento da edificação multifamiliar com entorno verticalizado.	18
Figura 3 - Proximidade entre as residências escolhidas	34
Figura 4 - Sensor Hobo data logger utilizado no trabalho	35
Figura 5 - Sensores utilizados e sensor de referência durante a calibração	36
Figura 6 - Posicionamento do sensor HOBO	37
Figura 7 - Fluxograma do questionário aplicado semanalmente	39
Figura 8 - Fachada oeste da residência 1	43
Figura 9 - Planta baixa da residência 1 (Escala 1:100).....	44
Figura 10 - Fachada oeste da Residência 2.....	45
Figura 11 - Planta baixa da Residência 2 (Escala 1:100).....	45
Figura 12 - Fachada sudoeste da Residência 3.....	46
Figura 13 - Planta baixa da Residência 3 (Escala 1:100).....	47
Figura 14 - Comparação entre as temperaturas médias diárias de cada residência e a temperatura média diária externa.....	49
Figura 15 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 1 durante o dia 04/06/2018.....	51
Figura 16 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e a temperatura externa da Residência 1	52
Figura 17 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 2 durante o dia 04/06/2018.....	52
Figura 18 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e a temperatura externa da Residência 2	53
Figura 19 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 3 durante o dia 04/06/2018.....	54
Figura 20 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e temperatura externa da Residência 3	54
Figura 21 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 1	55
Figura 22 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 2	55

Figura 23 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 3	56
Figura 24 - Comparação entre a umidade relativa média de cada residência e a umidade relativa média externa	56
Figura 25 - Relação entre sensação térmica e temperatura interna.....	58
Figura 26 - Relação das respostas de sensação térmica por temperatura interna ...	59
Figura 27 - Relação entre sensação térmica e temperatura interna das Residências 1 e 2	60
Figura 28 - Preferência térmica dos usuários com sensação térmica neutra	61
Figura 29 - Conforto térmico dos usuários com sensação térmica neutra	61
Figura 30 - Relação entre conforto térmico e temperatura interna	62
Figura 31 - Relação das respostas de conforto por temperatura interna	63
Figura 32 - Relação das respostas de preferência térmica por temperatura interna.	64
Figura 33 - Relação entre isolamento da vestimenta e temperatura interna	65
Figura 34 - Relação entre sensação térmica e escolha da vestimenta	66
Figura 35 - Sensação térmica e uso de adicionais de peças de roupa	66
Figura 36 - Uso de ajustes ambientais e sensação térmica	67
Figura 37 - Relação entre o uso de ajustes ambientais e a temperatura externa	68
Figura 38 - Relação entre IMC e sensação térmica	69
Figura 39 - Relação entre gênero e sensação térmica.....	70
Figura 40 - Relação entre gênero e preferência térmica	71

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Relação entre temperatura de neutralidade térmica e zona de conforto com o grupo econômico.	29
Tabela 2 - Dados hidrometeorológicos mensais de Joinville/SC no ano de 2016	33
Tabela 3 - Resumo das respostas do questionário de conhecimento	48
Tabela 4 - Temperaturas mínimas, médias e máximas mensais por residência e temperatura externa	50
Tabela 5 - Respostas questionário semanal	57
Tabela 6 - Média das respostas do questionário, temperatura e umidade relativa por residência	58
Tabela 7 - Relação entre gênero e sensação térmica.....	72
Tabela 8 - Relação entre idade e sensação térmica	71

Sumário

1. Introdução	11
1.1. Considerações iniciais	11
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo Geral	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. Estrutura do trabalho	13
2. Revisão Bibliográfica	15
2.1. Influência das condições climáticas nos projetos arquitetônicos	15
2.2. Desempenho térmico das edificações	17
2.2.1. Influência do entorno da edificação no desempenho térmico	17
2.2.2. Influência da envoltória no desempenho térmico	20
2.2.3. Normas de desempenho	23
2.3. Conforto térmico do usuário.....	24
2.3.1. Conforto térmico e ajustes comportamentais	24
2.3.2. Conforto térmico e ajustes fisiológicos	26
2.3.3. Conforto térmico e ajustes psicológicos	27
2.3.4. Relações entre desempenho e conforto térmico	29
2.4. Síntese do capítulo	30
3. Método	32
3.1. Clima de Joinville/SC	32
3.2. Escolha das residências	33
3.3. Medições em campo.....	34
3.3.1. Calibração dos sensores.....	35
3.3.2. Posicionamento dos sensores.....	36
3.4. Aplicação de questionários	37
3.5. Tratamento dos dados	39
3.5.1. Tratamento dos dados de temperatura	39
3.5.2. Correlações dos dados obtidos	40
4. Resultados	43
4.1. Residências estudadas.....	43
4.1.1. Residência 1.....	43

4.1.2. Residência 2.....	44
4.1.3. Residência 3.....	46
4.2. Perfil dos entrevistados.....	47
4.3. Temperatura externa e internas.....	48
4.3.1. Residência 1.....	50
4.3.2. Residência 2.....	52
4.3.3. Residência 3.....	53
4.4. Umidade relativa do ar externa e interna.....	54
4.5. Conforto térmico	56
4.5.1. Relações entre sensação térmica e temperatura	58
4.5.2. Temperatura Neutra	60
4.5.3. Relação entre porcentagem de usuários confortáveis e temperatura	62
4.5.4. Relação entre preferência térmica e temperatura interna	63
4.5.5. Escolha da vestimenta	64
4.5.6. Uso de ajustes ambientais	66
4.5.7. Características pessoais e sensação térmica	68
5. Conclusão.....	73
5.1. Limitações do trabalho.....	75
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	75
Referências.....	76
Apêndice	81

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

Com a evolução da sociedade também aumenta a demanda por tecnologias que satisfaçam os novos interesses da população. Neste contexto, desde a Revolução Industrial, o consumo de energia elétrica cresce em todos os setores e ameaça a capacidade mundial de suprir toda essa energia. No Brasil, o aumento insuficiente da capacidade energética, somado ao aumento da população e a escassez de chuvas levaram a ocorrência da crise energética de 2001 (ROSA; LOMARDO, 2004), fato que se repetiu em 2015, após as secas presenciadas no país ameaçarem o suprimento hidrelétrico de energia (HUNT; STILPEN; FREITAS, 2018). Dessa forma, a escassez dos recursos energéticos tornou-se um problema a ser enfrentado pela sociedade. Assim, faz-se necessário o uso sustentável destes recursos.

No setor da Construção Civil, alternativas sustentáveis são propostas em contraponto às técnicas usuais de projeto e execução. A possibilidade de economia de energia no setor residencial por meio de técnicas visando maior desempenho térmico das edificações mostra-se fundamental quando analisados os dados do Balanço Nacional de Energia referente ao ano de 2016. Enquanto houve queda total do consumo de energia de 0,9%, esse setor em contraste aos demais aumentou em 1,4%, representando 9,7% do consumo total de energia do país e 25,6% do consumo total de eletricidade (EPE, 2017).

Somado ao alto consumo energético das edificações no país, o aumento da temperatura terrestre devido às mudanças climáticas gera a necessidade de redução dos efeitos do aquecimento global por meio da utilização de estratégias passivas nos futuros projetos de edificações (INVIDIATA; GHISI, 2016). As novas soluções construtivas, compostas por diferentes composições de materiais e maiores preocupações quanto às orientações das edificações, fizeram com que fosse possível a melhora do desempenho térmico com algumas mudanças na elaboração dos projetos.

Neste cenário, em 2005 foi criada a primeira Norma Brasileira referente ao desempenho térmico em edificações: a ainda vigente NBR 15220 (ABNT, 2005), que tem como objetivo diminuir o consumo de energia com condicionamento artificial e alcançar maior conforto térmico dos usuários. Esta norma estabelece valores limites para as características termofísicas dos materiais presentes na envoltória das

edificações e propõe recomendações quanto ao tamanho das aberturas e ao sombreamento. No ano de 2013 entrou em vigor a segunda norma sobre edificações residenciais, a NBR 15575 (ABNT, 2013), que complementou e alterou parâmetros presentes na norma anterior.

A partir da criação das normas, notou-se maior preocupação quanto ao desempenho e conforto térmico, quando estes assuntos tornaram-se mais presentes em pesquisas e trabalhos acadêmicos. Nos projetos de edificações, há o crescimento, ainda que discreto, com as tentativas de adequar as características do projeto ao clima da cidade em que a obra estará situada. De acordo com o Manual para Aplicação do RTQ-R, existem quatro fatores determinantes para a avaliação da eficiência energética de uma edificação: a região geográfica, a zona bioclimática, a envoltória e o sistema de aquecimento de água (PROCEL EDIFICA et al., 2012).

As características da região geográfica em que a edificação se localizará, por exemplo, a altitude, latitude e topografia, influenciam diretamente nas condições climáticas locais, como a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento (OLGYAY, 2008). Além destes fatores, a exposição solar depende fundamentalmente da orientação da fachada do cômodo estudado. Por esse motivo, cidades frias, quentes, úmidas ou secas têm entre si diferenças no método construtivo ideal e nos materiais a serem utilizados, visando maior ou menor perda de calor ao meio externo à construção (PROCEL EDIFICA et al., 2012).

Com o objetivo de adequar as construções ao clima, a NBR 15220-3: Desempenho térmico em edificações (ABNT, 2005) divide o país em oito zonas bioclimáticas, definidas segundo dados climáticos de temperatura e umidade. Cada zona bioclimática é o resultado geográfico do cruzamento de dados relativos a zonas de conforto térmico humano, dados climáticos e estratégias de projeto e construção para atingir o conforto térmico. Desse modo, existem recomendações específicas para cada uma das oito zonas bioclimáticas (PROCEL EDIFICA et al., 2012).

Um dos fatores que influenciam no desempenho térmico de uma edificação é a sua envoltória, que é composta por elementos que estão em contato com o meio externo, sendo divididos em três grupos principais: paredes, coberturas e aberturas. As paredes e coberturas podem apresentar diferentes características, que dependem dos materiais empregados na construção. De acordo com Ferreira et al. (2017), as diferentes características termofísicas relacionadas aos materiais utilizados, como a transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica, influenciam

significativamente nas características termofísicas da envoltória. Quanto às aberturas, o desempenho depende do tamanho, orientação e sombreamento.

Dessa forma, é possível notar a importância do estudo da região em que a edificação será construída, a identificação da sua zona bioclimática e a escolha dos materiais que constituirão a envoltória, garantindo assim desempenho térmico satisfatório do projeto e, principalmente, o eventual conforto térmico relacionado aos usuários.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal verificar a influência das características de diferentes edificações unifamiliares no desempenho térmico da edificação e avaliar o conforto térmico dos usuários.

1.2.2. Objetivos Específicos

Na elaboração deste trabalho visa-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Obter comparações do desempenho térmico entre edificações de diferentes características como número de pavimentos, orientação solar e entorno;
- Avaliar o conforto térmico dos usuários dessas edificações e analisar possíveis relações com o desempenho térmico das residências;
- Verificar a influência de características pessoais no conforto térmico dos usuários;
- Obter correlações entre os parâmetros estudados e as temperaturas internas das residências.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada breve introdução sobre os temas de sustentabilidade, consumo de energia no Brasil, desempenho e conforto térmico, além de apresentar o objetivo geral e listar os objetivos específicos a serem alcançados com o trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica sobre os assuntos abordados no trabalho, divididos em influência do clima nos projetos arquitetônicos, desempenho térmico e conforto térmico.

O terceiro capítulo mostra o método adotado no trabalho. São descritas as características construtivas das residências estudadas e suas respectivas localizações. Também é apresentado o questionário utilizado neste trabalho e como ele foi aplicado, além de descrever todo o método para a realização das medições de temperatura e umidade. Além disso, são especificados quais critérios foram utilizados para correlacionar as informações obtidas.

No quarto capítulo são expostos os resultados encontrados por meio das medições, os fatores termofísicos de cada uma das residências, comparados com os fatores apresentados na norma de desempenho. O conforto dos usuários das residências em determinados momentos do estudo e as correlações entre as informações obtidas também são apresentados.

O quinto capítulo apresenta a conclusão e considerações finais do trabalho, além de sugestões para futuros trabalhos e limitações encontradas durante o estudo.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica de trabalhos similares a este e demais trabalhos que sejam necessários para contextualizar os temas de desempenho e conforto térmico.

Os itens considerados são os seguintes:

- Influência das condições climáticas nos projetos arquitetônicos;
- Desempenho térmico das edificações;
- Conforto térmico do usuário;
- Normas de desempenho;
- Diretrizes construtivas.

2.1. Influência das condições climáticas nos projetos arquitetônicos

Cada região geográfica possui suas características climáticas que influenciam diretamente no conforto do usuário da edificação. Olgay (2008) define como estruturas “climaticamente equilibradas” aquelas que se aproveitam de todos os recursos naturais para o conforto humano, ou seja, trabalhando com as forças da natureza, aproveitando suas potencialidades para criar condições de vida adequadas. Neste contexto, criou-se a expressão “arquitetura bioclimática”, em que se busca utilizar os próprios elementos da edificação para alcançar condições climáticas favoráveis, com objetivo de satisfazer as exigências do conforto térmico humano.

Hoje, devido à relação entre o consumo de energia e o conforto ambiental, a arquitetura bioclimática volta a ser assunto de enfoque nos atuais projetos de arquitetura (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Para Corbella e Yannas (2003), a arquitetura bioclimática é a preocupação na integração do projeto com o clima local, gerando conforto ambiental adequado ao usuário. Nesse contexto, introduzem o conceito de arquitetura sustentável, na qual integra-se o edifício também à totalidade do meio ambiente, com o objetivo de aumentar a qualidade de vida do ser humano por meio da redução do consumo de energia, atendendo ao conforto térmico dos usuários.

Olgay (2008) dividiu o processo construtivo de uma edificação climaticamente equilibrada em quatro etapas, sendo elas:

1. Análise dos dados climáticos da região, envolvendo características anuais de temperatura, umidade relativa, radiação solar e efeitos do vento;

2. Avaliação biológica, que deve estar baseada nas sensações humanas, correlacionando os dados do ambiente encontrados na primeira etapa com cartas bioclimáticas e buscando condições de conforto térmico durante todo o ano;
3. Encontrar soluções tecnológicas que satisfaçam os requisitos estabelecidos, considerando a escolha do local, a orientação solar, o sombreamento, a forma da edificação, os movimentos de ar e o equilíbrio da temperatura interna;
4. Desenvolvimento de aplicação arquitetônica que seja produto das fases citadas anteriormente, de acordo com a importância dos diferentes elementos.

Nota-se na arquitetura bioclimática a importância da correlação entre as condições climáticas e as respostas humanas a estas condições. Dessa forma, foram estabelecidos métodos de projeto que visam aplicar o estudo de bioclimatologia às edificações de modo a satisfazer os usuários por meio do conforto térmico, conhecidos como cartas bioclimáticas. Diversos autores propuseram diferentes cartas bioclimáticas ao longo do estudo deste ramo da arquitetura, são eles: Olgyay, Givoni, Milne, Gonzalez, Szokolay, Watson, Labs e as zonas de conforto da ASHRAE 55.

O estudo de Bogo et al. (1994), que comparou estas cartas bioclimáticas, propôs a adoção da Carta Bioclimática para Edifícios de Givoni (GIVONI, 1992) para as estratégias de projeto no Brasil. Esta recomendação se deve ao fato de que esta carta apresenta as condições mais próximas à realidade brasileira, visto que, entre outros motivos, o desenvolvimento do seu trabalho foi voltado para países quentes e em desenvolvimento. Por esta razão, as Zonas Bioclimáticas brasileiras estabelecidas pela NBR 15220-3 foram adaptadas desta carta bioclimática e apresentam soluções passivas para o conforto térmico do usuário.

Gonçalves e Duarte (2006) determinam que o projeto do edifício deve incluir estudo de tópicos como orientação solar, de ventos, forma do edifício, materiais utilizados, condicionantes ambientais, entre outros, e que o conjunto de todos estes aspectos do projeto exerce impacto no desempenho térmico do edifício. Isto ocorre pois estes fatores têm papel determinante no uso de estratégias de ventilação natural, reflexão da radiação solar direta, sombreamento, resfriamento evaporativo, isolamento térmico, inércia térmica e aquecimento passivo. Porém, para haver o uso apropriado de cada uma destas estratégias ou do conjunto delas, deve-se considerar não apenas as condições climáticas, mas também as exigências do uso e ocupação e os parâmetros de desempenho.

O impacto do clima local foi avaliado por Zinzi e Carnielo (2017a), a partir de simulações de desempenho térmico com os diferentes dados climáticos registrados em cinco regiões de Roma, na Itália. Das cinco regiões, quatro eram urbanas e diferiam-se pela configuração das edificações presentes em cada, pelos tipos de rua e pela vegetação, a quinta diferia-se por ser uma região não urbana, estando a 20km do centro da cidade. Concluiu-se que o clima urbano difere do clima de fora da cidade, pois ao utilizar dados climáticos de fora da cidade, superestima-se a demanda de aquecimento na média de 22 a 37% no inverno, enquanto subestima-se a demanda de resfriamento em média de 15 a 42% no verão (ZINZI; CARNIELO, 2017b). Esta constatação é importante, pois nota-se a necessidade de implementar métodos e ferramentas para levar em conta a especificidade do clima urbano e construir conjuntos de dados precisos para prever o desempenho energético dos edifícios.

2.2. Desempenho térmico das edificações

São diversos os fatores que influenciam o desempenho térmico de uma edificação, alguns deles são o clima, o projeto arquitetônico, os sistemas construtivos utilizados, as cores empregadas na envoltória, os revestimentos e o entorno. Em residências unifamiliares, ou seja, de pequeno porte, a envoltória mostra-se determinante para as condições térmicas no interior dos ambientes (BRITO; AKUTSU, 2015).

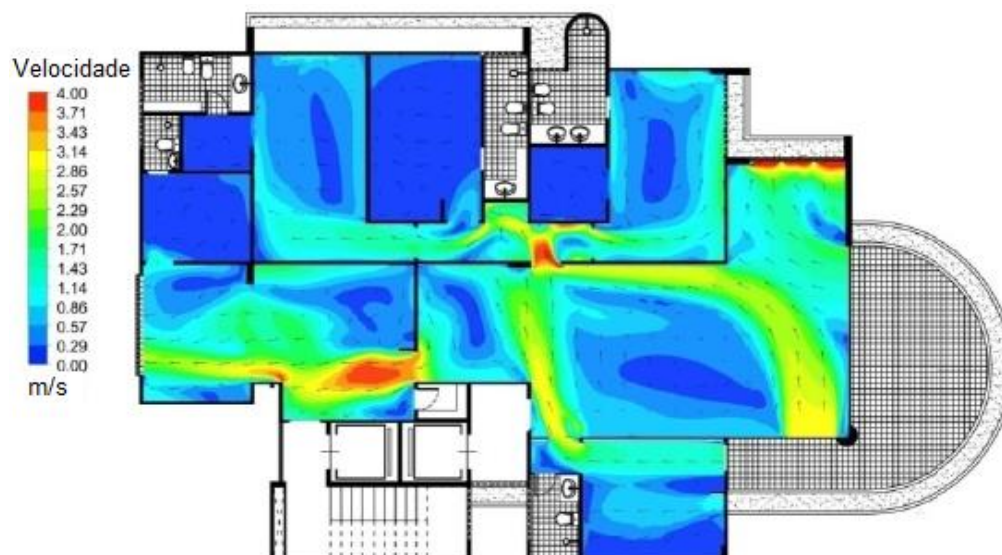
2.2.1. Influência do entorno da edificação no desempenho térmico

Além da envoltória, existem outros fatores a serem considerados no desempenho térmico das edificações. O microclima do local onde essas se encontram possui efeito que não pode ser desprezado em termos de desempenho térmico. Por sua vez, o entorno construído afeta diretamente o microclima da região em que a edificação está localizada (VASCONCELLOS; CORBELLA, 2007).

A verticalização é um dos fatores importantes no entorno da edificação, sendo mais notória em ambientes naturalmente ventilados, como é evidenciado pelo estudo de Farias et al. (2017) em Fortaleza, Brasil, por meio de simulações computacionais. A influência da verticalização de uma cidade na ventilação natural é constatada pelos autores ao comparar os fluxos de ar atuais nos apartamentos de uma edificação multifamiliar com os fluxos de ar na época da construção. O entorno construtivo da edificação que era primariamente horizontal, composto de casas, tornou-se com alta

verticalização. Após análises computacionais, concluiu-se a visível diminuição no fluxo de ar com a verticalização do entorno, como mostram as Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Fluxos de ar em um apartamento da edificação multifamiliar com entorno horizontal.



Fonte: Adaptado de Farias et al. (2017).

Figura 2 - Fluxos de ar em um apartamento da edificação multifamiliar com entorno verticalizado.



Fonte: Adaptado de Farias et al. (2017).

A influência da alteração do microclima no ambiente interno das edificações foi estudada por Castaldo et al. (2018). No estudo, realizado em Rimini, na Itália, uma edificação convencional e uma edificação classificada como *nearly zero energy building* (NZEB), ou seja, que tem oferta e demanda energética quase equivalente,

tiveram seu desempenho avaliado a partir de diferentes entornos. Além do entorno original, foram simulados mais três cenários: verde, fresco e combinado. No cenário verde, foi adicionada vegetação ao entorno. No fresco, foi aumentada a refletância solar de telhas e paredes externas e foi utilizado asfalto altamente refletivo nas estradas. O terceiro cenário foi uma combinação dos dois cenários anteriores. O estudo pôde concluir que a alternativa que gerava redução máxima no consumo de energia era o cenário combinado, na edificação NZEB a economia de energia poderia chegar a 19%.

No verão, o efeito da mudança no microclima foi avaliado como comparável a outras soluções comumente adotadas, por exemplo, o aumento do isolamento da envoltória e da refletância solar da cobertura. No inverno, a alteração do microclima foi avaliada como negligenciável, uma vez que exercia pouca influência no ganho de temperatura da edificação. Pode-se fazer uma relação entre o consumo de energia e o conforto térmico, quando o conforto não é alcançado, utilizam-se alternativas como o condicionamento artificial para alcançá-lo, gerando aumento do consumo de energia. Em um panorama geral, constatou-se a influência do microclima e do entorno da edificação no desempenho térmico desta.

