

A influência das condições atmosféricas e do vidro na percepção térmica humana em câmara bioclimática

The influence of sky conditions and glass on the human thermal perception in a bioclimatic chamber

¹Raphaela Walger da Fonseca, ²Luísa A. Rosa, ³Walter Ihlenfeld, ⁴Tássia Fritoli, ⁵Eduardo Krüger

¹Arquiteta e Urbanista, Doutora em Engenharia Civil – Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade do Vale do Itajaí (raphaela.walger@univali.br)

²Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (luisaalcantararosa@alunos.utfpr.edu.br)

³Mestre pelo Pós-graduação em Engenharia Civil — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (walterihlenfeld@alunos.utfpr.edu.br)

⁴Bióloga pela Universidade Federal do Paraná, acadêmica de Engenharia Civil — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (tfritoli@alunos.utfpr.edu.br)

⁵Professor Titular do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil — Universidade Tecnológica Federal do Paraná (ekruger@utfpr.edu.br)

RESUMO: Este trabalho avaliou a influência das condições atmosféricas na percepção térmica dos ocupantes, considerando-se diferentes tipos de vidro, observando-se a interferência do turno de exposição e do contato visual com o exterior. Para tanto, 48 voluntários expostos a 3 tipos de vidro (claro e 2 de controle solar) em uma câmara climática *walk-in*, em condições de céu claro, parcialmente encoberto e encoberto, nos períodos da manhã e da tarde, com e sem contato visual com o exterior. Foram medidas variáveis térmicas ambientais, fisiológicas e aplicados questionários de percepção térmica, posteriormente comparados ao PMV calculado. Os dados coletados foram analisados estatisticamente. Obteve-se que as avaliações térmicas dos ocupantes têm relação com o tipo de céu, mas independem do tipo de vidro, bem como da relação entre ambos. Observou-se também que a percepção térmica tem relação com o turno de participação, assim como com a interação entre este e o tipo de céu. Por fim, que o contato visual com o exterior afetou a forma como as condições atmosféricas influenciaram o voto de percepção térmica dos voluntários. Concluiu-se que as condições atmosféricas influenciaram a percepção térmica dos participantes, independentemente do tipo de vidro, e que a o turno e o contato visual com o exterior podem interferir na maneira como essas condições influenciam os votos térmicos, mas de maneiras distintas. Portanto, a climatização e o leiaute dos ambientes podem se utilizar destes aspectos para a sua otimização tanto na oferta de conforto aos usuários, quanto para o uso racional de energia.

Palavras Chave: Percepção térmica, tipo de céu, ritmo circadiano, vidros, edificações.

ABSTRACT: The study evaluated the influence of sky conditions on the thermal perception of occupants, considering diverse types of glass, and observing the possible interference of the time of exposure and visual contact with the outdoors. To this end, forty-eight volunteers were exposed to three types of glass (clear and two solar control) in a walk-in climatic chamber, under clear, partly cloudy, and overcast sky conditions, during the morning and afternoon, with and without visual contact with the outdoors. Environmental and physiological thermal variables were measured, and thermal perception questionnaires were administered, which were later compared to the calculated PMV. The results were analyzed statistically. It was found that the thermal evaluations of the occupants are related to the type of sky, but independent of the type of glass or the interaction between the two. It was also observed that thermal perception is related to the time of day, as well as the interaction between this and the type of sky. Finally, the visual contact with the outside affected how atmospheric conditions influenced the thermal perception volunteers' vote. It was concluded that atmospheric conditions influenced the participants' thermal perception, regardless of the type of glass, and that the time of day and visual contact with the outdoors may interfere with how these conditions influence the thermal votes, but in diverse ways. Therefore, the climate control and layout of environments can take these aspects into account for optimization, both in offering comfort to users and for the rational use of energy.

Keywords: Thermal perception, sky type, circadian rhythm, glass, buildings.