Misni (2013) avaliou os efeitos da vegetação na mudança da temperatura externa de residências unifamiliares em climas tropicais quentes e úmidos. No estudo, foram analisadas duas edificações em Putrajaya, na Malásia, com projetos e características semelhantes, porém com entornos diferentes. A primeira, devido a elevada presença de vegetação (árvores, arbustos, vinhas, grama e turfas) teve seu entorno classificado como “pesado”, enquanto a segunda, em que estavam presentes apenas poucas árvores e arbustos, classificou-se como “esparso”. Mediu-se então a redução de temperatura interna devido aos efeitos de sombreamento provocado pela vegetação. Os resultados mais significativos encontrados foram a presença das árvores, localizadas de três a nove metros das paredes externas, que reduziu a temperatura interna em 4°C na residência de entorno pesado quando em comparação com o esparso. A presença de arbustos, com alturas entre um metro e um metro e meio e localizados ao lado das paredes externas, também mostrou influência na redução da temperatura interna, com redução de 3°C na residência de entorno pesado. Concluiu-se então que o uso da vegetação como artifício para a redução das temperaturas internas de residências apresenta resultados satisfatórios.

Analisando os estudos expostos nessa seção, é possível inferir-se que o entorno tem papel fundamental no microclima gerado em volta da edificação que, por

sua vez, afeta diretamente a temperatura interna do local estudado. Por esse motivo, é fundamental estudar, além das características construtivas da edificação em si, o local onde ela está inserida e sua configuração. De modo a obter-se uma edificação com maior desempenho térmico e temperaturas internas mais aceitáveis aos usuários.

2.2.2. Influência da envoltória no desempenho térmico

Uma edificação sem condicionamento artificial pode gerar conforto térmico aos usuários, tanto no inverno quanto no verão, a partir da adoção de materiais para a envoltória com adequadas propriedades termofísicas. Isto ocorre pois, durante o inverno, armazena-se radiação solar durante o dia para aquecer o cômodo à noite. Enquanto no verão armazena-se o ar fresco externo à noite para resfriar o cômodo durante o dia (ZHANG et al., 2006).

Ferreira et al. (2017) realizaram estudo com o objetivo de discutir os requisitos das normas brasileiras e, para fins de comparação, testaram diferentes conformações de envoltória, de modo a variar as propriedades termofísicas destas. Para isso, foram estabelecidos seis tipos de paredes e cinco de coberturas. As paredes poderiam ser leves, pesadas, escuras, leves e isolantes, pesadas e isolantes ou escuras e isolantes. Enquanto as coberturas poderiam ser leves, pesadas, escuras, leves e isolantes ou escuras e isolantes. Cada uma destas classificações representa diferentes características termofísicas, relacionadas aos materiais utilizados, como a transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica. A partir dos resultados obtidos, a envoltória classificava-se como dentro ou fora da norma de desempenho térmico. Como conclusão, os autores ressaltaram a influência dos materiais empregados nas características termofísicas da envoltória.

O fato dos raios solares incidirem diretamente sobre a cobertura torna o seu estudo fundamental na análise da temperatura interna dos cômodos imediatamente abaixo delas. Por essa razão, em residências com mais de um pavimento, os pavimentos superiores possuem temperaturas internas maiores quando comparados com os inferiores (INDRAGANTI, 2010).

Brito e Akutsu (2015) estudaram as situações em que a cor da superfície da cobertura e o seu sistema construtivo têm influência no desempenho térmico da edificação em residências unifamiliares. A habitação, localizada na cidade de São Paulo, foi simulada com dois sistemas construtivos caracterizados como “leve” e “pesado”, o sistema leve levava em sua composição de paredes e lajes basicamente placas cimentícias e de gesso acartonado, enquanto o pesado era composto por

paredes e lajes de 15cm de concreto convencional. Além desses dois sistemas, cada um deles foi simulado com quatro tipos de cobertura, em que a primeira era composta apenas de telhas de fibrocimento e, a cada nova alternativa, era adicionado, respectivamente: forro, isolamento com lã de rocha e, por fim, subcobertura de baixa emissividade. Em todos os casos, a edificação era simulada primeiramente com telhas de cor clara (absortância térmica de 0,2) e após com cor escura (absortância térmica de 0,9). A resposta térmica da habitação evidenciou a influência determinante do sistema construtivo no desempenho térmico.

A mudança da cor da superfície externa das telhas apresentou resultados significativos apenas em casos sem forro, isolamento ou subcobertura. À medida que são adicionados elementos construtivos, a cor vai perdendo sua influência no desempenho térmico. No caso de coberturas simples em sistemas leves, com cores claras pôde-se chegar à redução da temperatura interna de 3°C quando comparadas com cores escuras. Em sistemas pesados, a diferença é da ordem de 2,5°C. Dessa forma, conclui-se que o projetista tem liberdade de escolha da cor da superfície externa, desde que escolha um sistema construtivo com desempenho térmico adequado ao clima local.

Outros autores que estudaram a influência das coberturas no desempenho térmico de edificações foram Tabarelli et al. (2017). Simularam, em seu estudo, quatro modelos de cobertura, variando a transmitância térmica, a absortância solar das telhas de fibrocimento, o número de renovações de ar por hora e o sombreamento da janela. A edificação estudada era multifamiliar, com cinco pavimentos e quatro apartamentos por pavimento, localizada na cidade de Santa Maria/RS. Concluiu-se no estudo que apesar da variação na transmitância térmica por meio da inserção de isolantes térmicos, sua presença não proporcionou melhora efetiva no desempenho térmico. Em contraste, a absortância solar das telhas foi constatada como decisiva na influência da temperatura interna dos ambientes avaliados. Com absortâncias mais baixas favoráveis para o verão (telhas mais claras) e as mais altas para o inverno (telhas mais escuras). Além disso, foi possível concluir que para o verão, comparando o sombreamento e a ventilação, o primeiro mostrou ter menor influência na diminuição da temperatura.

Estabelecendo correlação entre a absortância solar e a transmitância térmica, notou-se que no caso de alta absortância solar das telhas, a elevação da temperatura dos ambientes é diretamente ligada a maior transmitância térmica e maior área de cobertura (TABARELLI et al., 2017) Sabendo que as maiores transmitâncias térmicas

nas composições do estudo estavam nos sistemas sem isolamento térmico, é possível corroborar as conclusões de Brito e Akutsu (2015), que a absorvância tem maior efeito em sistemas construtivos mais simples.

Além das paredes e coberturas, as janelas são componentes muito importantes da envoltória quando avaliadas em residências ventiladas naturalmente. Além da ventilação, também possuem grande influência no sombreamento da edificação. Nico-Rodrigues et al. (2015) analisaram a influência da janela no desempenho térmico de edificações multifamiliares na cidade de Vitória, Brasil. No estudo verificou-se que a escolha da solução adequada para o tipo de janela gera melhorias no conforto final do usuário. Além disso, constatou-se que as janelas na maioria das edificações estudadas não possuíam venezianas ou persianas, o que ocasionava em temperaturas internas mais elevadas. Por fim, concluíram que é necessário usar janelas que permitam o controle da ventilação e elementos que garantam a proteção do interior da edificação contra a incidência solar nos períodos mais quentes.

Baranova et al. (2017) também avaliaram a influência das janelas na temperatura interna de uma edificação em São Petersburgo, Rússia. A partir de simulações, analisaram diferentes casos: primeiramente não havia janelas abertas; no segundo caso, as janelas encontravam-se abertas apenas na parte da manhã e da tarde, com exceção do meio dia. No terceiro caso, as janelas abriam conforme a temperatura externa; outros dois casos utilizaram aparelhos mecânicos. Chegou-se a conclusão que, para situações em que não há incidência direta dos raios solares na fachada do cômodo estudado, o segundo caso é aquele que possui menor quantidade de horas com temperatura superior a 25°C. Quando comparado com o primeiro caso, em que as janelas nunca estavam abertas, houve redução de 90% da quantidade de horas com temperatura superior a 25°C no cômodo sem incidência solar direta. No cômodo com maior incidência solar, esta redução foi de 63%. A partir destes estudos é possível verificar a grande influência da janela no desempenho térmico da edificação, pois seu estudo é fundamental para a redução da temperatura interna do ambiente.

O desempenho da envoltória, correlacionado com os custos de seus diferentes tipos, foi estudado por Manioglu e Yilmaz (2006). O objetivo do estudo foi determinar envoltórias que fornecessem conforto térmico aos usuários com o menor custo de ciclo de vida. Para isso, usou-se como estudo de caso uma escola primária em Istambul, na Turquia, e por meio de simulações variaram-se os materiais presentes

na envoltória. Em seguida, avaliou-se o conforto gerado a partir da perda de calor pela envoltória, e o custo relacionado a essa troca de material. O custo do ciclo de vida leva em conta não somente os custos de investimentos iniciais, mas também os custos de substituição, reparo, manutenção, operação e custos energéticos. Por essa razão, materiais inicialmente avaliados como mais caros, quando analisados a longo prazo poderiam tornar-se viáveis e até mais baratos que os usuais. O estudo concluiu que a opção com o maior conforto térmico pode não ser a mais econômica para ser escolhida como opção final, por esse motivo os autores sugeriram combinar os materiais de forma a obter-se o modelo que seja mais economicamente e energeticamente eficiente.

2.2.3. Normas de desempenho

No Brasil, as normas que regem as exigências e recomendações quanto ao desempenho das edificações residenciais são as Normas de Desempenho NBR 15220 e NBR 15575. São diversos os estudos que avaliam a efetividade das normas e as comparam com demais manuais e normas internacionais existentes. Um dos principais ramos de estudo é a capacidade das recomendações da norma em gerar conforto térmico aos usuários das edificações. Oliveira et al. (2015) realizaram estudos para encontrar o conforto térmico promovido por edificações que satisfazem os requisitos mínimos de desempenho térmico presentes nas normas brasileiras, utilizando parâmetros de conforto que se adequam melhor às condições climáticas do país. O estudo foi realizado por meio de simulações computacionais com base na combinação da norma NBR 15.575 com a classificação RTQ-R, para todas as oito Zonas Bioclimáticas brasileiras. A edificação estudada é em concreto armado, com formato em H, quatro pavimentos e quatro apartamentos de 40m² por pavimento. Os resultados obtidos evidenciaram a ineficiência da NBR 15.575 em promover condições adequadas de conforto térmico, quando utilizadas as condições mínimas de desempenho térmico. Este fato deve-se, primeiramente, ao “dia típico” adotado pela norma para as simulações ser um dia irreal, ou seja, com chances mínimas de ocorrerem as temperaturas adotadas. Também, porque adota valores fixos de taxas de renovação do ar que podem não ocorrer em cidades brasileiras. Por fim, sugere-se que a NBR 15.575 incorpore valores referenciais de conforto térmico para o usuário da edificação também.

2.3. Conforto térmico do usuário

Fanger (1970) define o conforto térmico como “a condição da mente em que se expressa satisfação com o ambiente térmico inserido” e, para alcançar esse estado, existem diversos fatores a serem considerados. Nesse estudo, utilizou-se a abordagem de conforto adaptativo, ou seja, ao passar por uma situação de desconforto térmico, as pessoas tendem a se adaptar de modo a restaurar o seu conforto térmico (DE DEAR; BRAGER; COOPER, 1997). Dentro dessa linha de pesquisa, encontram-se trabalhos de estudos de caso, realizados por meio de questionários inseridos no dia a dia dos usuários (NICOL; HUMPHREYS, 2002). Na teoria de conforto adaptativo existem três tipos de categorias de ajustes que influenciam no conforto térmico e na adaptação do usuário, são eles: comportamentais, fisiológicos e psicológicos.

- Ajustes comportamentais: ligados às modificações conscientes ou inconscientes que o usuário faz para alcançar o conforto, por exemplo: trocar de roupa, ligar o ventilador, se exercitar, entre outros;
- Ajustes fisiológicos: ligados às mudanças nas respostas fisiológicas, por exemplo: alterações por mudanças devido à herança genética e aclimatização;
- Ajustes psicológicos: ligados às percepções de cada usuário, por exemplo: habituação devido à exposição repetitiva a um evento.

2.3.1. Conforto térmico e ajustes comportamentais

O conforto térmico pode ser afetado por alternativas para a adaptação das condições internas ao bem-estar do usuário, chamadas ajustes ambientais. Estas adaptações podem ser feitas por meio de ventiladores, aparelhos de ar-condicionado, abertura de portas e janelas, aquecedores, entre outros. O principal fator de influência para o uso de ventiladores e aparelhos de ar-condicionado é o aumento da temperatura, ou seja, a partir do seu aumento, há um crescimento do uso destas alternativas (INDRAGANTI, 2010).

Indraganti (2010) estudou a influência do uso de alternativas ambientais no conforto térmico dos usuários de cinco edificações multifamiliares no verão de Hyderabad, na Índia. A partir da medição das temperaturas interna e externa e da aplicação de questionários, cruzou-se os dados obtidos e foi verificada a relação entre o uso destes aparelhos e o conforto térmico dos usuários. Quanto ao uso de aparelhos de ar-condicionado, notou-se a variação de 1 a 10% das residências dependendo da

temperatura externa, em sua maioria por famílias de classe econômica alta. O uso de ventiladores de teto foi a alternativa mais presente, alcançando a máxima de 84% de uso nas residências quando a temperatura externa era maior que 35°C. Nas residências com cobertura exposta às radiações solares, quando a temperatura externa era muito alta, o uso de ventiladores diminuía o conforto térmico dos usuários.

Em estudo similar e de método semelhante, Raja et al. (2001) analisaram os mesmos ajustes ambientais nas cidades de Oxford e Aberdeen, ambas no Reino Unido. Obtiveram como resultado fraca correlação do parâmetro de portas abertas ou fechadas com a temperatura externa e interna, evidenciando pequena influência na sensação térmica. As portas estavam abertas em 60% a 75% das respostas dos questionários, porém seu uso era influenciado por fatores diferentes do conforto térmico. Em contraposição, as janelas se mostraram o ajuste com maior influência na temperatura interna. Assim como nos demais estudos, notou-se o aumento da proporção de janelas abertas com o aumento da temperatura interna. A temperatura externa também influenciava o uso de janelas, em temperaturas externas menores que 15°C, o número de janelas abertas caía consideravelmente. Com a abertura de portas e janelas, constatou-se redução na temperatura em até 1,5°C. Quanto ao uso de ventiladores, notou-se o uso por 50% dos usuários em temperaturas internas maiores que 20°C. Os autores consideraram o uso desse ajuste importante pois a modificação do ambiente interno se dava por meio do aumento do movimento de ar, promovendo menor sensação térmica. Por fim, concluiu-se que usuários que têm maior acesso a esses ajustes possuem menor desconforto térmico por terem maiores possibilidades de alterar o ambiente interno.

Kim et al. (2017) estudaram os padrões do uso de ajustes comportamentais e a sua relação com a temperatura externa. O estudo foi feito a partir da medição da temperatura interna e externa de 42 residências unifamiliares em Sydney, na Austrália, e da aplicação de questionários semanais durante dois anos. As respostas dos questionários e dos dados de temperatura interna foram então cruzados com o objetivo de obter-se correlações entre eles. O questionário, formado por cinco perguntas, trazia perguntas sobre sensação térmica, ajustes ambientais e descrição de roupas usadas na hora da resposta.

A importância deste estudo com relação à análise da influência da vestimenta se deu pelo fato do questionário ser aplicado em edificações residenciais, de forma que os usuários possuíam mais flexibilidade de escolha se comparado com outros locais como edifícios comerciais. As opções presentes no questionário variavam entre

roupas “muito leves” (0,2 clo) e “pesadas” (1,0 clo). Com os dados coletados, foi possível analisar a influência do isolamento térmico pela vestimenta no conforto térmico do usuário. Entre a faixa de 19°C e 26°C, notou-se a redução de 0,1 clo a cada aumento de 1,8°C na temperatura, com isolamento variando entre 0,8 clo a 0,4 clo. Acima desta faixa de temperatura, não houve grandes variações de roupas, sugerindo a pouca efetividade em ajustes de vestimenta para temperaturas acima de 26°C nas edificações de Sydney (KIM et al., 2017).

Nesse estudo, também foi analisada a utilização de ajustes ambientais para alcançar o conforto térmico. Notou-se que a alternativa para adaptação térmica mais escolhida pelos usuários foi o controle de portas e janelas, chegando a um pico de 68% de uso quando a temperatura externa era de 25°C. Nesse ponto de pico, há a mudança do uso do aparelho aquecedor para o de ar-condicionado. Além disso, espera-se que 50% dos moradores estejam com suas portas e janelas abertas quando a temperatura está na faixa de 20 a 32°C. Os ventiladores foram a alternativa menos utilizada nesse estudo (KIM et al., 2017).

Ao comparar os estudos realizados, pode-se concluir que as janelas são o ajuste mais utilizado, como evidenciado pelos estudos de Kim et al. (2017) e Raja et al. (2001). Houve algumas inconsistências entre os resultados, como o baixo uso de ventiladores no estudo de Kim et al. (2017) e o alto uso no estudo de Indraganti (2010). Esses resultados contraditórios podem dever-se às localidades onde o estudo se passou, com climas, culturas, economias e disparidades sociais diferentes. Nessa seção foi possível notar como os ajustes comportamentais são de grande importância para a obtenção do conforto térmico.

2.3.2. Conforto térmico e ajustes fisiológicos

Os ajustes fisiológicos dizem respeito às adaptações do ser humano com o tempo ou genética, além de diferenças devidas ao gênero do usuário. Indraganti e Rao (2010) estudaram os efeitos da idade, gênero, grupo econômico e ser proprietário ou não do imóvel na sensação térmica dos usuários. O estudo foi feito a partir de medições *in loco* de temperatura e umidade, além da passagem de questionários para 113 usuários em cinco edificações multifamiliares em Hyderabad, na Índia. Em questão de idade, os entrevistados foram separados em dois grupos: abaixo de 40 anos e acima de 40 anos. Além disso, dividiu-se entre homens e mulheres, proprietários e inquilinos. Para o grupo econômico, subdividiu-se em três grupos: Grupo 1 (alta classe econômica), Grupo 2 (média classe econômica) e Grupo 3 (baixa

classe econômica). O questionário trazia perguntas como aceitabilidade térmica, conforto térmico e classificação da sensação térmica em sete níveis, variando de muito quente a muito frio. Com os resultados dos questionários, foi possível cruzar os dados com as características dos entrevistados. Quanto à idade, constatou-se pequena correlação entre esses fatores, porém algumas conclusões foram: a sensação térmica de pessoas mais velhas era mais baixa do que das mais novas, devido ao metabolismo mais baixo das primeiras. A maioria das pessoas mais novas prefeririam que o ambiente estivesse mais resfriado, enquanto as mais velhas preferiam que o ambiente continuasse do jeito que estava. O gênero também se mostrou pouco relacionado aos resultados de conforto térmico, porém, notou-se que mulheres possuíam maior sensação térmica e preferência de ambientes mais quentes, além de terem maior aceitação térmica. Os demais fatores estudados serão abordados na seção 2.3.3.

Fatores fisiológicos relacionados ao gênero também foram estudados por Chaudhuri et al. (2018) em Singapura. O objetivo do trabalho era, a partir de experimentos laboratoriais, investigando as respostas do corpo humano e com a passagem de questionários, prever o conforto térmico humano por informações de parâmetros fisiológicos. Como resultados, notou-se primeiramente que mulheres possuíam maiores satisfações de conforto, umidade e também possuíam maior adaptabilidade. Homens eram mais sensíveis, entretanto mais tolerantes a mudanças térmicas. Por fim, concluiu-se que, devido a diferenças morfológicas, homens e mulheres se diferenciavam significativamente quanto a respostas termorregulatórias a temperaturas semelhantes, confirmando os resultados de Indraganti e Rao (2010).

2.3.3. Conforto térmico e ajustes psicológicos

O conforto térmico do usuário depende de diversas variáveis, fatores psicológicos fazem com que pessoas submetidas às mesmas condições térmicas tenham percepções diferentes. Por exemplo, moradores de edificações com melhor desempenho térmico podem ter requisitos de conforto mais altos do que aqueles que moram em edificações com baixo desempenho térmico (LIU; KOJIMA, 2017).

Indraganti (2010) constatou esse mecanismo de adaptação em dois momentos no seu estudo na Índia. Primeiramente, ao avaliar o uso de aparelhos de ar-condicionado notou que famílias de alta classe econômica não utilizavam os aparelhos apenas no verão, seu uso se estendia até o início do inverno. Por essa alta

exposição ao ar-condicionado e suas baixas temperaturas, estes usuários mostraram menor aceitação para altas temperaturas quando comparados aos demais entrevistados. Com relação a fatores socioculturais, mulheres possuíam maior aceitação térmica que homens, o que foi denominado como “empatia térmica” pela autora. Segundo ela, este termo representa a relação entre a mulher e o ambiente de sua casa, pois sua estadia prolongada na residência as conferia maior controle do ambiente interno da residência. Dessa forma, possuem melhor adaptação às temperaturas presenciadas.

Na mesma linha de estudo, Yu et al. (2017) analisaram o conforto térmico da população do Planalto do Tibete, na China. A partir da medição das temperaturas externas e internas e da aplicação de questionários foi possível avaliar a relação da temperatura interna das residências estudadas com a percepção térmica do usuário. Neste estudo mostrou-se evidente a influência dos fatores culturais no conforto térmico do usuário. Mesmo no verão, a população tibetana utilizava roupas com grande isolamento (as vestimentas tradicionais tibetanas chamadas “Chubas”) variando de 0,43 clo a 1,71 clo térmico. Este fato também foi notado pelo estudo de Kim et al. (2017), onde constatou-se que o limite inferior de isolamento foi de 0,4 clo. Os autores atribuíram este resultado aos fatores culturais e normas sociais possuírem maior influência na escolha da roupa do que a sensação térmica.

Correlações entre conforto térmico e consumo de energia foi estabelecida pelo estudo de Liu e Kojima (2017). Estes analisaram três tipos diferentes de edificação: uma residência unifamiliar, uma residência multifamiliar popular e uma residência multifamiliar com moradores de maior classe econômica. As residências unifamiliar e multifamiliar de classe alta estavam localizadas em Changzhou, enquanto a terceira localizava-se em Shanghai, todas na China. A partir da aplicação de questionários e do monitoramento da temperatura, os autores chegaram à conclusão que, desconsiderando a envoltória, o uso de energia e o requisito de conforto térmico são proporcionais. Por exemplo, a edificação multifamiliar popular possuía o menor consumo energético, por razões econômicas, e também possuía o menor requisito de conforto térmico. Por possuírem baixas condições financeiras, o uso de aparelhos consumidores de energia era menor e seus usuários passaram a suportar condições mais críticas de frio que nas demais edificações. Confirmando a conclusão, a edificação multifamiliar de classe alta possuía o maior consumo de energia e também o maior requisito de conforto térmico.

Esta constatação pode ser confirmada pelo estudo de Indraganti e Rao (2010), onde o fator com maior efeito no conforto térmico foi a classe econômica. A classe econômica alta mostrou-se a mais desconfortável termicamente e com menor aceitação térmica, enquanto a classe econômica baixa apresentou sua temperatura de neutralidade térmica mais alta (30,2°C) e sua faixa de conforto térmico com temperaturas mais altas, como mostra a Tabela 1. Proprietários dos imóveis tiveram maior aceitação da temperatura do que inquilinos; os autores explicaram este resultado com base em estudos que proprietários investem mais em aparelhos e alternativas para obter maior conforto térmico, como pinturas refletivas, aparelhos de ar-condicionado e ventiladores de teto. Por fim, concluiu-se que os fatores estudados possuíam, mesmo que pouco, efeito no conforto térmico.

Tabela 1 - Relação entre temperatura de neutralidade térmica e zona de conforto com o grupo econômico.

Classe Econômica	Temperatura de neutralidade térmica (°C)	Zona de Conforto - Limite Inferior (°C)	Zona de Conforto - Limite Superior (°C)
Classe Alta	28,4	25,0	31,7
Classe Média	29,2	26,2	32,3
Classe Baixa	30,2	27,3	33,1

Fonte: Adaptado de Indraganti e Rao (2010).

2.3.4. Relações entre desempenho e conforto térmico

O parâmetro mais importante, referente ao projeto da edificação, para alcançar o conforto térmico do usuário em edifícios naturalmente ventilados é a envoltória escolhida para a construção (MIRRAHIMI, 2016). Como visto na seção 2.2.1, a envoltória também é determinante para um bom desempenho térmico da edificação. A influência da envoltória também foi estudada por Loura et al. (2015). Todavia, além da correlação com o desempenho térmico da edificação, avaliou-se o conforto térmico obtido pelos usuários. No estudo foram simuladas combinações de nove composições de vedação, seis de cobertura, além de dois diferentes tamanhos de aberturas, totalizando 108 situações. Além disso, foram simuladas cada uma das situações nas oito orientações principais (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste). Primeiramente, concluiu-se que a orientação sudeste possuía o melhor desempenho, enquanto a norte possuía o pior. Condições favoráveis de orientação em relação aos ventos dominantes contribuíram significativamente nas

condições de conforto térmico. O menor percentual de horas de conforto, determinado por simulações, foi de 50,9%, na orientação Nordeste, com aberturas médias, sem sombreamento, alvenaria de bloco de concreto celular e cobertura de Ecotelhado. Com relação ao tamanho das aberturas, constatou-se que as aberturas grandes possibilitaram maior conforto térmico em 85,7% das simulações, este fato deve-se à melhora das condições internas devido à renovação do ar. Por fim, concluiu-se que para esse estudo, as características dos materiais da envoltória não tiveram grande influência na variação do conforto térmico dos usuários.

Outro estudo a correlacionar parâmetros do desempenho da edificação e o conforto do usuário foi o de Pereira e Ghisi (2011). A influência da envoltória no desempenho térmico da edificação, quando analisadas paredes e coberturas, depende fundamentalmente das propriedades termofísicas dos materiais empregados nessas. Por esse motivo, os autores analisaram, por meio de simulações térmicas, a relação entre essas propriedades e as horas de desconforto térmico dos ocupantes em residências em Florianópolis/SC. A partir de sete composições diferentes de paredes e cinco de coberturas, simularam situações ocupadas e ventiladas naturalmente e também não ocupadas e não ventiladas. Ao todo, somaram-se 26 simulações das quais foram correlacionadas as horas de desconforto dos usuários e as propriedades de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico. Como resultado, obteve-se correlação fraca entre o desconforto térmico e a transmitância térmica. Por outro lado, a capacidade térmica mostrou-se como a propriedade termofísica mais influenciadora do conforto térmico, obtendo o maior coeficiente de determinação (R^2 igual a 0,813). Pôde-se concluir que, de modo geral, a ocupação e a ventilação natural aumentaram as horas de desconforto. Esses dois fatores influenciaram principalmente o atraso térmico, que com ventilação e ocupação possuía forte correlação com o desconforto, enquanto sem essas possuía fraca correlação. Por fim, constatou-se a influência das propriedades termofísicas da envoltória tanto para o desempenho térmico da edificação, quanto para o conforto térmico do usuário.

2.4. Síntese do capítulo

Este capítulo apresentou diversos estudos envolvendo desempenho e conforto térmico e foi possível notar semelhanças entre os resultados desses. Primeiramente ao comparar os trabalhos sobre desempenho térmico, nota-se a influência dos diversos fatores construtivos e localização no desempenho da

residência. O estudo dos componentes da envoltória como paredes, cobertura e aberturas mostrou-se de grande importância para a obtenção de temperaturas internas menos influenciáveis pelo ambiente externo. Quanto ao conforto térmico, os resultados reforçaram a diferença entre o conforto sentido em condições térmicas similares por diferentes usuários devido a fatores como vestimenta, idade, gênero, exposições anteriores, entre outros. Além disso, foi possível notar padrões na utilização de aparelhos como ventiladores, lareiras, aquecedores e aparelhos de ar-condicionado, com seu uso aumentado ou diminuindo conforme a temperatura interna do ambiente. Por fim, foram apresentados estudos corroborando a correlação entre o desempenho térmico da residência e o conforto térmico do usuário.

As informações contidas neste capítulo são importantes para a confirmação e, principalmente, comparação com os dados obtidos nesse estudo. Dessa forma, servem de base para a análise a ser realizada nos próximos capítulos.

3. Método

Este capítulo tem como objetivo descrever o método utilizado neste trabalho. A participação no estudo foi voluntária e este foi feito a partir de medições *in loco* da temperatura e umidade interna das residências e da aplicação de questionários sobre conforto térmico dos ocupantes. As medições foram realizadas na cidade de Joinville, Santa Catarina, durante cinco meses, de junho até a primeira semana outubro, predominando o clima frio durante as medições. O método desse estudo divide-se em:

- Análise do clima de Joinville/SC;
- Escolha das residências;
- Medições em campo;
- Aplicação de questionários;
- Tratamento dos dados.

3.1. Clima de Joinville/SC

A cidade de Joinville encontra-se no Sul do Brasil e é a maior cidade de Santa Catarina, com 1.124,46 km² e localizando-se na região nordeste do Estado, em latitude sul 26°18'05" e longitude oeste 48°50'38". O clima da cidade é do tipo úmido a superúmido, com umidade relativa média anual do ar de 76,04%. Devido ao seu relevo, apresenta três subclasses de microclima diferentes. As direções predominantes dos ventos são as direções leste (26,5%) e nordeste (16,4%) (IPPUJ, 2017). A Tabela 2 mostra as médias mensais de temperatura e precipitação para o ano de 2016.

Tabela 2 - Dados hidrometeorológicos mensais de Joinville/SC no ano de 2016

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)
	Mínima	Média	Máxima	
Janeiro	21,00	26,0	31,0	167,0
Fevereiro	21,00	25,5	30,1	250,0
Março	20,5	24,9	29,2	284,0
Abril	18,2	22,1	26,1	133,0
Maio	16,0	19,9	23,9	184,0
Junho	14,1	18,2	22,3	119,0
Julho	13,0	17,5	22,0	110,0
Agosto	13,4	17,7	22,0	248,0
Setembro	15,1	18,8	22,5	105,0
Outubro	16,7	21,9	25,6	186,0
Novembro	18,5	23,3	27,9	72,0
Dezembro	20,0	25,0	26,0	180,0
Média	17,3	21,7	23,6	169,8

Fonte: Adaptado de IPPUJ, 2017.

A partir dos dados apresentados na Tabela 2, é possível concluir que a cidade possui, na maior parte do ano, temperaturas amenas, porém com diferenças claras entre estações quentes, amenas e frias. Outra característica marcante da cidade é a grande ocorrência de chuvas, evidenciada na Tabela 2 por meio das altas precipitações.

3.2. Escolha das residências

A escolha das residências foi feita de forma a obter-se locais que possuíssem temperaturas externas semelhantes, por meio da proximidade entre eles. Dessa forma, foram escolhidas três casas no bairro Costa e Silva, localizado na região oeste da cidade. Duas das casas encontram-se no mesmo condomínio, distanciando-se 80 metros entre si. A terceira casa está a 660 metros da casa mais distante, como mostra a Figura 3. As distâncias foram obtidas por meio do *software* Google Earth.

Figura 3 - Proximidade entre as residências escolhidas



Fonte: Adaptado de Google Earth (acesso em agosto de 2018).

Quanto às orientações dos ambientes monitorados, utilizou-se o aplicativo “bússola” do *smartphone* com sistema operacional iOS para identificá-las. Como o aplicativo já possuía a opção de “Norte verdadeiro” não foi necessário o uso de *softwares* adicionais para a obtenção das orientações.

3.3. Medições em campo

Para obter as temperaturas internas das residências, foram utilizados sensores *data logger* distribuídos nos ambientes de permanência prolongada de cada uma das residências. Pela NBR 15575 (ABNT, 2013), ambientes de permanência prolongada são definidos como salas e quartos. Neste estudo, foi questionado aos moradores quais eram os cômodos mais frequentemente ocupados. Dessa forma, todos os quartos foram considerados como ambientes de permanência prolongada. Dependendo da resposta dos moradores, a sala ou a cozinha também foi considerada como ambiente de permanência prolongada. Os equipamentos utilizados foram do tipo Hobo *data logger* H8, da Onset Computer Corporation, conforme mostra a Figura 4, que medem temperatura e umidade relativa do ar. Todos os equipamentos foram emprestados pelo Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) da UFSC.

No total foram alocados onze sensores. Na Residência 1, foram alocados um em cada quarto, um na cozinha e um na sala de estar conjugada, totalizando quatro

sensores. O terceiro quarto não foi contemplado com nenhum sensor, pois não possui ocupante permanente. Na Residência 2, alocou-se um sensor na cozinha e um em cada quarto, sendo três sensores no total. Com três quartos, a Residência 3 foi contemplada com quatro sensores, um em cada quarto e um na sala de estar. As medições foram feitas do dia primeiro de junho até o dia sete de outubro, em intervalos de 30 minutos. Optou-se por continuar as medições durante a primeira semana do mês de outubro devido às temperaturas mais altas registradas no início desse mês. Totalizaram-se 67.782 medições em todos os cômodos.

Figura 4 - Sensor Hobo *data logger* utilizado no trabalho



3.3.1. Calibração dos sensores

Embora expostos às mesmas condições de temperatura, cada sensor pode registrar valores diferentes devido à sua sensibilidade. Para padronizar os dados obtidos, realizou-se a calibração dos sensores.

A calibração foi feita em um período de duas horas, onde os onze sensores foram programados por meio do programa *BoxCar Pro 4.3 – Onset*, com intervalos de 5 minutos. Na primeira hora, os equipamentos já programados foram colocados no interior de uma sala com janelas e portas fechadas e ar-condicionado programado na temperatura de 20°C, além do ventilador ligado. Na segunda hora, abriram-se as janelas e as portas e desligou-se o ventilador e ar-condicionado. Na mesma sala, colocaram-se dois sensores de referência, um para umidade relativa do ar e um para temperatura, cedidos pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas (LMPT) da UFSC. Para a temperatura, o sensor utilizado foi o do tipo *termoresistor*, faixa de medição de 0 a 90°C, resolução de 0,1°C, incerteza de 0,2°C, com intervalo de confiança de 95%. Para a umidade relativa, o sensor utilizado foi o do tipo capacitivo, marca Honeywell e faixa de medição de 5 a 98%, com incerteza de 3%.

Na Figura 5, é possível observar os onze sensores e os sensores de referência alocados na sala para a realização da calibração.

Figura 5 - Sensores utilizados e sensor de referência durante a calibração



Concluída a extração dos dados, por meio do *software* Excel, geraram-se curvas de calibração de cada sensor e obtiveram-se polinômios de correção de modo a correlacionar cada sensor com o sensor de referência. Com a obtenção desses polinômios, utilizou-se a temperatura ou umidade relativa obtida pelo sensor como o valor da incógnita x e resultava em um valor y que deveria ser somado ou diminuído do valor inicial. Este mesmo esquema de calibração foi utilizado em outros trabalhos como o de Barbosa, Lamberts e Guths (2008).

3.3.2. Posicionamento dos sensores

Os sensores foram fixados em móveis dos ambientes, com pedaços de velcro, de forma a não estarem diretamente encostados nos móveis, conforme a Figura 6. Todos os sensores foram colocados ou no centro do ambiente, ou a pelo menos um metro de distância de cada uma das paredes externas desse. Os sensores foram posicionados a uma altura de 0,6 metros acima do nível do piso, conforme recomendações da ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2010) para ocupantes sentados.

Este mesmo posicionamento foi utilizado em outros estudos de conforto térmico, como no de Kim et al. (2017).

As temperaturas e umidades relativas do ar externo foram obtidas a partir do requerimento de dados ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM).

Figura 6 - Posicionamento do sensor HOBO



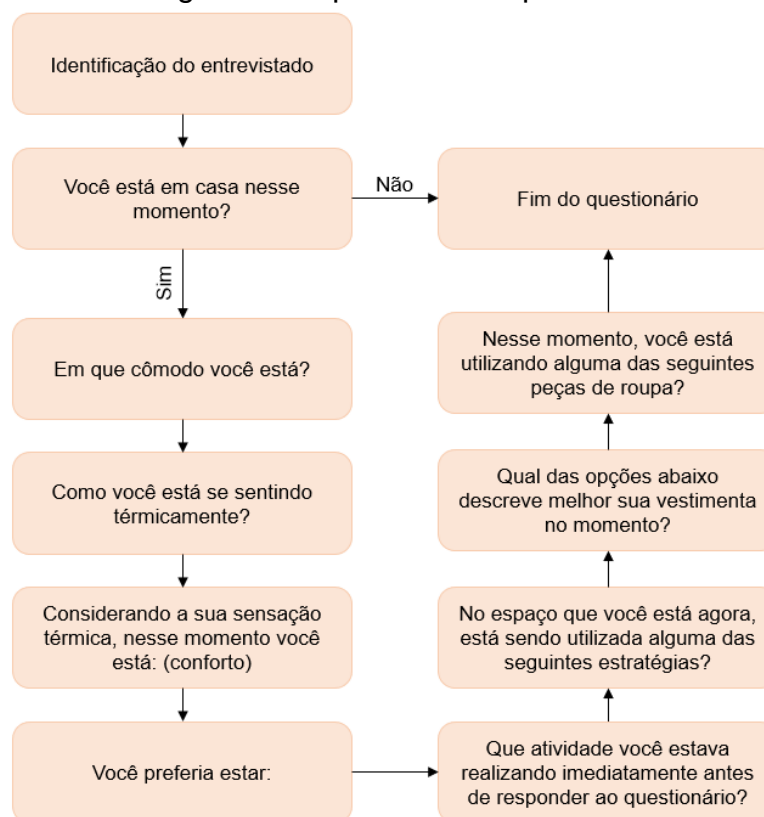
3.4. Aplicação de questionários

Foram adotados dois tipos de questionário para realizar o estudo. O primeiro questionário foi aplicado apenas uma vez, de forma a conhecer os usuários. Esse continha perguntas demográficas e pessoais como idade, altura, peso e nível de escolaridade, além de perguntas sobre hábitos para a obtenção de conforto e práticas usuais, como é possível observar no Apêndice A. A partir das respostas de peso e altura, calculou-se o Índice de Massa Corpórea (IMC), sendo o peso em kg dividido pelo quadrado da altura em metros.

O segundo questionário foi referente à percepção térmica no momento da resposta do questionário. Uma vez por semana era enviado aos entrevistados o questionário via celular, em dias e horários diferentes, porém com predominância do período noturno devido à disponibilidade dos entrevistados, durante todo o período de

medição dos sensores. O questionário foi elaborado na plataforma *Google Forms*, da GOOGLE, e de forma a ser um questionário rápido de ser respondido, com duração aproximada de dois minutos. Nesse questionário, as perguntas eram sobre a sensação, preferência e conforto térmico dos usuários. O questionário iniciava-se com um campo de identificação do entrevistado e com o questionamento se esse encontrava-se ou não em casa. Se a resposta fosse “não”, o questionário era finalizado. Por esse motivo, ao enviar o questionário semanalmente, era sugerido que ele fosse respondido em momentos que o usuário estivesse em casa. Depois, o usuário deveria informar a sua localização na casa (cômodo), em seguida era feita a pergunta sobre sensação térmica, onde sete possíveis respostas variavam entre os extremos de “com muito frio” e “com muito calor”, conforme a escala de 7 pontos de sensação térmica da ASHRAE 55. A quarta pergunta era sobre conforto térmico, onde o usuário poderia estar “confortável”, “ligeiramente confortável”, “ligeiramente desconfortável” ou “desconfortável”. Logo após, questionava-se se o usuário preferia estar “mais aquecido”, “mais resfriado” ou “assim mesmo”. Em seguida eram feitas perguntas sobre as estratégias que estavam sendo utilizadas no cômodo, como aparelhos de ar-condicionado, ventiladores, entre outros; além da pergunta sobre o tipo de roupa utilizada no momento da resposta e sobre o uso de alguma peça de roupa extra como luvas e cachecóis. A Figura 7 mostra o fluxograma do questionário. O segundo questionário encontra-se no Apêndice B.

Figura 7 - Fluxograma do questionário aplicado semanalmente



3.5. Tratamento dos dados

Para a interpretação dos resultados obtidos, realizaram-se análises dos dados coletados por meio de planilhas eletrônicas e gráficos no *software* Microsoft Excel.

3.5.1. Tratamento dos dados de temperatura

Os resultados de temperatura interna obtidos foram agrupados em planilhas eletrônicas, de acordo com seu respectivo ambiente, residência e mês de coleta. Para as análises, utilizaram-se os dados de temperatura mínima diária, temperatura máxima diária e temperatura média diária para cada ambiente. Essas temperaturas foram então corrigidas por meio da equação obtida após a calibração dos sensores.

A temperatura mínima diária foi obtida por meio da identificação do menor valor de temperatura registrada pelos sensores para cada ambiente em cada dia. Dessa forma, obtiveram-se 128 dados de temperatura mínima diária para cada ambiente. Depois, realizou-se a média aritmética da temperatura mínima diária, obtendo-se uma temperatura mínima mensal. O mesmo procedimento foi realizado para a temperatura máxima. Para a obtenção da temperatura média diária, realizou-se uma média aritmética das temperaturas registradas em cada dia, posteriormente, realizou-se a média mensal para cada ambiente. Da mesma forma, calculou-se a média mensal para cada residência. Estes dados foram utilizados nas correlações que serão

expostas na próxima seção. Os dados de temperatura mínima, média e máxima mensais foram agrupados em uma tabela para fins de comparação. O mesmo foi realizado com os dados de temperatura externa, que foram disponibilizados a cada uma hora.

3.5.2. Correlações dos dados obtidos

Inicialmente, foi analisada a influência das propriedades construtivas de cada uma das residências, além de fatores como orientação solar e entorno, no desempenho térmico destas. Para isso, utilizaram-se os dados obtidos de temperaturas médias interna e temperaturas externas diárias. A diferença entre esses dados foi analisada e comparada com as características dos ambientes e das residências, de forma a constatar quais fatores foram mais influentes nas divergências entre as temperaturas internas e externas. Além disso, identificou-se qual seria a residência “mais fria”, ou seja, com média de temperaturas internas mais baixas e observou-se alguns fatores considerados como causas dessa constatação. O mesmo foi realizado para os dados de umidade relativa.

Para a análise da variação das temperaturas internas de cada ambiente monitorado nas diferentes residências, além da análise de todo o período, escolheu-se aleatoriamente um dia para gerar os gráficos de temperatura horárias durante 24 horas. Dessa forma, tornou-se mais visível o comportamento de cada um dos ambientes e permitiu a relação desses dados e dos possíveis fatores dessas variações. Como o foco do trabalho era a temperatura, não foram gerados estes tipos de gráfico para a umidade.

Os dados obtidos por meio dos questionários semanais foram correlacionados com os dados de temperatura e umidade registrados no momento da resposta no cômodo em que foi respondido o questionário. A partir dessa correlação, pôde-se verificar a influência da temperatura e umidade no conforto térmico dos usuários. Para isso, foram elaborados gráficos para facilitar a análise da relação entre os dados. Devido ao número de respostas, foi necessário agrupá-las por temperatura e realizar uma média aritmética entre os dados que correspondiam a esta temperatura, de modo que a cada 1°C existisse apenas um valor correspondente da outra variável. Padronizou-se o intervalo a cada 1°C devido ao melhor comportamento dos dados neste intervalo. Esse procedimento foi utilizado para realizar os seguintes gráficos:

- Temperatura interna e sensação térmica;
- Temperatura interna e conforto térmico;

- Temperatura interna e escolha da vestimenta.

Para a realização do gráfico de conforto, dividiu-se as respostas “Desconfortável”, “Ligeiramente desconfortável”, “Ligeiramente confortável” e “Confortável” em faixas de porcentagem de conforto, 0-25%, 25-50%, 50-75% e 75-100%. De modo a obter-se a porcentagem de usuários confortáveis. Depois, realizou-se a média das porcentagens para cada faixa de temperatura de modo a obter-se apenas um valor de porcentagem de usuários confortáveis por temperatura.