1. INTRODUÇÃO

A percepção térmica é influenciada pelo clima e pelo tempo, por aspectos individuais, fatores psicológicos e socioculturais. A transferência de calor que ocorre entre o corpo humano e o meio em que se encontra está relacionada aos fatores físicos, enquanto os aspectos fisiológicos estão relacionados às mudanças na reação fisiológica do organismo. Por sua vez, os aspectos psicológicos têm relação com as experiências e expectativas do indivíduo quanto às percepções e respostas sensoriais (LAMBERTS et al., 2016). Assim, a ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017) observa que o conforto térmico consiste em um estado de espírito de satisfação com o ambiente térmico no qual o indivíduo está.

Dentre os aspectos fisiológicos que influenciam a percepção térmica, destacam-se os regulados pelo ritmo circadiano. Já entre os psicológicos, merecem atenção os relacionados às condições climáticas. O clima e o tempo diário afetam sobremaneira as condições da abóbada celeste e, conseqüentemente, luminosidade das edificações. É sabido que a iluminação tem impacto expressivo na saúde dos mamíferos, visto que o seu organismo responde ao ritmo circadiano, regulado pelo padrão de luz que recebe (REPERT; WEAVER, 2002). Nesse sentido, as Células Ganglionares da Retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs) são as responsáveis pela recepção da luz e operam independentemente da visão (PROVENCIO et. al, 2000, BRAINARD et. al, 2001). Essas células comunicam-se diretamente com o sistema nervoso central, enviando informações acerca do padrão luminoso que recebem, ativando e regulando o ritmo circadiano e, por conseguinte, todos os sistemas dele dependentes (BERMAN e CLEAR, 2019).

Konis (2019) elenca uma gama de funções comportamentais e fisiológicas reguladas por esse ritmo, entre elas, a temperatura corporal central e o funcionamento cardíaco. A temperatura corporal central varia ao longo do dia conforme o ritmo circadiano, com um pico máximo vespertino entre 16h e 20h e um mínimo entre 2h e 4h da manhã. A amplitude desta variação é de 0,6°C a 1°C, aproximadamente. Já a maior eficiência e vigor cardiovascular ocorre por volta das 17h30 (BOSBOON, 2013).

A luz do dia é a que possui a maior parte do espectro nos comprimentos de onda aos quais o sistema circadiano responde, além de apresentar a variação espectral diária e intensidade apropriadas para a sua manutenção, uma vez que a evolução se deu regida por ela.

Contudo, as pessoas passam cerca de 90% do tempo no interior das edificações, fazendo com que emergja a necessidade de se estudar os impactos biometeorológicos também no espaço interno. Quando a iluminação natural é feita por janelas, elas permitem o contato visual com o exterior e a percepção das condições climáticas e temporais externas. Essa percepção pode ainda ser influenciada por elementos da janela, como os vidros de controle solar que alteram a composição espectral da luz.

Nesse viés, a variação da seletividade espectral dos vidros, bem como as condições atmosféricas, pode implicar na aparência da cor da luz que transmitem, assim, podem fazer que o ambiente tenha um aspecto visual associados a “cores quentes” ou “cores frias” e influenciar psicologicamente na percepção térmica dos usuários, conhecida como a hipótese matiz-calor (BENNETT e REY, 1972). Tal hipótese defende que as cores influenciam a percepção térmica subjetiva das pessoas, sendo o azul relacionado à percepção de frio e o vermelho ao calor, passando pelas cores intermediárias em uma relação escalar entre esses dois extremos.

Diante do exposto, identificou-se a utilidade de se estudar a influência das características climáticas relacionadas à luz, ou seja, os tipos de céu, na percepção térmica dos usuários considerando-se os aspectos da interferência dos vidros de controle solar, que modificam o espectro luminoso, e o período do dia, durante o qual a temperatura corporal central varia. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das condições de céu na

percepção térmica dos ocupantes, considerando-se diferentes tipos de vidro, observando-se a possível interferência do turno de exposição e o contato visual com o exterior.