O agrupamento de dados também foi necessário nos demais gráficos em que envolviam mais de uma resposta para um só valor correspondente. Dessa forma, para os gráficos de sensação térmica, agruparam-se os dados da outra variável, por meio de média aritmética. Os seguintes gráficos foram gerados a partir desse procedimento:

- Sensação térmica e vestimenta;
- Sensação térmica e IMC.

Quanto ao isolamento térmico devido às vestimentas, estas mesmas comparações foram realizadas em outros estudos de conforto adaptativo, como o de Song et al. (2018) e Kim et al. (2016). Adotou-se para fins de estudo os valores de isolamento térmico para cada tipo de roupa iguais aos do estudo de Kim et al. (2016). Para roupas muito leves, considerou-se o isolamento de 0,2 clo; para roupas leves, 0,4 clo; para roupas casuais, 0,6 clo; por fim, para roupas pesadas adotou-se 1,0 clo. Utilizou-se do agrupamento de dados para a análise destas variáveis, da mesma forma que explicado anteriormente.

Utilizou-se o questionário de conhecimento para correlacionar os dados pessoais e demográficos de cada um dos entrevistados e os dados de conforto e sensação térmica. Dessa forma, pôde-se analisar influências geradas por características pessoais no conforto térmico. As correlações geradas estão expostas abaixo:

- Sensação térmica e idade;
- Sensação térmica e gênero;
- Sensação térmica e IMC.

Por fim, analisou-se a temperatura neutra, com base na temperatura do ar. Para isso, foram realizadas duas abordagens:

- Filtraram-se os dados em que a resposta de sensação térmica era “neutra” e calculou-se a média aritmética, obtendo-se uma temperatura neutra para o estudo.
- Utilizou-se o método de Griffiths para o cálculo da temperatura neutra para cada resposta ao questionário semanal e por fim foi realizada a média aritmética dos valores encontrados para obter-se a temperatura neutra do estudo.

O método de Griffiths é utilizado em diversos estudos relacionados ao conforto térmico e consiste na obtenção da temperatura neutra para cada resposta de sensação térmica de acordo com a Equação 1.

$$T_{neutra} = T_{oper} - TSV/G \quad (1)$$

Onde:

T_{neutra} é a temperatura neutra (°C);

T_{oper} é a temperatura operativa no ambiente em que a resposta foi registrada (°C), neste trabalho, foi adotada a temperatura do ar;

TSV é o voto de sensação térmica e G é a constante de Griffiths (°C⁻¹), adotada como 0,5 neste trabalho de acordo com outros estudos semelhantes, como o de Rupp (2018).

Por fim, compararam-se as respostas do questionário em que a sensação era “neutra” com as respostas de preferência térmica e conforto térmico, de modo a analisar se a temperatura neutra é considerada agradável por todos os usuários.

4. Resultados

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio de análises e correlações dos dados gerados. Da mesma forma, são expostas as características de cada uma das residências monitoradas, de modo a obterem-se comparações entre os diferentes modelos construtivos. Conforme mostrado no capítulo anterior, obtiveram-se dados de temperatura interna e externa dos ambientes estudados, além do registro das respostas referentes ao conforto sentido nesses ambientes.

4.1. Residências estudadas

4.1.1. Residência 1

A primeira residência possui quatro pavimentos, com três quartos e uma área total de 330m². Esta residência é ocupada por quatro moradores. Seu entorno possui dois prédios, um terreno baldio e uma casa. A residência localiza-se a dez metros de altura do nível da rua. Sua fachada principal está orientada a oeste. Suas paredes foram executadas com tijolo cerâmico de 6 furos, revestidas com argamassa e pintadas da cor amarela. Sua cobertura é composta por telha cerâmica cinza, manta térmica e laje. Suas esquadrias são de madeira, com veneziana e vidro simples. A Figura 8 mostra a fachada oeste da residência, enquanto a Figura 9 mostra sua planta baixa, com indicação do posicionamento dos sensores dentro nos ambientes estudados.

Figura 8 - Fachada oeste da residência 1

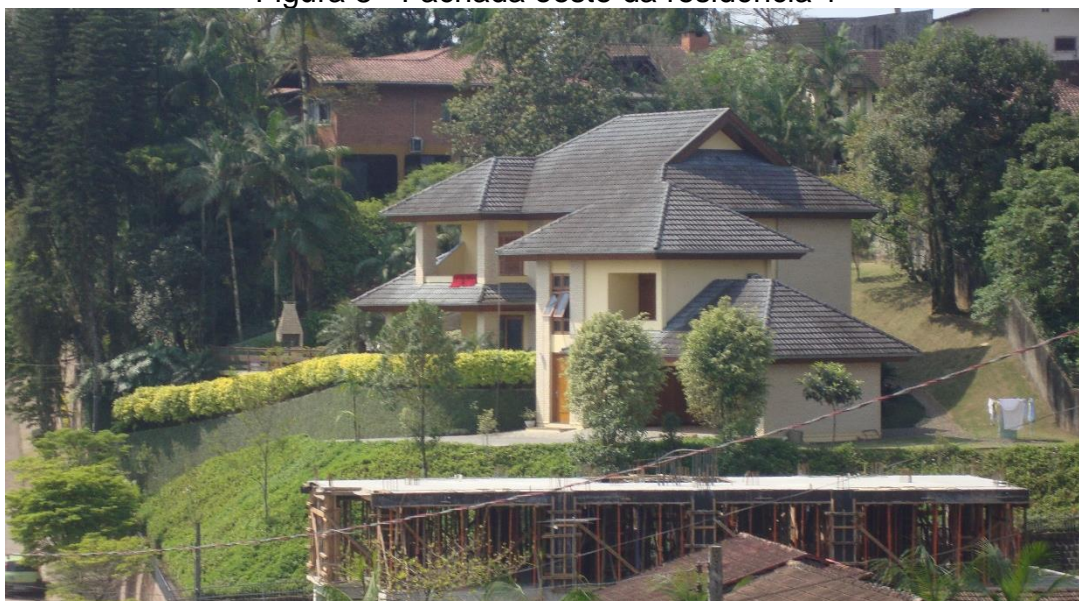


Figura 9 - Planta baixa da residência 1 (Escala 1:100)



Como mostrado no capítulo anterior, os ambientes monitorados foram: o quarto 1, a suíte, a cozinha e a sala. A sala possui orientação oeste, enquanto a cozinha e quarto 1 possuem orientação leste. A suíte possui maior parte da orientação noroeste. O quarto 1 e a suíte estão no 3º pavimento, enquanto a sala e a cozinha estão no 1º pavimento, como mostra a

Figura 9. O quarto 1 e a cozinha possuem uma janela de correr, enquanto a sala possui uma janela basculante e a suíte uma porta de correr, fazendo ligação com a sacada.

4.1.2. Residência 2

A segunda residência é uma residência térrea, com dois quartos, área de 160m² e três moradores. Como está localizada em um condomínio, ela é cercada apenas por

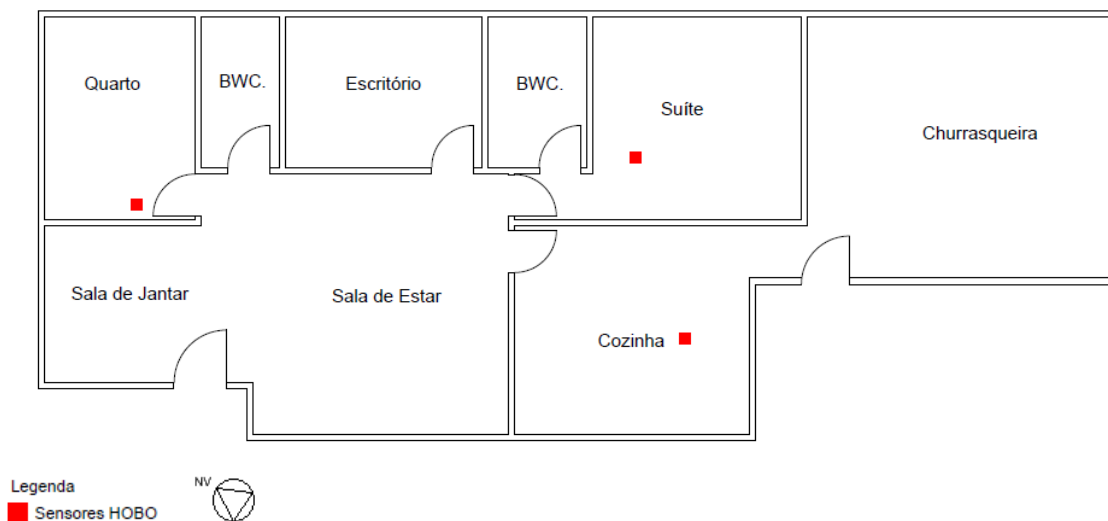
outras casas, em todos os lados. A residência encontra-se no nível da rua. Sua fachada principal está orientada a oeste.

Suas paredes foram executadas com tijolo cerâmico de 6 furos, revestidas com argamassa e pintadas da cor cinza. Sua cobertura é composta por telha cerâmica cinza e laje. Suas esquadrias são de madeira, com vidro simples. A Figura 10 mostra a fachada oeste da Residência 2 e a Figura 11 mostra a planta baixa da Residência 2.

Figura 10 - Fachada oeste da Residência 2



Figura 11 - Planta baixa da Residência 2 (Escala 1:100)



Dois dos ambientes monitorados estão na direção leste, a suíte e o quarto, como mostra a Figura 11, já a cozinha tem direção oeste. Como a casa é térrea, todos os cômodos estão no mesmo nível. Todos os cômodos possuem apenas uma janela de correr.

4.1.3. Residência 3

A Residência 3 possui dois andares, três quartos, área de 200m² e três moradores. Apesar de estar em um condomínio, esta casa se localiza no extremo da rua, de forma que é cercada apenas por duas casas e os outros dois lados são cercados por terrenos baldios. A residência também encontra-se no nível da rua e sua fachada principal está orientada na direção sudoeste. Tem suas paredes executadas com tijolo cerâmico de 6 furos, revestidas com argamassa e pintadas na cor cinza. Sua cobertura é composta por telha cerâmica natural. Suas esquadrias são de madeira com vidro simples. A Figura 12 mostra a fachada sudoeste da Residência 3 e a Figura 13 mostra a sua planta baixa.

Figura 12 - Fachada sudoeste da Residência 3



Figura 13 - Planta baixa da Residência 3 (Escala 1:100)



Nessa residência, todos os cômodos encontravam-se no mesmo pavimento, a sala de estar na orientação sudoeste, os quartos 1 e 2 na orientação sudeste e a suíte na orientação nordeste.

4.2. Perfil dos entrevistados

Neste estudo foram entrevistados dez ocupantes das residências, sendo a maioria deles mulheres (60%), com idade média dos entrevistados de 32 anos, peso médio de 69kg e altura média de 1,71m. A Tabela 3 mostra o resumo das respostas do questionário de conhecimento.

Tabela 3 - Resumo das respostas do questionário de conhecimento

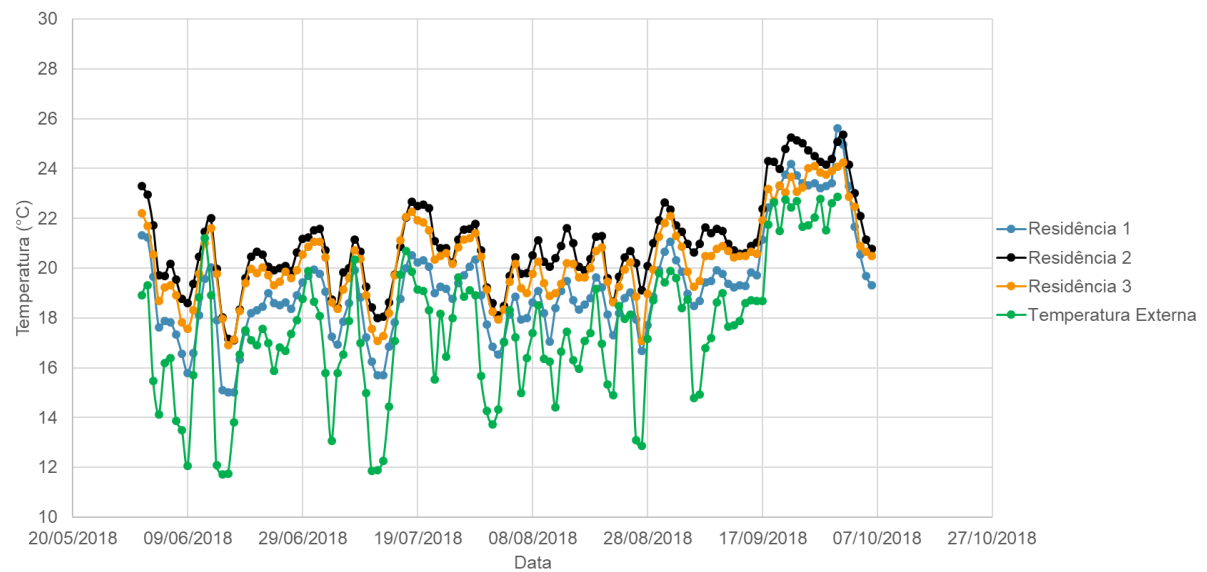
Usuário	Gênero	Idade	Peso (kg)	Altura (m)	IMC	Grau de instrução
1	Feminino	44	66	1,75	21,55	Ens. médio completo
2	Masculino	49	72	1,74	23,78	Ens. superior completo
3	Feminino	11	56	1,63	21,08	Ens. fundamental incompleto
4	Masculino	44	98	1,83	29,26	Ens. médio completo
5	Feminino	14	57	1,64	21,19	Ens. fundamental incompleto
6	Feminino	50	80	1,59	31,64	Pós-graduação
7	Feminino	46	60	1,74	19,82	Ens. superior completo
8	Masculino	23	83	1,77	26,49	Ens. superior incompleto
9	Masculino	19	70	1,80	21,60	Ens. médio completo
10	Feminino	22	50	1,57	20,28	Ens. superior incompleto
Média		32	69	1,71	23,67	-

4.3. Temperatura externa e internas

O monitoramento de 1^o de junho até dia 7 de outubro gerou uma grande quantidade de registros de temperaturas internas, realizadas pelos aparelhos HOBOS, e externa, obtida por meio do CIRAM. Por meio dos registros de temperatura e suas comparações, foi possível avaliar o desempenho térmico dos ambientes monitorados.

Comparando as temperaturas obtidas em cada uma das residências, é possível notar a diferença de temperatura entre a Residência 1 e as Residências 2 e 3, como mostra a Figura 14. A primeira residência possui sua temperatura interna mais baixa que as demais, estando mais próxima da temperatura externa. Como as orientações da fachada principal das três residências são próximas, torna esse fator de menor relevância que os demais. Por esse motivo, acredita-se que a diferença de temperatura se deve às características construtivas dessa residência, como ao fato da altura do pé-direito da residência, causando maior volume de ar nos espaços, seu nível quando comparado com as demais e seu entorno.

Figura 14 - Comparação entre as temperaturas médias diárias de cada residência e a temperatura média diária externa



Esse fato se comprova ao analisarem-se os dados de temperaturas máximas, mínimas e médias por residência, como mostrado pela Tabela 4. Pode-se notar diferenças de temperaturas mínimas de até 3,86°C entre a residência mais fria e a mais quente. Quando analisadas temperaturas máximas, pode-se notar que a Residência 2 é a que registra os maiores valores. Como visto no capítulo anterior, este fato pode dever-se à residência ser uma residência térrea, portanto com maior incidência solar direta nos ambientes monitorados, como concluído por Indraganti (2010). Outro fator de grande contribuição para o aumento da temperatura nessa residência é o seu entorno. Ao contrário das outras duas residências, nessa residência todo seu entorno é composto por outras residências, de modo que não há o resfriamento causado pela presença de vegetação, conforme exposto por Castaldo et al. (2018). O sombreamento causado pelas casas vizinhas se mostrou pequeno devido a distância entre elas.

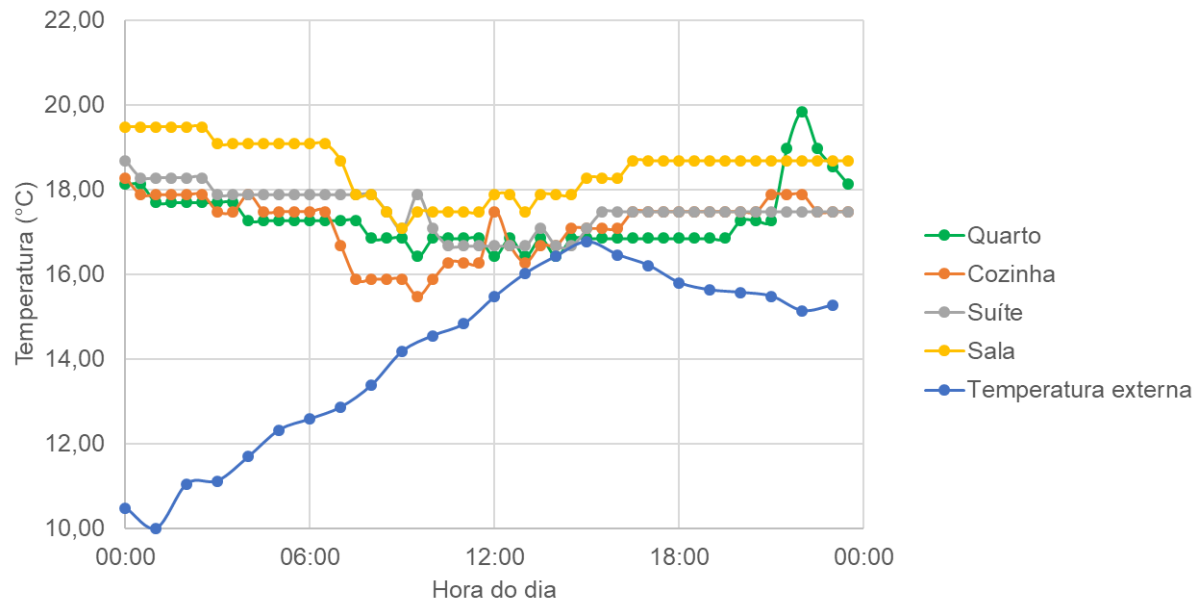
Tabela 4 - Temperaturas mínimas, médias e máximas mensais por residência e temperatura externa

	Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Temperatura mínima (°C)	Residência 1	12,2	11,4	12,8	16,3	17,7
	Residência 2	15,9	15,9	17,1	17,9	20,3
	Residência 3	15,5	14,7	15,5	16,3	17,1
	Externa	5,5	5,9	5,2	8,5	8,3
Temperatura média (°C)	Residência 1	18,1	18,7	18,3	21,2	22,2
	Residência 2	20,1	20,5	20,2	22,6	23,1
	Residência 3	19,5	20,2	15,5	21,8	22,2
	Externa	16,3	17,0	16,7	19,8	20,1
Temperatura máxima (°C)	Residência 1	22,3	23,2	23,5	27,1	28,9
	Residência 2	26,8	26,4	27,2	27,2	28,5
	Residência 3	23,5	23,5	26,4	26,0	26,4
	Externa	26,0	30,5	27,1	30,2	31,0

4.3.1. Residência 1

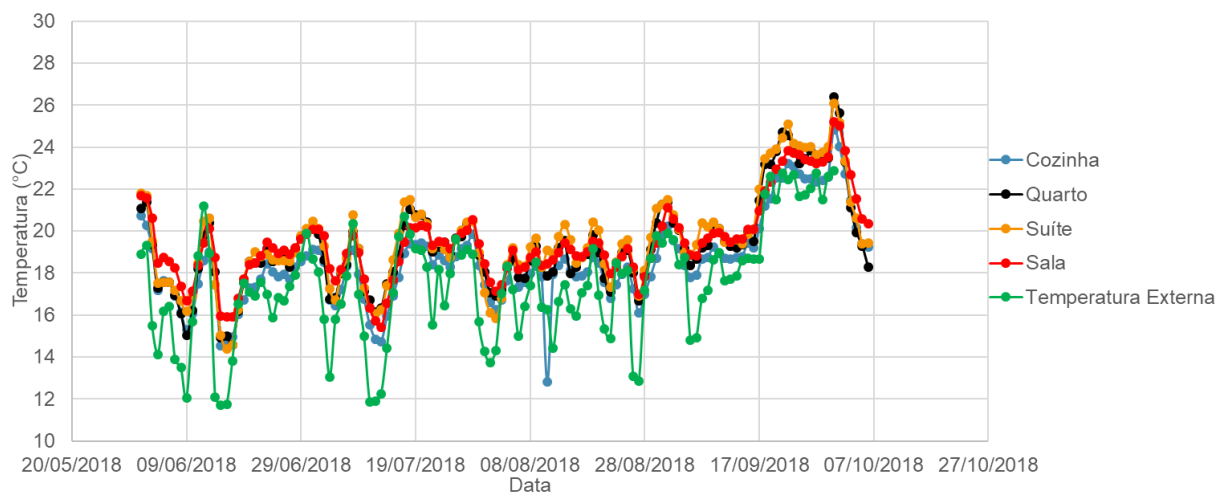
Analisando separadamente cada uma das residências é possível observar padrões conforme mostram as Figura 15 e Figura 16. Na primeira, pode-se analisar as variações da temperatura nos ambientes monitorados durante um dia. A partir da Figura 15 nota-se que o ambiente mais quente monitorado é a sala. Esse fato pode ser apropriado à presença de uma esquadria existente em toda a extensão da altura do pé-direito, facilitando a incidência dos raios solares. Como o ambiente localiza-se no 1º pavimento, essa constatação entra em oposição com o resultado obtido por Indraganti (2010). Entretanto, existem diversas características e fatores influenciadores da temperatura interna, de modo que a influência da cobertura não seja determinante. A suíte, que possui a mesma orientação da sala, registra temperaturas maiores que os outros dois cômodos, indicando influência da orientação solar na temperatura interna. Os demais ambientes possuem pequena variação entre si em suas temperaturas e chegam próximas à temperatura externa registrada durante a tarde. Outro ponto importante é o aumento repentino na temperatura do quarto no período noturno, esse fato é causado pelo uso de aquecedor elétrico.

Figura 15 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 1 durante o dia 04/06/2018



Ao analisar todo o período de monitoramento, evidencia-se as temperaturas mais altas na sala e suíte e nota-se casos em que a temperatura da cozinha chega a se igualar à temperatura externa. A sua localização térrea, proximidade a entornos com grande presença de vegetação e orientação são alguns dos fatores que influenciam esse comportamento. Nota-se, a partir dos gráficos, a capacidade da casa manter sua temperatura relativamente constante, apesar da variação da temperatura externa. Manter as portas e janelas fechadas durante o período da noite torna-se uma prática satisfatória para manter a temperatura constante, a abertura de janelas, a partir do início da manhã, gera uma redução significativa nos valores registrados (2°C). Dessa forma, pode-se concluir que o desempenho térmico da residência foi satisfatório e, ao analisar as respostas do questionário, nota-se um baixo uso de ajustes ambientais ativos (aquecedores, aparelhos de ar-condicionado, entre outros), de modo que atribui-se o desempenho aos meios passivos, como a envoltória e aberturas.

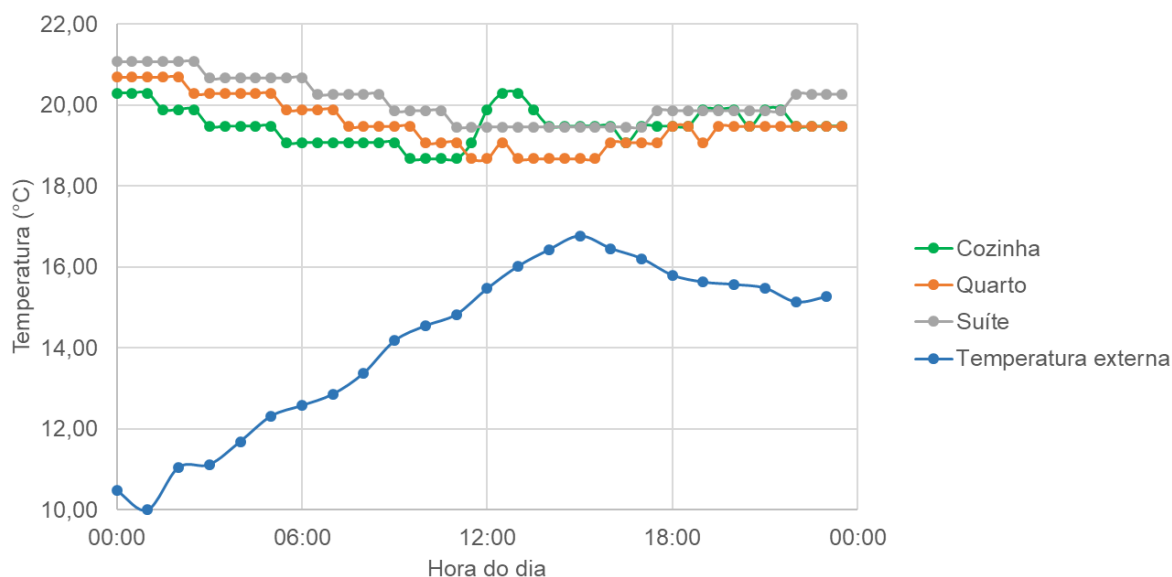
Figura 16 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e a temperatura externa da Residência 1



4.3.2. Residência 2

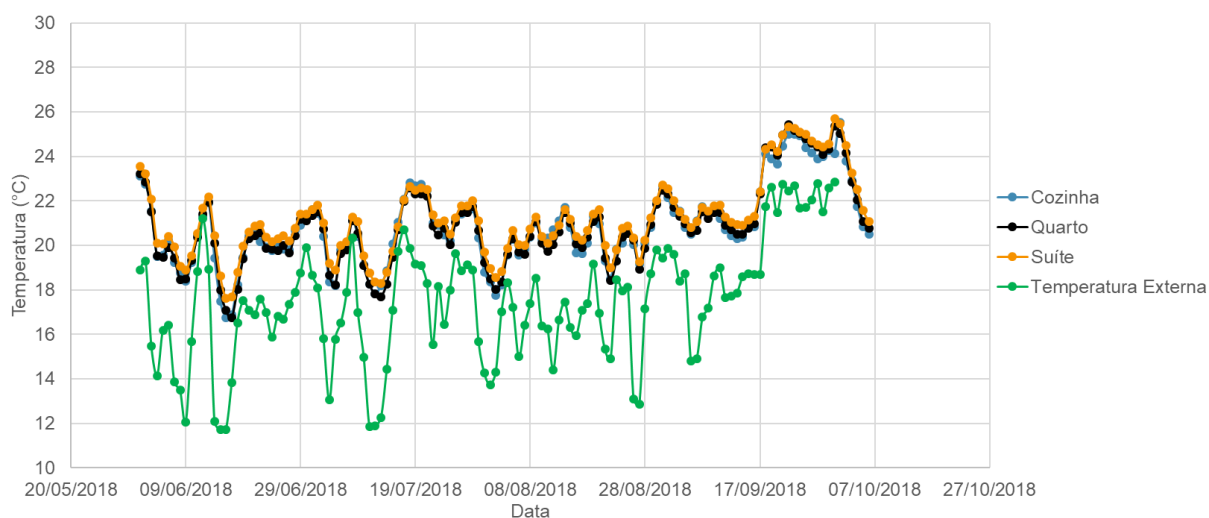
O comportamento das temperaturas da Residência 2 apresenta-se mais constante do que o da Residência 1, como mostram as Figura 17 e Figura 18. Analisando a Figura 17 é evidente a grande diferença entre temperaturas internas registradas nos ambientes monitorados e a temperatura externa. O cômodo mais quente em grande parte do dia é a suíte, porém, a partir do meio dia, há um pico na temperatura da cozinha, que está orientada a oeste. Essa variação pode ser ocasionada pelo início de incidência direta do sol nesse ambiente.

Figura 17 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 2 durante o dia 04/06/2018



A Figura 18 evidencia a baixa variação na temperatura por ambiente monitorado nessa residência, com predominância de temperaturas mais altas na suíte. Nota-se também que, apesar de variações semelhantes, as temperaturas internas registram valores mais altos que a externa, havendo poucos pontos de equivalência ou superação. Assim como na Residência 1, é possível verificar um bom desempenho térmico da residência, pela constância em seus valores de temperatura, sendo também atribuídos aos meios passivos.

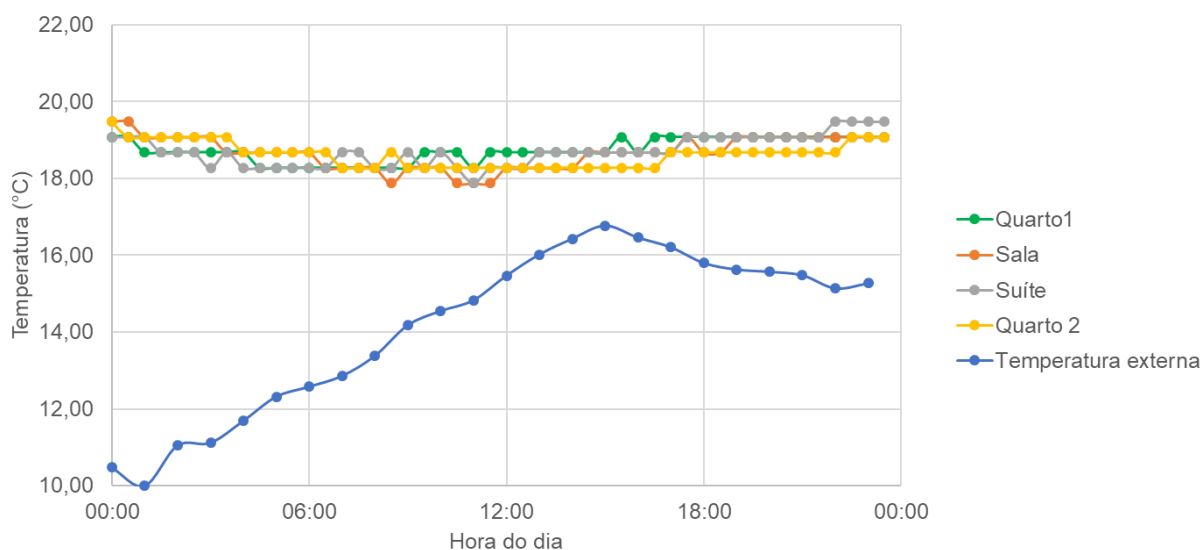
Figura 18 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e a temperatura externa da Residência 2



4.3.3. Residência 3

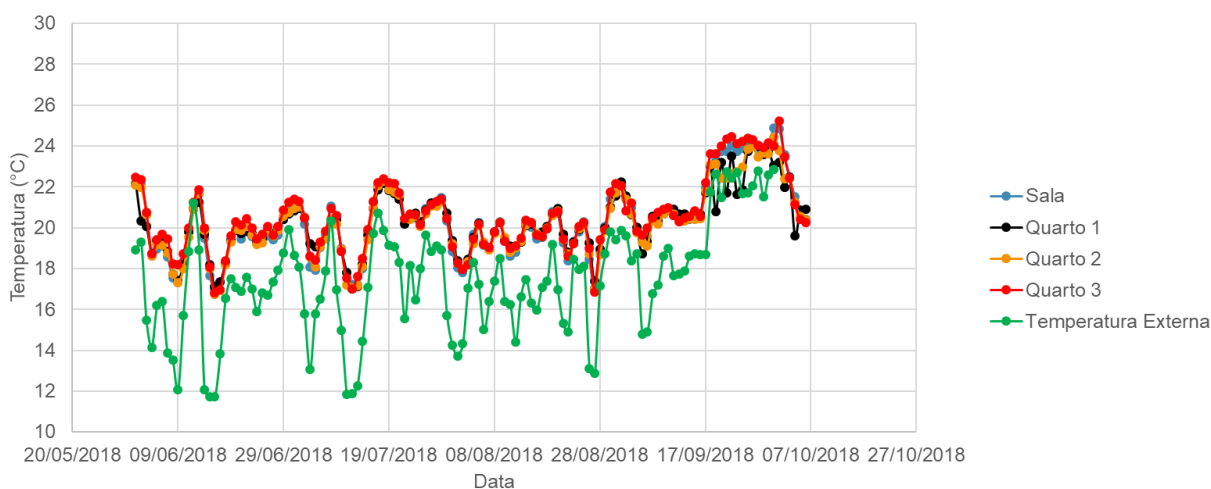
Esta residência obteve a menor variação entre temperaturas internas dentre as três monitoradas. As Figura 19 e Figura 20 mostram o comportamento horário e diário, respectivamente, da variação da temperatura interna dos ambientes estudados. É possível notar uma grande diferença da temperatura externa, porém menor que a observada na Residência 2. Essa pequena variação pode dever-se ao fato de todos os ambientes monitorados possuírem pelo menos uma fachada externa para a mesma orientação e também por nenhuma das fachadas estar paralela às orientações leste e oeste, que tem maior incidência solar pelo período da manhã e da tarde, respectivamente. As variações constantes também indicam a eficácia dos meios passivos utilizados, que mantiveram as temperaturas constantes durante todo o dia na residência.

Figura 19 - Variação da temperatura interna nos ambientes monitorados e temperatura externa na Residência 3 durante o dia 04/06/2018



A Figura 20 evidencia a pequena variação nas temperaturas, notando-se uma diminuição da diferença entre a temperatura externa e as internas com o aumento da temperatura. Constata-se uma possível adversidade no sensor do quarto 1 a partir de meados de setembro, pois seus registros de temperatura passam a oscilar muito contrastantemente com os demais ambientes.

Figura 20 - Comparação entre as temperaturas médias dos ambientes monitorados e temperatura externa da Residência 3



4.4. Umidade relativa do ar externa e interna

Os registros de umidade relativa estão apresentados nas Figura 21 a Figura 24. É possível notar que a umidade externa é, na maioria do período monitorado, muito

mais elevada que a umidade interna, variando predominantemente entre 60% e 80%. Com relação ao conforto térmico, a faixa obtida encontrou-se dentro do intervalo de 20% a 80%, considerado por Givoni (1992) como confortável para o usuário. Demais comparações com a umidade não foram realizadas, pois apresentavam correlações muito baixas entre os dados, gerando coeficientes de determinação com valores baixos, indicando independência dos dados.

Figura 21 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 1

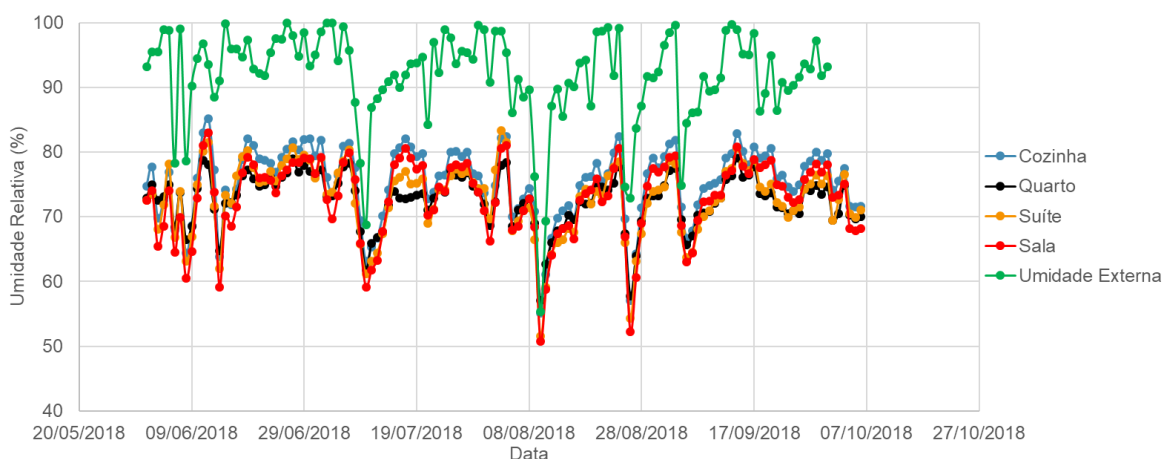


Figura 22 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 2

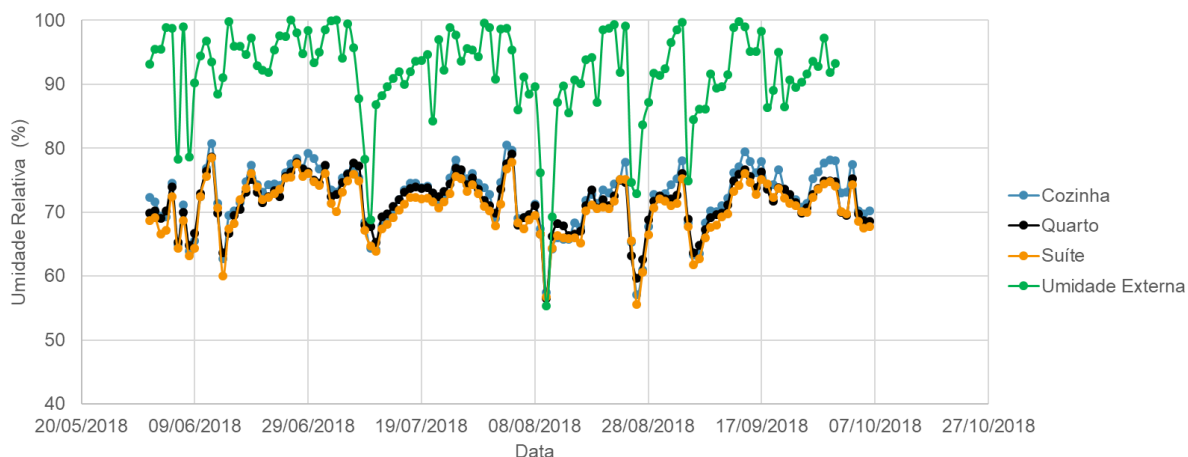


Figura 23 - Comparação entre as umidades relativas médias dos ambientes monitorados e umidade relativa média externa da Residência 3

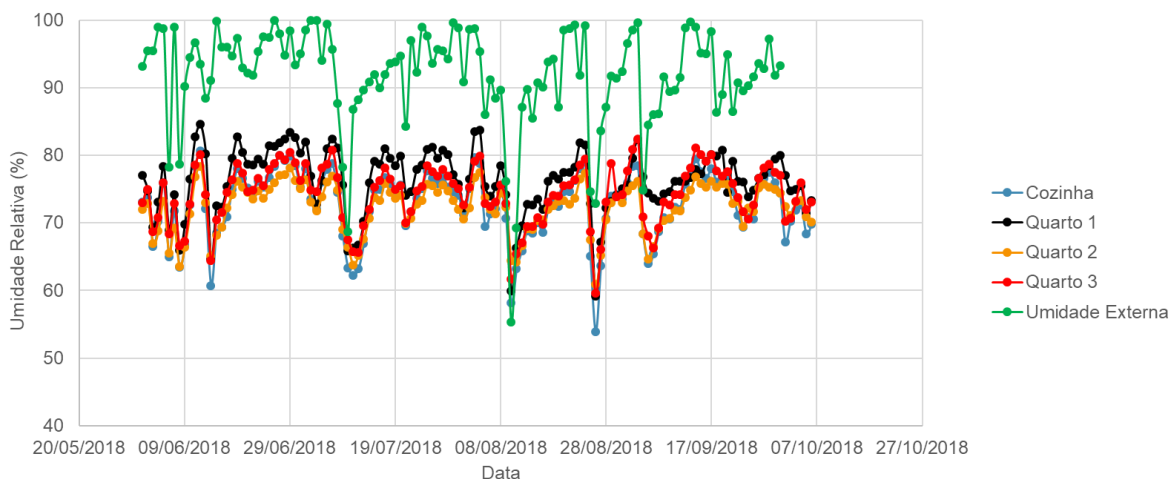
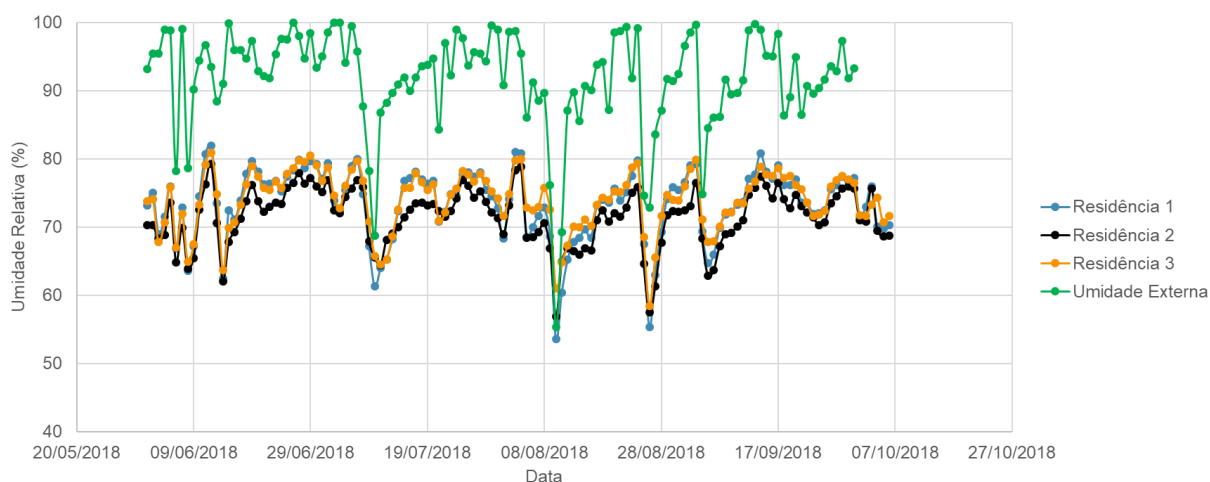


Figura 24 - Comparação entre a umidade relativa média de cada residência e a umidade relativa média externa



4.5. Conforto térmico

Como exposto no capítulo anterior, os dados obtidos por meio dos questionários foram correlacionados entre si e também com os dados de temperatura registrados pelos sensores. Estas correlações foram feitas com o objetivo de obter-se possíveis padrões de comportamento entre os usuários de acordo com a temperatura interna registrada ou características pessoais e demográficas, além de entender relações entre dados de preferência térmica, conforto térmico e sensação térmica. As Tabela 5 e Tabela 6 mostram resumidamente as respostas referentes ao questionário semanal por residência. Nota-se que mesmo morando na casa com temperaturas

mais baixas, os moradores da Residência 1 são os que mais registraram votos de calor no questionário, indicando uma adaptação dos usuários às temperaturas mais baixas encontradas na casa. Com voto máximo de 2 pontos e mínimo de -1, a Residência 2 apresentou maior número de usuários confortáveis. Como essa residência também mostrou-se a mais quente, esse quadro poderia ser o contrário nos períodos mais quentes do ano.

Tabela 5 - Respostas questionário semanal

Número de observações		Residência 1	Residência 2	Residência 3
		35	32	15
Sensação térmica (%)	Com muito frio	3,0	3,0	0,0
	Com frio	5,7	3,0	13,3
	Levemente com frio	11,3	28,1	26,7
	Neutro	60,0	62,5	53,3
	Levemente com calor	20,0	3,4	6,7
	Com calor	0,0	0,0	0,0
	Com muito calor	0,0	0,0	0,0
Preferência (%)	Mais refrigerado	11,4	0,0	0,0
	Assim mesmo	62,8	75,0	80,0
	Mais aquecido	25,8	25,0	20,0
Conforto (%)	Confortável	68,6	81,2	60,0
	Ligeiramente confortável	14,3	15,6	20,0
	Ligeiramente desconfortável	14,1	3,2	20,0
	Desconfortável	3,0	0,0	0,0
Vestimenta (%)	Muito leve	8,6	12,5	13,3
	Leve	11,4	28,1	13,3
	Casual	37,1	46,9	46,7
	Pesada	42,9	12,5	26,7
Atividade (%)	Caminhando	5,7	0,0	13,2
	Assistindo televisão	22,8	43,7	20,0
	Mexendo no celular	28,4	25,0	13,3
	Praticando atividade de lazer	3,0	3,0	6,7
	Secando o cabelo	3,0	0,0	0,0
	Tomando banho	8,4	3,4	6,7
	Lendo	0,0	9,4	0,0
	Cozinhando	0,0	12,5	13,4
	Comendo	25,7	3,0	20,0
Estudando	3,0	0,0	6,7	

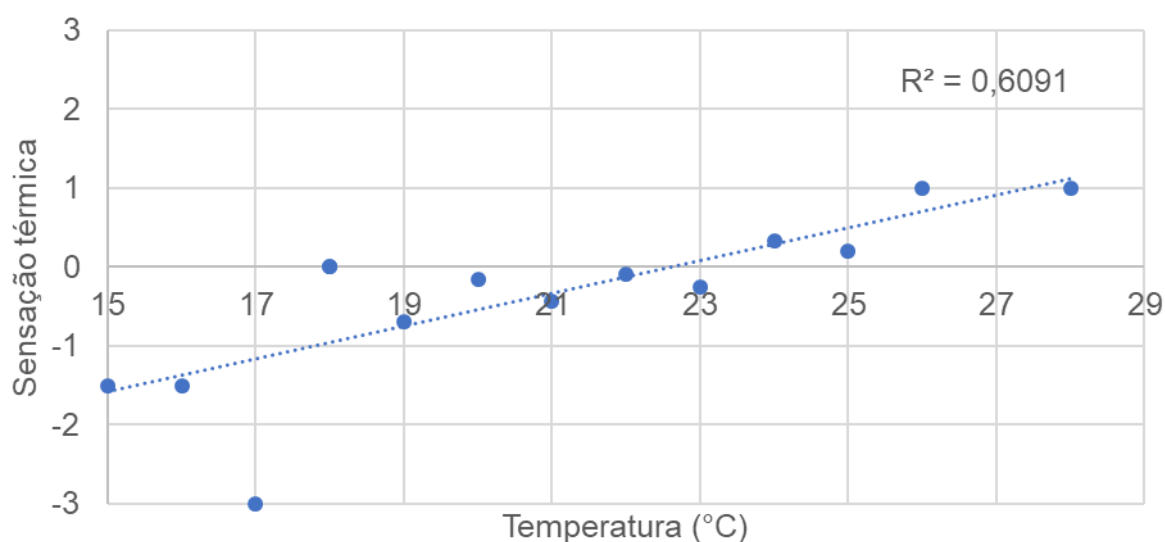
Tabela 6 - Média das respostas do questionário, temperatura e umidade relativa por residência

	Residência 1	Residência 2	Residência 3
Número de observações	35	32	15
Sensação térmica média	-0,11	-0,40	-0,47
Preferência média	0,14	0,20	0,20
Conforto médio (%)	74	91,5	75
Temperatura média interna (°C)	19,7	21,3	20,6
Temperatura média externa (°C)	17,4		
Umidade média interna (%)	73,4	71,1	73,8
Umidade média externa (%)	91,8		

4.5.1. Relações entre sensação térmica e temperatura

O voto de sensação térmica têm grande importância nos estudos de conforto térmico e são diversos os estudos que relacionam a sensação térmica e a temperatura do ambiente em que o usuário se encontrava no momento de resposta. Neste trabalho, correlacionou-se os dados de voto de sensação de conforto térmico (TSV) e temperatura. O resultado obtido encontra-se na Figura 25.

Figura 25 - Relação entre sensação térmica e temperatura interna

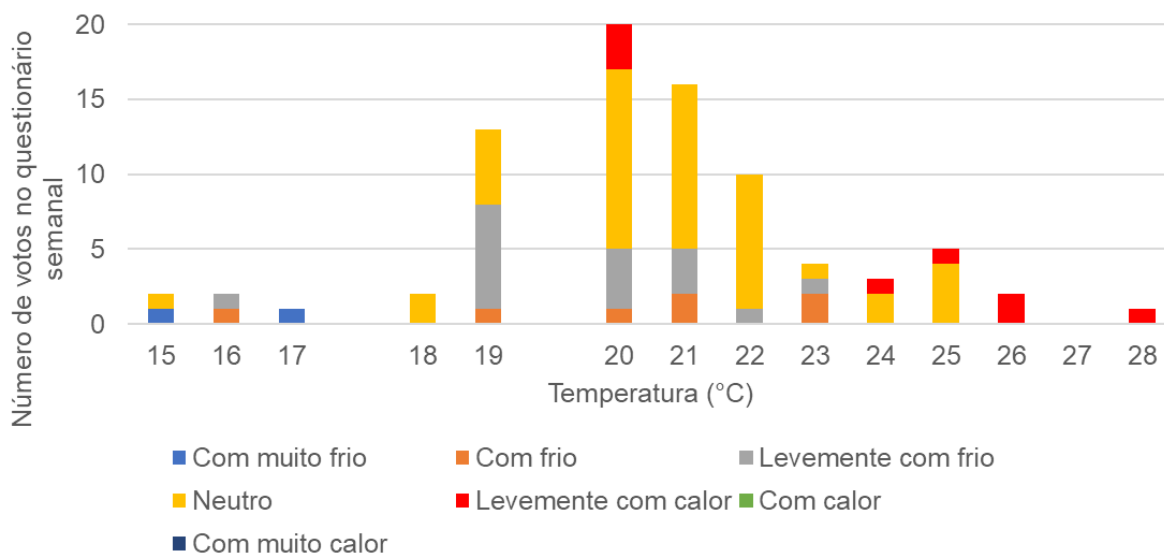


Como o esperado, pode-se notar que o valor do TSV aumenta com o aumento da temperatura interna do ambiente. Neste trabalho, pelo período de monitoramento tratar-se de meses em que predominam o frio, não houve respostas registradas dos votos mais altos (“com calor” e “com muito calor”). Houve predominância no voto

“Neutro”, correspondendo a 58% do total de votos. Os votos nas sensações “levemente com frio” e “levemente com calor” consideram-se no período neutro, esses votos resultaram em 91% dos votos totais do trabalho, indicando poucas situações de desconforto. A linha de tendência traçada possui um coeficiente de determinação (R^2) de 0,6091, evidenciando certa correlação entre os dados. O estudo de Song et al. (2018), também em climas úmidos, encontrou R^2 de 0,91 para os mesmos parâmetros. Essa diferença no índice de determinação deve-se à dificuldade em haver um padrão nesse tipo de correlação, visto que está relacionada a preferências pessoais de cada usuário.

A Figura 26 mostra a quantidade de votos por temperatura. Pode-se notar que a maior quantidade de votos em “Neutro” encontra-se na faixa dos 19°C aos 22°C. A partir dos 20°C nota-se o início do registro de respostas na parte positiva da escala sétima de sensação térmica, os votos na parte negativa encerram-se na temperatura de 23°C.

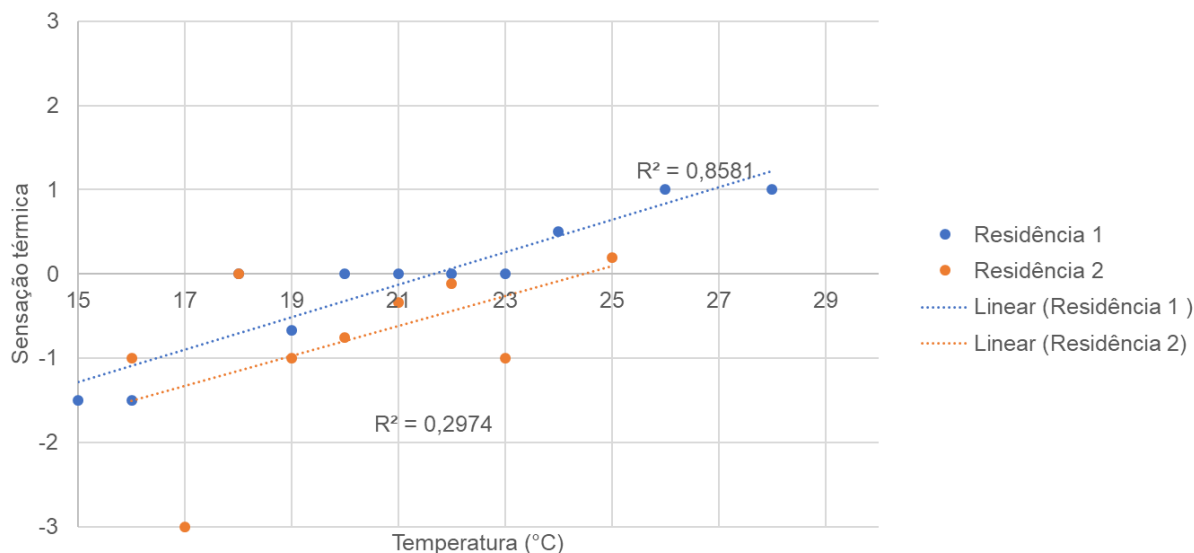
Figura 26 - Relação das respostas de sensação térmica por temperatura interna



Correlacionou-se também os dados de sensação térmica e temperatura interna por residência, a Figura 27 mostra essa correlação. Nela constata-se que apenas na Residência 1 os resultados da correlação entre sensação térmica e temperatura interna foram satisfatórios, com R^2 igual a 0,8581, seguido pela Residência 2, com R^2 de 0,2974. A Residência 3 não apresentou resultados estatisticamente significativos devido ao pequeno número de dados coletados. Pode-se notar que, apesar de a Residência 2 ser a mais quente, seus usuários relataram votos de sensação térmica

mais baixos que os da Residência 1, mais fria, podendo indicar habituação dos usuários da Residência 1 a temperaturas mais baixas.

Figura 27 - Relação entre sensação térmica e temperatura interna das Residências 1 e 2



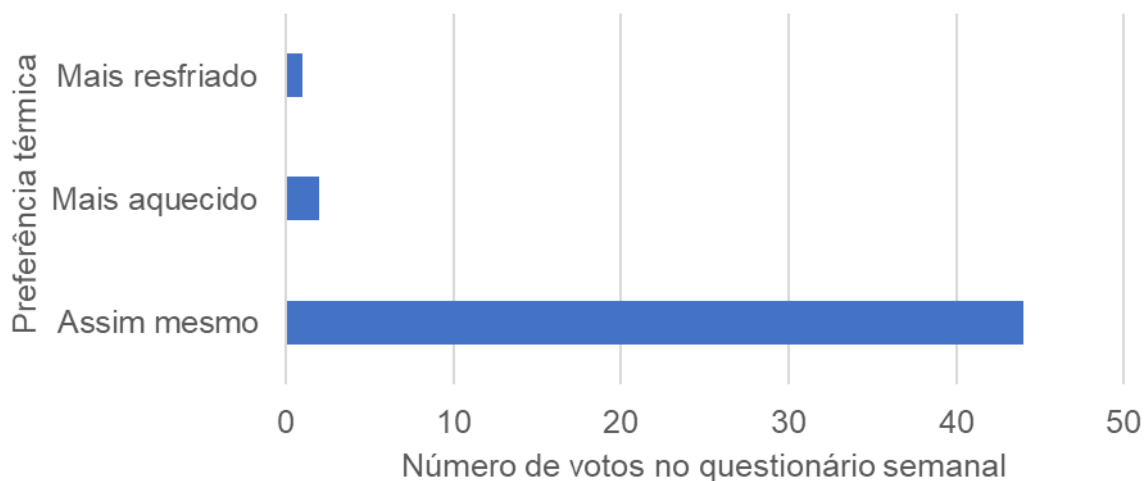
4.5.2. Temperatura Neutra

Para análise mais aprofundada da sensação térmica, encontrou-se a temperatura neutra para o estudo, ou seja, a condição térmica em que uma “pessoa normal” expressaria uma sensação térmica neutra. Este fator foi abordado de duas maneiras, conforme exposto no capítulo anterior. Para a primeira abordagem, levando em consideração apenas os votos na sensação “neutro”, obteve-se Temperatura Neutra (T_{neutra}) de 21,1°C. Para a segunda abordagem, pelo método de Griffiths, obteve-se valor de T_{neutra} igual a 21,6°C. Por ser a abordagem mais frequente em estudos na área, adota-se como T_{neutra} a obtida pelo método de Griffiths, 21,59°C. Esta temperatura obtida mostrou-se mais baixa que as encontradas em estudos semelhantes, Song et al. (2018) encontraram a temperatura neutra de 24,7°C para usuários em Tianjin, China, no período de verão. Este fato pode ter ocorrido pois as temperaturas em Tianjin são mais altas que as temperaturas registradas durante o período de monitoramento desse trabalho em Joinville, dessa forma, obteve-se uma média mais alta de temperatura neutra.

A Figura 28 mostra a variação da preferência térmica para os usuários com votos em “neutro” na sensação térmica. Observa-se que a maioria dos votos possui

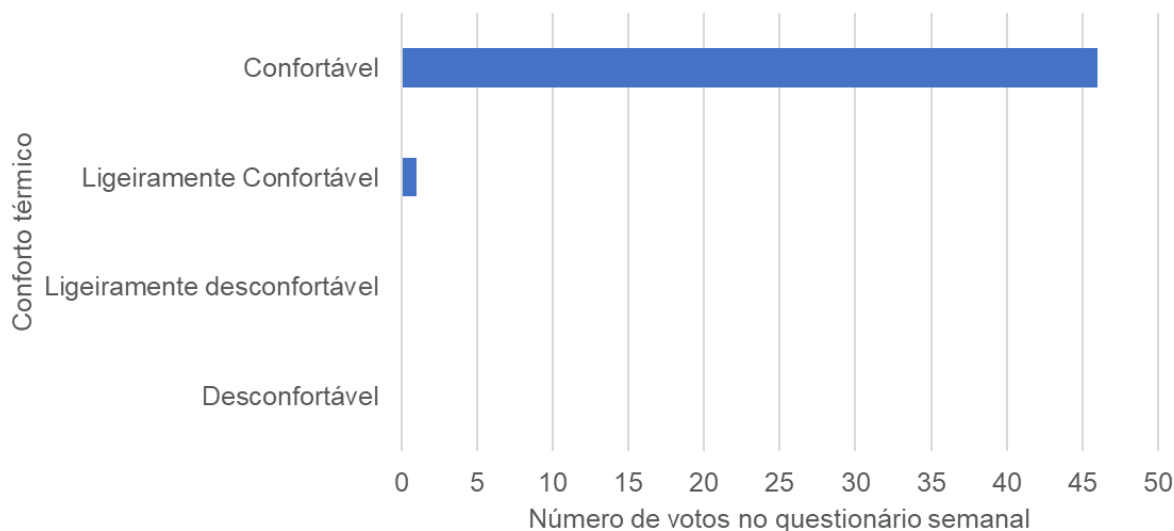
preferência em continuar “assim mesmo”, porém existem respostas mostrando que, mesmo com sensação neutra, existem usuários que preferiam estar mais resfriados ou mais aquecidos, mostrando que a sensação considerada neutra pode não ser a ideal para todos os usuários.

Figura 28 - Preferência térmica dos usuários com sensação térmica neutra



A Figura 29 mostra o conforto do usuário para a sensação térmica neutra, nota-se que a quase totalidade das respostas é confortável para a sensação neutra, com exceção de uma, em “ligeiramente confortável”. Dessa forma, pode-se constatar que a sensação térmica neutra é aquela em que os usuários sentem-se confortáveis.

Figura 29 - Conforto térmico dos usuários com sensação térmica neutra



4.5.3. Relação entre porcentagem de usuários confortáveis e temperatura

O segundo parâmetro analisado levou em conta a porcentagem de usuários confortáveis durante a aplicação do questionário e a temperatura no ambiente em que esse usuário se encontrava, como mostram as Figura 30 e Figura 31. Na Figura 30 é possível observar uma linha de tendência polinomial, evidenciando que as temperaturas em que os usuários obtêm maior conforto são as temperaturas amenas, centrais no eixo das temperaturas. O coeficiente de determinação foi de 0,4426, mais baixo que o de 0,77 obtido por Song et al. (2018). Neste estudo, a temperatura em que obteve-se o máximo conforto foi a de 23°C.

Outra análise foi a da faixa de temperatura em que 90% dos usuários sentiam-se confortáveis, a partir da equação da linha de tendência calcularam-se as temperaturas extremas da faixa de conforto. Dessa forma, a faixa em que 90% dos usuários estão confortáveis é de 19,76°C e 27,60°C, com 7,84°C de variação. Rupp (2018) encontrou um valor similar (7,6°C para 80% de conforto) no seu estudo em escritórios em Florianópolis/SC. Song et al. (2018) obtiveram variação de 7,3°C para a faixa em que 80% dos usuários estavam confortáveis no seu estudo em edificações residenciais em Tianjin, China, durante o verão. Dessa forma, a variação encontrada nesse trabalho é condizente com as demais encontradas na literatura, porém, pode-se notar que comparada aos demais trabalhos, a variação encontrada é maior. Isso indica que os usuários do estudo toleram maiores variações de temperatura que os demais.

Figura 30 - Relação entre conforto térmico e temperatura interna

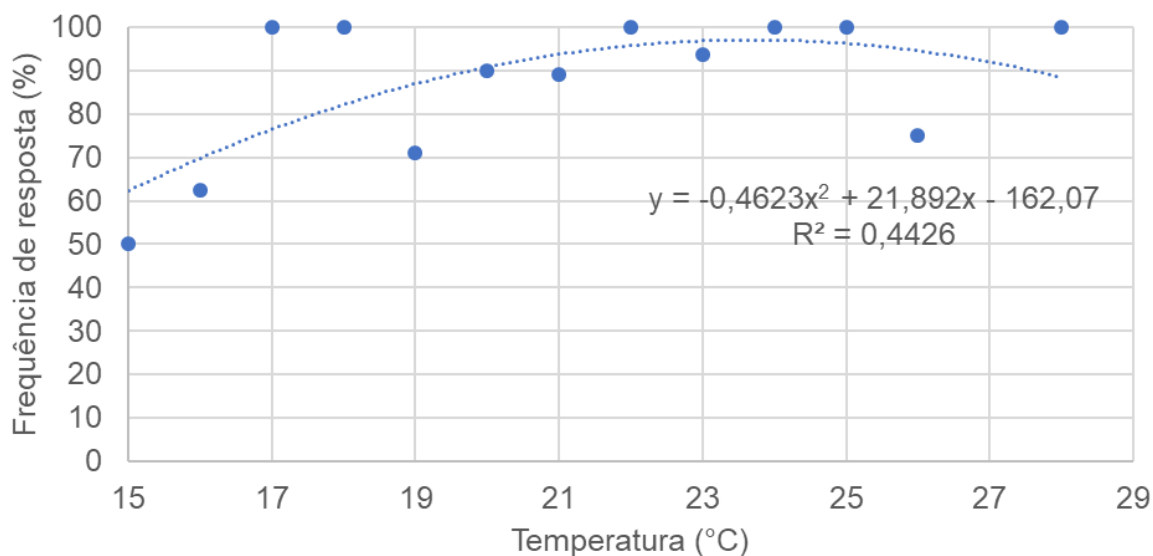
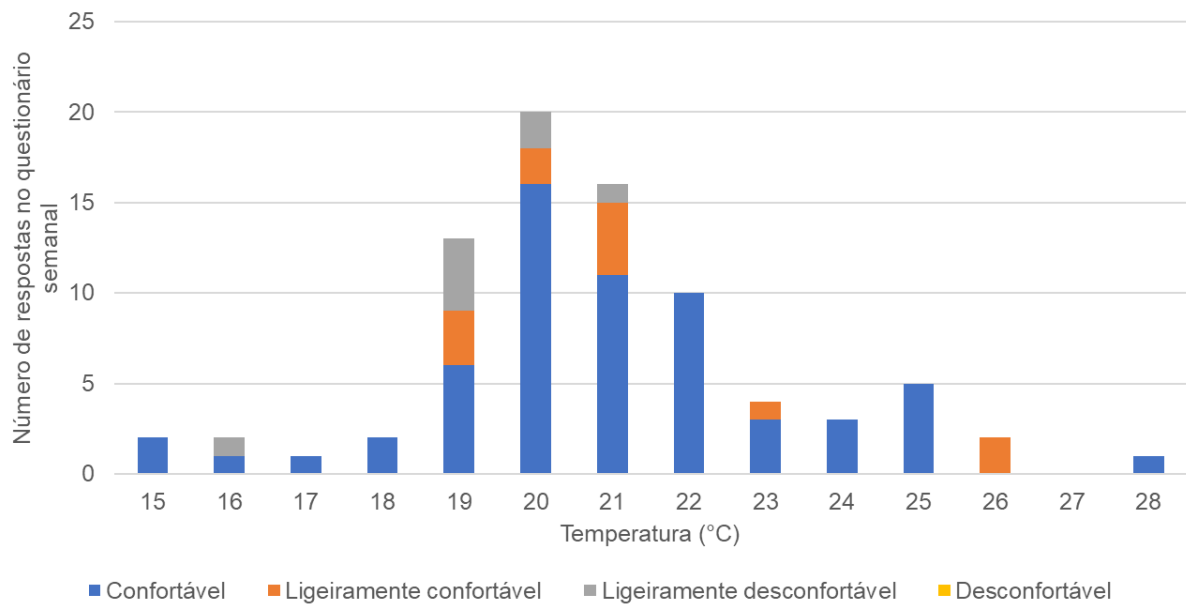


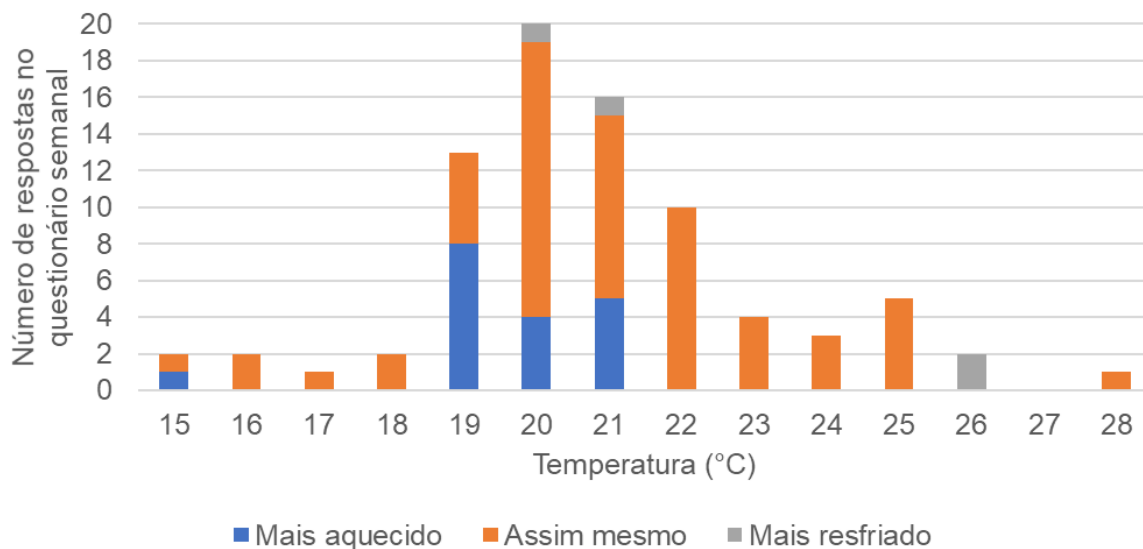
Figura 31 - Relação das respostas de conforto por temperatura interna



4.5.4. Relação entre preferência térmica e temperatura interna

A partir dos dados obtidos por meio do questionário, relacionou-se a preferência térmica com a temperatura, como mostra a Figura 32. Um fato marcante é a faixa de temperatura de 22°C a 25°C, em que todos os usuários preferiam estar da mesma maneira que estavam, apesar das demais respostas de sensação térmica e conforto térmico. Nota-se uma diminuição da preferência por estar mais aquecido, até cessar aos 21°C. Em contraposição, a preferência por estar mais aquecido inicia-se na temperatura de 20°C. Em duas das temperaturas (20°C e 21°C) existiam tanto usuários com preferência de estar mais resfriado quanto mais aquecido, evidenciando que existem outros fatores além da temperatura que influenciam no conforto térmico.

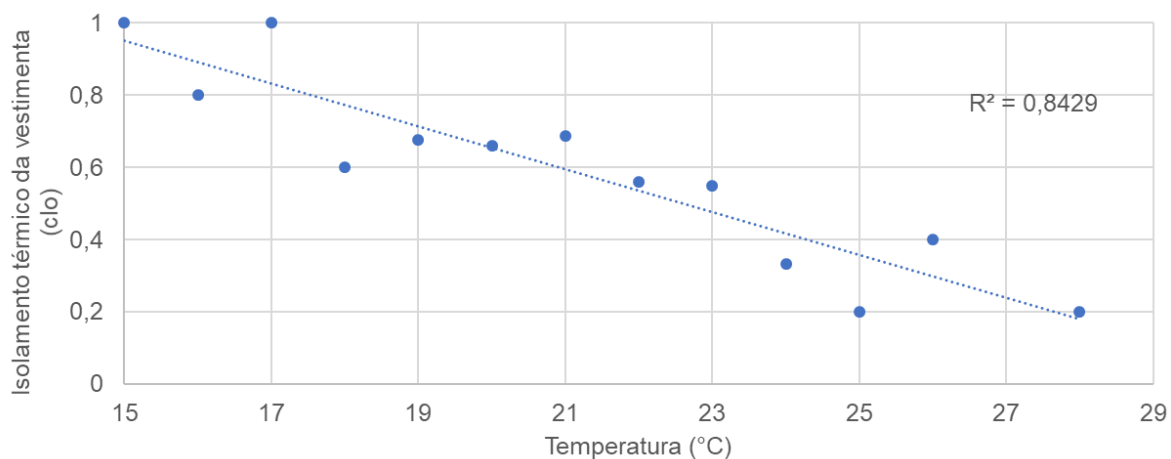
Figura 32 - Relação das respostas de preferência térmica por temperatura interna



4.5.5. Escolha da vestimenta

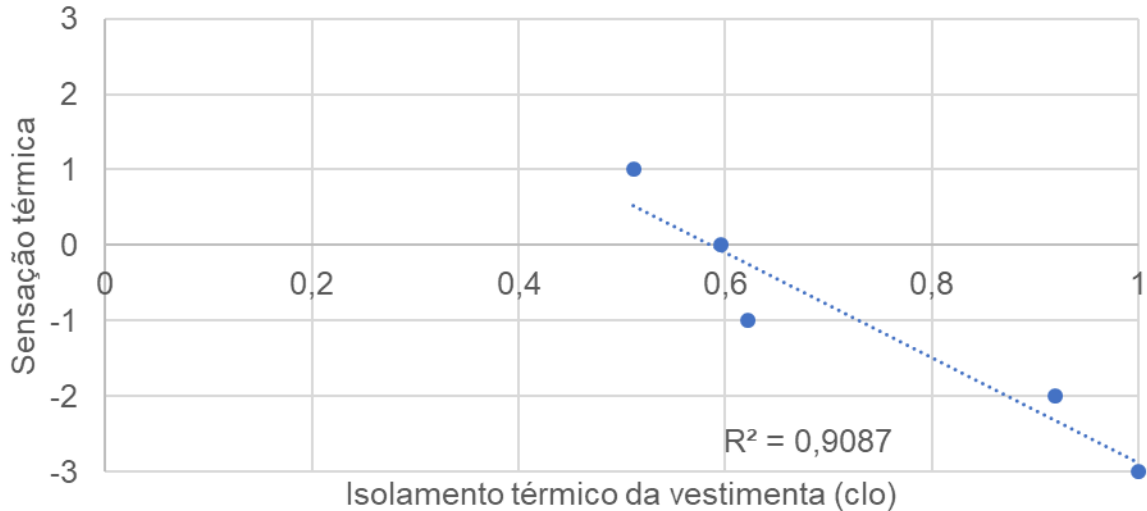
A escolha da vestimenta é um fator importante no estudo de conforto térmico, visto que possibilita ao usuário alternativa de adaptar-se ao ambiente térmico. A relação entre o isolamento da vestimenta com a temperatura interna do ambiente, é mostrada na Figura 33. A Figura 34, relaciona o isolamento da vestimenta com a sensação térmica do usuário. Por meio da Figura 33 pode-se notar a alta correlação entre o isolamento da vestimenta e a temperatura (R^2 igual a 0,8429), valor próximo ao obtido por Song et al. (2018). Constata-se o aumento de 0,1 clo no isolamento da vestimenta a cada decréscimo de 1,83°C na temperatura. Esse resultado obtido é semelhante ao encontrado pelo estudo de Kim et al. (2017), em que a cada 1,8°C reduzido na temperatura, havia um aumento de 0,1 clo na faixa entre 19°C e 26°C. O estudo foi realizado em edificações residenciais em Sydney, na Austrália.

Figura 33 - Relação entre isolamento da vestimenta e temperatura interna



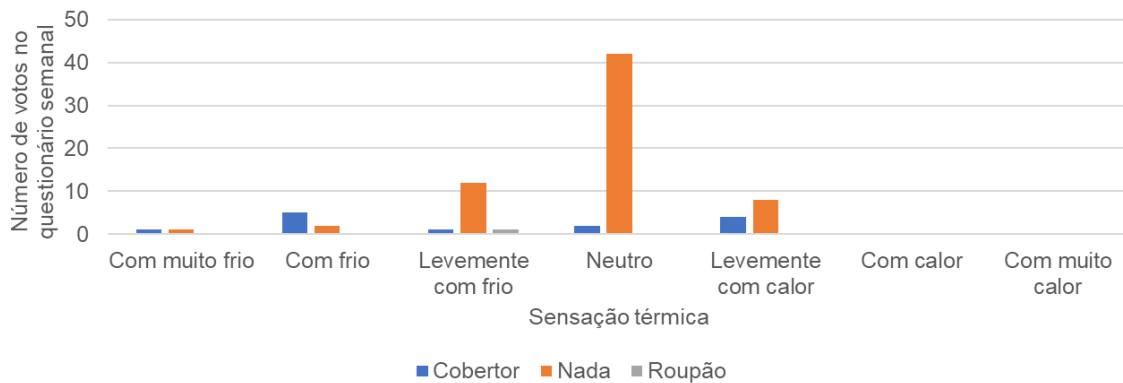
A relação entre sensação térmica e isolamento da vestimenta exposta pela Figura 34, torna possível a constatação que, mesmo estando em um ambiente com liberdade de escolha da vestimenta, os usuários seguem expressando votos de sensação térmica na parte negativa da escala sétima de sensação térmica. O alto valor de R^2 (0,9087) evidencia a alta correlação entre os parâmetros. Nota-se que a maior diferença entre isolamento térmico é entre os votos de “com frio” e “levemente com frio”, com uma variação de pouco mais de 0,2 clo. No estudo de Kim et al. (2017) também observou-se uma variação grande entre dois dos votos de sensação térmica, porém a variação máxima de 0,2 clo expressou-se entre os votos de “levemente com frio” e “neutro”.

Figura 34 - Relação entre sensação térmica e escolha da vestimenta



Por fim, analisou-se o uso de peças adicionais de roupa, como cobertores e roupões, mostrado na Figura 35. Nota-se que o uso de cobertores é usual até o voto de sensação térmica de “levemente com calor”, sendo a peça adicional mais utilizada. Pode-se constatar também que, mesmo na parte negativa da escala sétima de sensação térmica, grande parte dos usuários preferiram seguir com a sensação experimentada do que utilizar uma peça adicional.

Figura 35 - Sensação térmica e uso de adicionais de peças de roupa

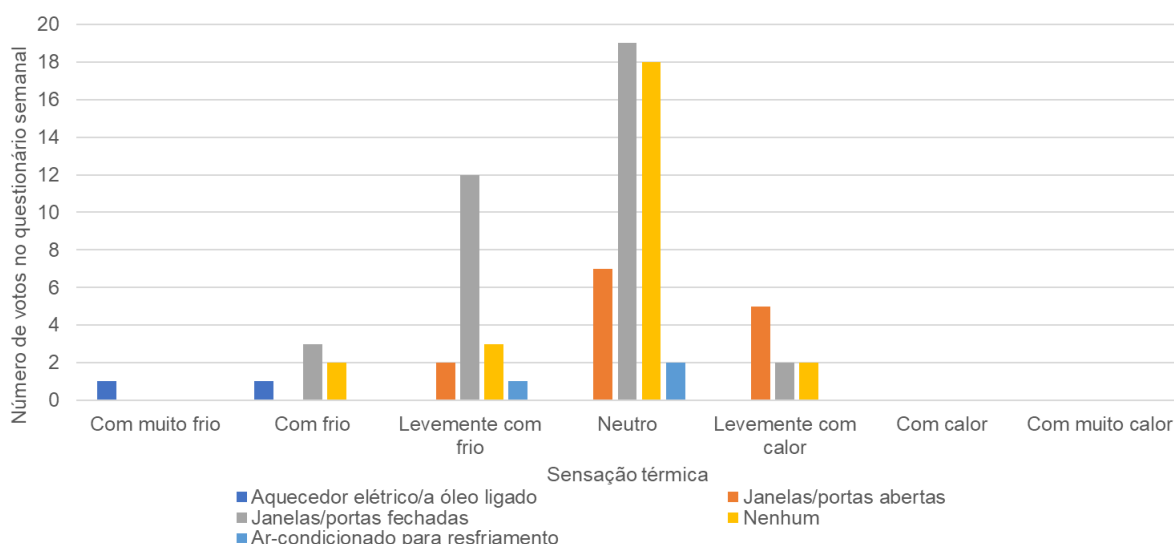


4.5.6. Uso de ajustes ambientais

Além do uso de vestimentas, existem outras maneiras de alcançar o conforto térmico a partir de adaptações do ambiente em que o usuário está inserido. Os ajustes ambientais são uma das formas mais comumente utilizadas para essa finalidade. Com as respostas do questionário, relacionou-se o uso de ajustes ambientais e o voto de sensação térmica graficamente, o resultado está na Figura 36. Nota-se o uso de

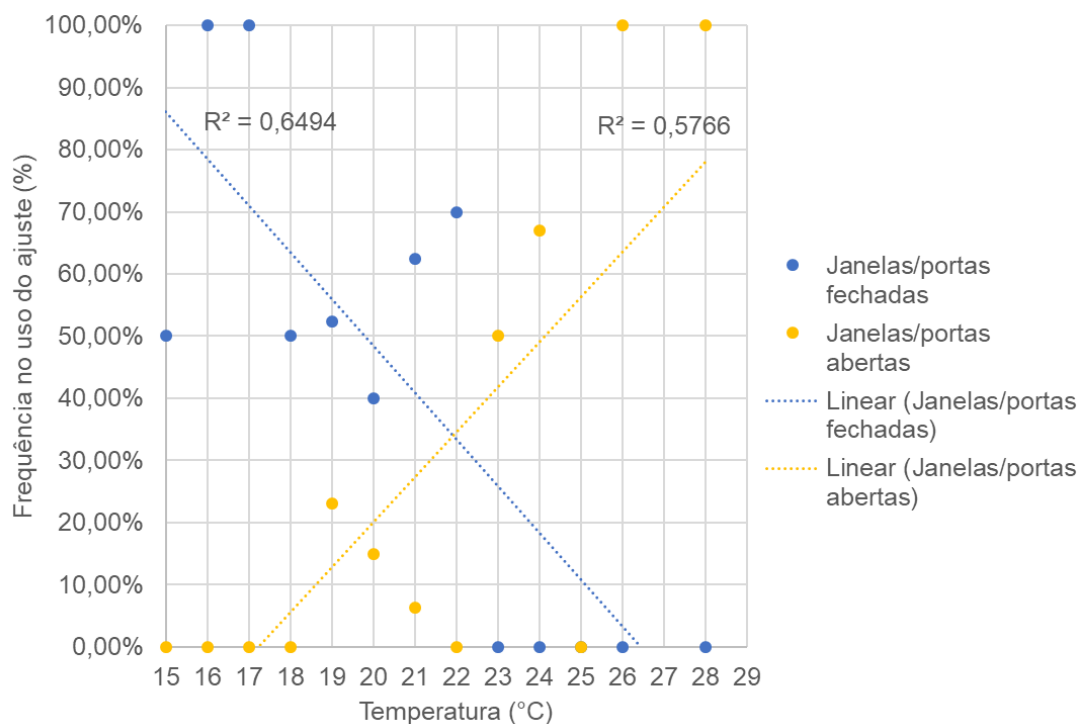
aquecedores (elétricos ou a óleo) nos votos de sensação térmica mais baixo (“com muito frio” e “com frio”). A estratégia de fechar portas e janelas mostra-se mais utilizada na sensação térmica de “com frio” a “levemente com calor”, tendo seu pico na sensação neutra, sendo o ajuste mais utilizado nesse voto de sensação térmica. A partir do voto de “levemente com frio” pode-se notar o aparecimento de ajustes ligados ao resfriamento do ambiente, como a abertura de janelas e portas e o uso de aparelhos de ar-condicionado para o resfriamento. O que pode indicar que os usuários encontram-se com frio pelo uso do ajuste. Nota-se a alta quantidade de respostas referentes a nenhum uso de ajuste, principalmente no voto de sensação térmica “neutro”.

Figura 36 - Uso de ajustes ambientais e sensação térmica



A Figura 37 mostra a relação entre a abertura e fechamento de portas e janelas e a temperatura interna do ambiente. Conclui-se que a partir dos 22°C a predominância passa de portas e janelas fechadas para abertas, podendo ser utilizado esse valor como referência para simulações termoenergéticas de edificações residenciais em Joinville/SC. No estudo de Kim et al. (2017) é obtido um valor próximo a 20°C para haver a troca de predominância de portas e janelas de fechadas para abertas, voltando para fechadas aos 32°C. Como este estudo não monitorou períodos de altas temperaturas, não foi possível chegar à conclusão sobre qual temperatura externa causaria o fechamento de portas e janelas.

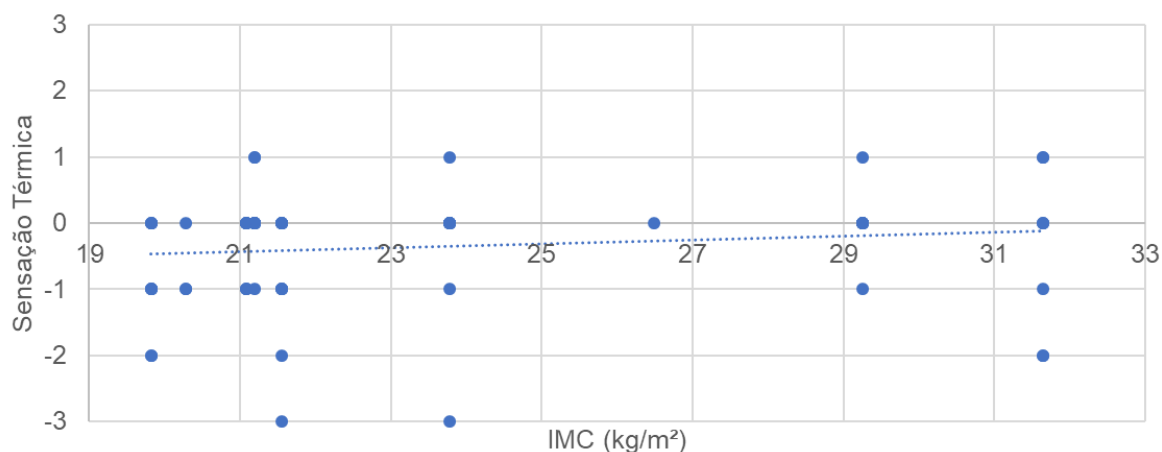
Figura 37 - Relação entre o uso de ajustes ambientais e a temperatura externa



4.5.7. Características pessoais e sensação térmica

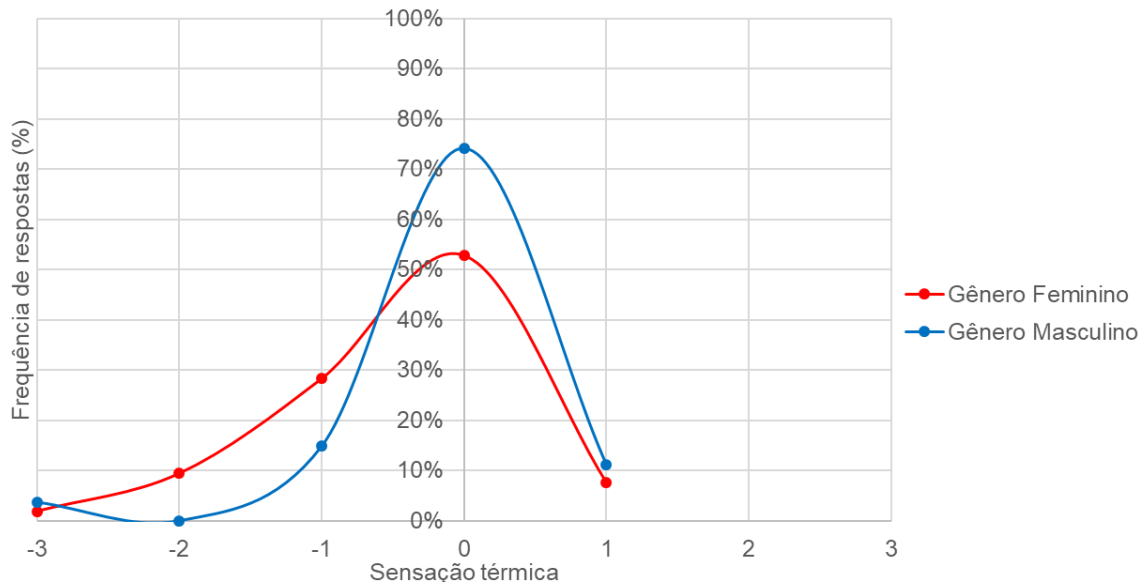
O estudo do conforto adaptativo também leva em consideração características pessoais dos usuários, como idade, gênero, altura e peso. Por esse motivo, a partir dos dados do questionário de conhecimento geraram-se as Figura 38 a Figura 40 e a Tabela . É importante frisar que com os dados obtidos foram geradas análises indicativas e preliminares, para conclusões mais profundas seria necessário o estudo mais a fundo do assunto. Para analisar a influência do peso e altura do usuário na sua sensação térmica, calculou-se o IMC de cada usuário, que foi relacionado com o voto de sensação térmica. Analisando a Figura 38 nota-se uma correlação baixa entre o IMC e a sensação térmica do usuário, devido ao baixo valor de R^2 . Porém, é possível constatar aumento do voto de sensação térmica com o aumento do IMC. Essa mesma relação foi encontrada por Rupp (2018) no seu estudo em escritórios em Florianópolis. Dessa forma, pode-se afirmar que usuários com índices de massa corpórea mais altos tendem a experimentar sensações térmicas mais altas, ou seja, sentirem mais calor.

Figura 38 - Relação entre IMC e sensação térmica



A Figura 39 mostra a relação entre o gênero do usuário e sua sensação térmica. Ao analisá-la, é possível reconhecer a predominância de votos na parte negativa da escala sétima de sensação térmica para o gênero feminino neste estudo. Nota-se que a porcentagem de mulheres com votos nas sensações “com frio” e “levemente com frio” é maior que a porcentagem de homens. Este cenário inverte-se no voto na sensação “neutra”, que segue com predominância masculina até o voto de “levemente com calor”. A Tabela 7 traz o mesmo resultado, na qual o valor médio de voto de sensação térmica para mulheres é de -0,45 enquanto para homens é de -0,15. Esta análise preliminar confirma resultados presentes em outros estudos da literatura, nos quais afirma-se que mulheres sentem mais frio que homens. Indraganti e Rao (2010) encontraram resultados semelhantes em seu estudo, onde pessoas do sexo masculino tinham maior tendência a votar em sensações relacionadas ao calor, porém nesse estudo, constatou-se que as mulheres possuíam mais frequentemente sensações “neutras” que homens, fato que não se repetiu no presente trabalho. Karjalainen (2007) concluiu em seu estudo, realizado em casas, escolas e escritórios na Finlândia, que mulheres preferem ambientes mais quentes que homens. Na mesma linha de estudo, Rupp (2018) constatou que mulheres possuem maior tendência de manifestar desconforto por frio do que por calor.

Figura 39 - Relação entre gênero e sensação térmica



Para complementar a análise preliminar da influência do gênero, comparou-se também a preferência térmica com o gênero do usuário, conforme mostra a Figura 40. Nota-se que as mulheres possuem maior preferência em estarem mais aquecidas que homens. A preferência por continuar da maneira que se estava teve maior frequência masculina do que feminina, de modo a mostrar uma maior satisfação por parte dos homens com a temperatura do ambiente do que as mulheres, o que se opõe ao constatado por Chaudhuri (2018). Porém, esse resultado é confirmado por diversos outros autores na literatura, como Karjalainen (2018) e Indraganti e Rao (2010). Dessa forma, conclui-se que mulheres têm maior preferência por estarem mais aquecidas, enquanto homens mostram-se mais satisfeitos com a temperatura interna mais baixa do que as mulheres.

Figura 40 - Relação entre gênero e preferência térmica

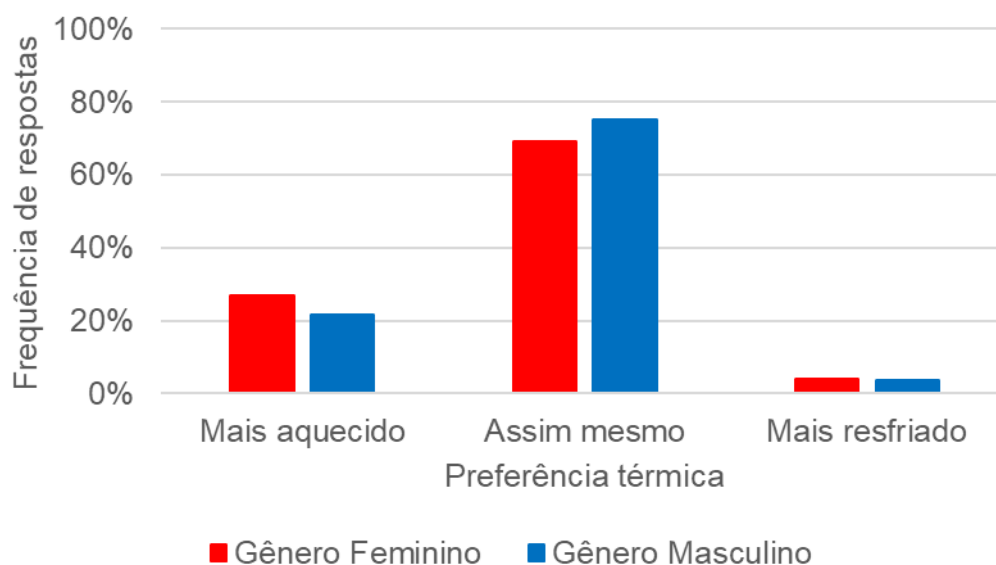


Tabela 7 - Relação entre gênero e sensação térmica

Sensação térmica	Número de respostas no questionário semanal			
	Mulheres	Frequência (%)	Homens	Frequência (%)
-3	1	2	1	4
-2	5	9	0	0
-1	15	28	4	15
0	28	53	20	74
1	4	8	3	11
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Média	-0,45	-	-0,15	-

A relação entre idade e sensação térmica foi avaliada por meio da Tabela 8. Pode-se notar que usuários com idades menores que 40 registraram valor médio de sensação térmica (-0,12) maior do que os usuários com idades maiores que 40 anos (-0,45). Isso é, nesta análise preliminar observou-se que pessoas mais jovens tendem a sentir mais calor que pessoas mais velhas. Esta constatação também foi obtida por Indraganti e Rao (2010), que atribuíram o resultado a taxas de metabolismo mais baixas em pessoas mais velhas.

Tabela 8 - Relação entre idade e sensação térmica

Sensação térmica	Número de respostas no questionário semanal			
	Usuários com menos de 40 anos	Frequência (%)	Usuários com menos de 40 anos	Frequência (%)
-3	0	0	2	4
-2	0	0	5	9
-1	6	23	13	24
0	17	65	31	56
1	3	12	4	7
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
Média	-0,12	-	-0,45	-

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de três residências localizadas em Joinville/SC e analisar o conforto térmico dos usuários. Para que estas avaliações pudessem ser realizadas, foram coletados registros de temperatura e umidade, além da aplicação de questionários semanais, durante o período de 128 dias, entre 1 de junho de 2018 e 7 de outubro de 2018. Posteriormente, foram realizadas análises dos dados coletados, comparando-se os parâmetros de conforto e desempenho térmico e buscando relações entre eles. Avaliando os resultados obtidos, nota-se que por meio deles foi possível alcançar os objetivos específicos do trabalho.

Quando a obtenção de comparações do desempenho térmico entre edificações de diferentes características como número de pavimentos, orientação solar e entorno, nota-se que ao analisar as médias das temperaturas internas dos ambientes monitorados, foi possível verificar que a Residência 1 apresentava registros de temperaturas mais baixas. Esta constatação deve-se principalmente à altura do pé-direito da residência, seu nível na rua e seu entorno. Verificou-se também que a Residência 3 possuía a menor oscilação de temperatura entre seus ambientes, ou seja, os quatro cômodos monitorados comportavam-se de maneira similar, devendo-se principalmente a estarem todos com pelo menos uma parede externa orientada para a mesma direção. Por fim, constatou-se que a Residência 2 foi a que registrou maiores temperaturas, devido principalmente ao entorno da residência e ao seu número de pavimentos (térrea). A análise da umidade mostrou comportamentos semelhantes para as três residências.

Ao avaliar o conforto térmico sentido pelos usuários dessas edificações e analisar possíveis relações com o desempenho térmico das residências, encontraram-se poucas evidências de que existe influência de um no outro. Esta constatação torna-se contraditória ao verificar-se que o desempenho da residência tem influência na temperatura interna dos ambientes dela, que são os locais onde os usuários se localizam na hora das respostas. Porém, ao relacionar-se os dados, constatou-se que mesmo a Residência 2 sendo mais quente, seus usuários apresentavam votos de sensação térmica mais baixos que a residência mais fria (Residência 1). Uma possível explicação encontrada foi a adaptação dos usuários da Residência 1 ao local em que vivem, de modo que mesmo a temperaturas mais baixas apresentem sensações térmicas mais próximas à neutralidade.

Em um panorama geral, analisando os resultados, nota-se que as residências apresentaram resultados satisfatórios de desempenho térmico, principalmente as Residências 2 e 3, mantendo temperaturas mais elevadas e estáveis ao longo do período de monitoramento. Esta análise leva em conta o período estudado, ou seja, um período frio. Seria necessário estudo das épocas quentes do ano para concluir se as residências seguem obtendo um bom desempenho.

A verificação da influência de características pessoais dos usuários no conforto sentido pelos mesmos mostrou-se satisfatória, sendo seus resultados muito próximos dos encontrados em estudos semelhantes, apesar deste estudo apresentar apenas análises preliminares sobre o assunto. Notou-se que mulheres possuem menor satisfação de temperatura e tendem a sentir mais frio que os homens (registrar votos na parte negativa da escala sétima de sensação térmica). Constatou-se também que pessoas mais velhas tendem a apresentar sensações térmicas mais baixas que pessoas mais jovens, com provável influência do metabolismo mais acelerado em idades menores.

Quanto a obtenção de correlações entre os parâmetros estudados e as temperaturas internas das residências, notou-se em sua maioria coeficientes de determinação relativamente altos, indicando correlações existentes entre os dados estudados. Os dados que obtiveram maior R^2 entre si foram o isolamento das vestimentas e a sensação térmica do usuário, seguidos pelos dados de isolamento das vestimentas e a temperatura. As demais relações apresentaram R^2 satisfatórios, apesar de abaixo de outros estudos na literatura. Isso pode dever-se ao baixo número de dados, diminuindo a confiabilidade do estudo. Os parâmetros relacionados entre si com menor R^2 foram o IMC e a sensação térmica que, apesar do baixo coeficiente de determinação, geraram análises semelhantes às encontradas na literatura.

Apesar das diferenças de temperaturas entre as casas, observa-se que os usuários sentiram-se confortáveis na maior parte do tempo, apesar de registrarem votos em sensações “frias” ou “muito frias”. Pôde-se notar que a Residência 2 foi a que obteve maior porcentagem de conforto, porém todas registraram respostas satisfatórias. A adaptação dos usuários às temperaturas sentidas é evidenciada pelos resultados da Residência 1, que mesmo com temperaturas mais baixas, obteve maior média de sensação térmica. Nessa mesma residência, nota-se que sua baixa temperatura não foi um fator tão influente no conforto, quando comparada com a Residência 3, que obteve porcentagem de conforto semelhante.

Por fim, conclui-se com este estudo que entender os padrões de desempenho e o comportamento das edificações é uma forma de diminuir-se os gastos energéticos com estratégias para alcançar o conforto do usuário. Com relação ao conforto térmico, torna-se evidente a influência de diversos fatores no conforto de um usuário. Estes fatores podem ser tanto pessoais, dificilmente mudados, quanto fatores que podem ser facilmente mudados como ajustes ambientais e vestimentas, de modo que o usuário pode escolher as estratégias utilizadas e alcançar o conforto mais facilmente, independente do desempenho da residência.

5.1. Limitações do trabalho

Durante a realização deste trabalho, foram encontradas algumas limitações e dificuldades tais como:

- Amostra pequena de residências;
- Falta de constância nos horários e datas de resposta dos questionários, de modo que não foi possível realizar análises mais aprofundadas;
- Coleta dos dados realizada somente nos períodos mais frios do ano;
- Números de respostas diferentes entre cada residência e usuários, dificultando a comparação entre os dados.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Visando dar continuidade e complementar o presente trabalho, seguem sugestões para trabalhos futuros:

- Coleta de dados durante o período de verão;
- Analisar um número maior de residências e usuários;
- Estudar residências com padrões construtivos diferentes entre si;
- Analisar mais profundamente o uso dos ajustes ambientais;
- Aplicar o questionário durante o período de pelo menos um ano com respostas assíduas dos usuários;
- Obter a temperatura externa por meio de sensores próprios, para avaliar possíveis mudanças na temperatura externa pela distância entre as casas.

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220, **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro-RJ, 2005.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575, **Edifícios habitacionais: desempenho**. Rio de Janeiro-RJ, 2013.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. **Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2010.
- BARANOVA, D; SOVETNIKOV, D; SEMASHKINA, D; BORODINECS, A. Correlation of energy efficiency and thermal comfort depending on the ventilation strategy. **Procedia Engineering**, v. 205, p. 503-510, 2017.
- BARBOSA, M; LAMBERTS, R; GUTHS, S. Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações. **Ambiente Construído**, v. 8, p. 117-136, 2018.
- BOGO, A; PIETROBON, C; BARBOSA, M; GOULART, S; PITTA, T; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Relatório Interno 02, Núcleo de pesquisa em construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- BRITO, A; AKUTSU, M. Contribuição da cor da cobertura na melhoria do desempenho térmico de habitação no período de verão. In: **XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**, Campinas/SP, 2015.
- CASTALDO, V; PISELLO, A; PISELLI, C; FABIANI, C; COTANA, F; SANTAMOURIS, M. How outdoor microclimate mitigation affects building thermal-energy performance: A new design-stage method for energy saving in residential near-zero energy settlements in Italy. **Renewable Energy**, v. 127, p. 920-935, 2018.
- CHAUDHURI, T; ZHAI, D; SHO, Y; LI, H; XIE, L. Random forest based thermal comfort prediction from gender-specific physiological parameters using wearable sensing technology. **Energy and Buildings**, v. 166, p. 391-406, 2018.

- CORBELLA, O; YANNA, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para todos os trópicos**: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- DE DEAR, R; BRAGER, G; COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: Final Report on ASHRAE RP - 884**. Sydney, 1997.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. Relatório Síntese 2017, ano base 2016.
- FANGER, P. **Thermal Comfort**. Analysis and Applications in Environmental Engineering. Estados Unidos, 1970.
- FARIAS, D; RAVIOLO, B; CAVALCANTE, M. A verticalização de fortaleza e a sua influência sobre a ventilação natural em uma edificação multifamiliar. In: **X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído / XIV Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído**. Balneário Camburiú/SC, 2017.
- FERREIRA, C; SOUZA, H; ASSIS, E. Discussão dos requisitos e dos limites das propriedades térmicas para garantia de conforto térmico segundo as normas brasileiras. In: **XIV Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído / X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído**, Balneário Camboriú/SC, 2017.
- GIVONI, B. Comfort and Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, p. 11-23, 1992.
- GOOGLE. **Google Earth**. Versão 9.2.64.2. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/>>. Acesso em: 12 ago. 2018.
- GONÇALVES, J. C. S; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.
- HUNT, J; STILPEN, D; FREITAS, M. A review of the causes, impacts, and solutions for electricity supply crisis in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 88, p. 208-222, 2018.
- INDRAGANTI, M. Behavioural adaptation and the use of environmental controls in summer for thermal comfort in apartments in India. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 1019-1025, 2010.

- INDRAGANTI, M; RAO, K. Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: A field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 273-281, 2010.
- INVIDIATA A.; GHISI E. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. **Energy and Buildings**, v.130, p.20-32, 2016.
- IPPUJ, Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville. **Joinville: Cidade em dados 2017**. Joinville/SC. 2017.
- KARJALAINEN, S. Gender differences in thermal comfort and use of thermostats in everyday thermal environments. **Building and Environment**, v. 42, p. 1594-1503. 2007.
- KIM, J; DEAR, R; PARKINSON, T; CANDIDO, C. Understanding patterns of adaptive comfort behaviour in the Sydney mixed-mode residential context. **Energy and Buildings**, v.141, p. 274-283, 2017.
- KIM, J; DEAR, R; PARKINSON, T; CANDIDO, C; COOPER, P; MA, Z; SAMAN, W. Field study of air conditioning and thermal comfort in residential buildings. In: **9th Windsor Conference: Making comfort relevant**, Windsor, UK, 2016.
- LIU, H; KOJIMA, S. Evaluation on the energy consumption and thermal performance in different residential building types during mid-season in hot-summer and cold-winter zone in China. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 282-291, 2017.
- LOURA, R; ASSIS, E; BASTOS, L. Impacto dos sistemas construtivos sobre o conforto térmico em edificações: um estudo de caso. In: **XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**, Campinas/SP, 2015.
- MANIOGLU, G; YILMAZ, Z. Economic evaluation of the building envelope and operation period of heating system in terms of thermal comfort. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 266-272, 2006.
- MIRRAHIMI, S; MOHAMED, M; HAW, L; IBRAHIM, N; YUSSOF, W; AFLAKI, A. The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 1508-1519, 2016.

- MISNI, A. Modifying the Outdoor Temperature around Single-Family Residences: The influence of landscaping. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 105, p. 664-673, 2003.
- NICO-RODRIGUES, E; ALVAREZ, C; SANTO, A; PIDERIT, M. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. **Ambiente Construído**, v. 15, p. 7-23, 2015.
- NICOL, J; HUMPHREYS, M. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 563-572, 2002.
- NICOL, J; RAJA, I; ALLAUDIN, A; JAMY, G. Climatic variations in comfort temperatures: the Pakistan projects. **Energy and Buildings**, v. 30, p. 261-279, 1999.
- OLGYAY, V. **Arquitetura y Clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Edição Castelhana, versão 5, 2008. Edição original 1998.
- OLIVEIRA, R; SOUZA, R; MAIRINK, A; RIZZI, M; SILVA, R. Thermal Comfort for users according to the Brazilian Housing Buildings Performance Standards. **Energy Procedia**, v. 78, p. 2923-2928, 2015.
- PEREIRA, C; GHISI, E. The influence of the envelope on the thermal performance of ventilated and occupied houses. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 3391-3399, 2011.
- PROCEL EDIFICA; ELETROBAS; INMETRO; CB3E. Manual RTQ-R 4.2. **Manual para Aplicação do RTQ-R**. Versão 1. 2012.
- RAJA, I; NICOL, J; MCCARTNEY, K; HUMPHREYS, M. Thermal comfort: use of controls in naturally ventilated buildings. **Energy and Buildings**, v. 33, p. 235-244, 2001.
- ROSA, L; LOMARDO, L. The Brazilian energy crisis and a study to support building efficiency legislation. **Energy and Buildings**, v. 36, p. 89-95, 2004.
- RUPP, R. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizadas no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

- SONG, Y; SUN, Y; LUO, S; TIAN, Z; HOU, J; KIM, J; PARKINSON, T; de DEAR, R. Residential adaptive comfort in a humid continental climate – Tianjin China. **Energy and Buildings**, v. 170, p. 115-121, 2018.
- TABARELLI, G; GARLET, L; WOLOSZYN, M; SANTOS, J. Influência das composições de coberturas no desempenho térmico de habitações multifamiliares. In: **X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído / XIV Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído**, Balneário Camboriú/SC, 2017.
- VASCONCELLOS, V; CORBELLA, O. Entorno construído e microclima. Influências que determinam o uso dos espaços exteriores. In: **IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Ouro Preto/MG, 2007.
- YU, W; LI, B; YAO, R; WANG, D; LI, K. A study of thermal comfort in residential buildings on the Tibetan Plateau, China. **Building and Environment**, v. 119, p. 71-86, 2017.
- ZHANG, Y; LIN, K; ZHANG, Q; DI, H. Ideal thermophysical properties for free-cooling (or heating) buildings with constant thermal physical property material. **Energy and Buildings**, v.38, p. 1164-1170, 2006.
- ZINZI, M; CARNIELO, E. Impact of urban temperatures on energy performance and thermal comfort in residential buildings. The case of Rome, Italy. **Energy and Buildings**, v. 157, p. 20-29, 2017a.
- ZINZI, M; CARNIELO, E. Global energy performance of residential buildings: the role of the urban climate. **Energy Procedia**, v. 142, p. 2877-2883, 2017b.

Apêndice

Apêndice A: Questionário para conhecimento do entrevistado, com perguntas demográficas e pessoais.

Questionário de conhecimento dos entrevistados

Iniciais: _____

Número da casa: _____

Altura: _____

Peso: _____

Grau de instrução: _____

Alternativas normalmente utilizadas para alcançar satisfação térmica:

- Ventilador ligado
- Janelas/Portas abertas
- Ar-condicionado ligado para resfriamento
- Ar-condicionado ligado para aquecimento
- Lareira
- Aquecedor

Ao sair de casa, com que frequência você deixa o ar-condicionado ligado:

- Nunca
- Às vezes
- Sempre

Apêndice B: Questionário aplicado semanalmente com questões sobre as sensações térmicas sentidas no momento de resposta.

Questionário de conforto térmico

Você está sendo convidado(a) a preencher o seguinte formulário, que tem por objetivo coletar dados para uma pesquisa sobre conforto térmico em residências unifamiliares para realização de um trabalho de conclusão de curso. O questionário leva em torno de 2 minutos ou menos para ser preenchido.

Os dados obtidos nessa pesquisa serão para fins acadêmicos, portanto toda e qualquer informação conferida por meio de questionário ou confiada à pesquisadora no âmbito deste trabalho será sigilosa. Nenhum indivíduo será identificado em qualquer publicação dos resultados e apenas os pesquisadores envolvidos terão acesso aos dados.

Em caso de dúvida, favor entrar em contato.

Leticia Moy, graduanda de Engenharia Civil
leticiamoy@hotmail.com

Supervisor:
Ricardo Rupp, Dr.
Enedir Ghisi, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

*Obrigatório

Por favor indique as suas iniciais de nome e sobrenome (ex:
Leticia Silveira Moy = LSM) *

Sua resposta _____

1. Você está em casa nesse momento? *

- Sim
 Não

PRÓXIMA

Questionário de conforto térmico

*Obrigatório

Localização

2. Em que cômodo você está? *

- Cozinha
- Sala de estar
- Sala de jantar
- Quarto
- Banheiro
- Lavanderia
- Outro:

VOLTAR

PRÓXIMA

Sensação Térmica

3. Como você está se sentindo termicamente? *

- Com muito frio
- Com frio
- Levemente com frio
- Neutro
- Levemente com calor
- Com calor
- Com muito calor

VOLTAR

PRÓXIMA

4. Considerando a sua sensação térmica, neste momento você está? *

- Confortável
- Ligeiramente confortável
- Ligeiramente desconfortável
- Desconfortável

VOLTAR

PRÓXIMA

5. Você preferia estar: *

- Mais aquecido
- Assim mesmo
- Mais resfriado

VOLTAR

PRÓXIMA

6. Que atividade você estava realizando imediatamente antes de responder ao questionário? *

- Dormindo
- Lendo
- Mexendo no computador/tablet/celular
- Assistindo televisão
- Caminhando dentro de casa
- Cozinhando
- Fazendo alguma refeição
- Tomando banho
- Limpando a casa
- Fazendo alguma atividade de lazer (dançando, praticando algum esporte)
- Outro: _____

VOLTAR

PRÓXIMA

7. No espaço que você está agora, está sendo utilizada alguma das seguintes estratégias? (podem ser assinaladas mais de uma alternativa) *

- Não
- Janelas/portas abertas
- Janelas/portas fechadas
- Ventilador ligado
- Ar-condicionado ligado para resfriamento
- Ar-condicionado ligado para aquecimento
- Aquecedor elétrico/a óleo ligado
- Lareira acendida
- Outro: _____

VOLTAR

PRÓXIMA

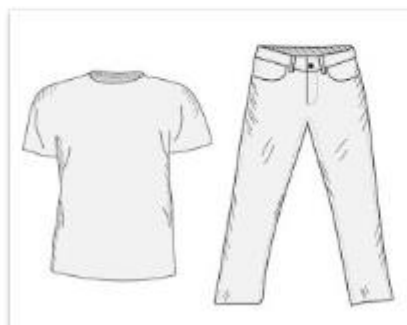
8. Qual das opções abaixo descreve melhor sua vestimenta no momento? *



Muito leve



Leve



Casual



Pesada

9. Neste momento você está utilizando alguma das seguintes peças de roupa? (podem ser assinaladas mais de uma alternativa) *

Cachecol

Luvas

Cobertor

Não

Outro: _____

VOLTAR

PRÓXIMA

Obrigada pela resposta!

VOLTAR

ENVIAR

Sua resposta foi registrada.

[Enviar outra resposta](#)