2. MÉTODO

Consideraram-se medições ambientais e aplicação de questionários acerca da percepção térmica de um ambiente em uma câmara climática walk-in a 48 voluntários (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética nº 63969422.0.0000.0177). O tamanho da amostra foi estimado por uma análise prévia para ANOVA fatorial de medidas repetidas, com variáveis independentes entre e dentre participantes, usando-se o programa G*Power v.3.1.9.7 (FAULT, et al, 2020). Para a estimativa, estabeleceu-se: Tamanho de efeito, $f = 0,25$; Probabilidade de erro, $\alpha = 0,05$; Poder ($1-\beta$ err prob), $P = 0,95$; Número de grupos = 2; Número de medições = 3; Correlação entre medidas repetidas = 0,5; Correção de não esfericidade, $\varepsilon = 1$. Tais parâmetros resultaram em uma amostra $n = 44$, contudo, cientes de que frequentemente ocorrem perdas de dados que experimentos de campo em função de falhas de equipamentos ou abstenção dos participantes, adotou-se preventivamente $n = 48^1$. Metade dos sujeitos foi exposta à vista da janela e a outra metade à vista da parede oposta (Figura 1). Assim, o fator intra-sujeitos é o tipo de vidro, enquanto o fator entre-sujeitos é a vista, para a janela ou para a parede. Cada sessão abrigou 2 participantes simultaneamente, um em cada posição.

Figura 1 - CBBC: vista interna e externa, alocação dos sensores ambientais e pessoais.



a) Vista externa da CBBC



b) Participante paramentado



c) Vista interna do ME com os equipamentos

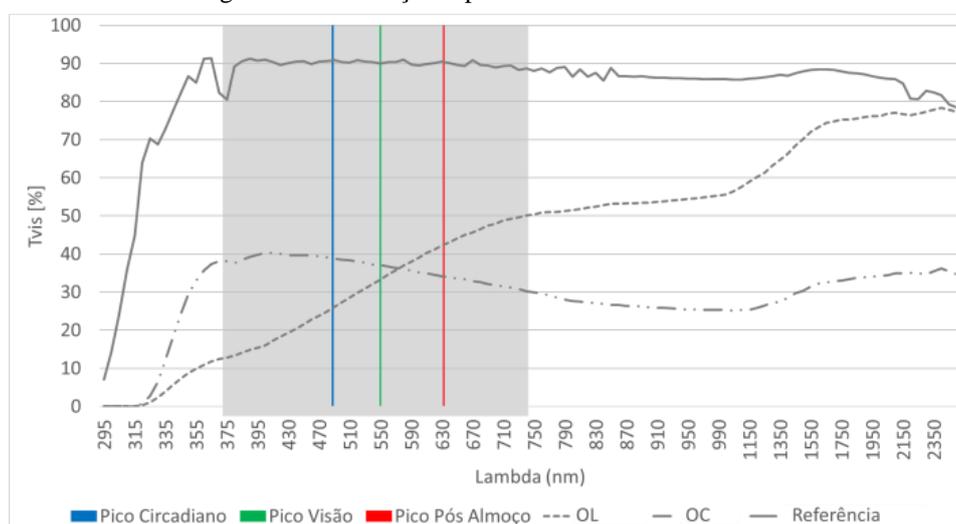
Legenda dos equipamentos:

- E1 e E2: Espectrofotômetros
- 1 a 3: Hobos Light 4 canais com sensor no plano vertical
- 4 a 6: Hobos Light 4 canais com sensor no plano horizontal
- 7: Hobo CO₂ com Termômetro de globo

¹ Entrada: Tamanho do efeito, $f = 0,25$; Probabilidade de erro, $\alpha = 0,05$; Poder ($1-\beta$ err prob), $P = 0,97$; Número de grupos = 2; Número de medições = 3; Corr entre medidas, rep = 0,5; Correção de não esfericidade, $\varepsilon = 1$; Saída: Parâmetro de não centralidade, $\lambda = 18,0000000$; F crítico = 3,0954328; Numerador df = 2,0000000; Denominador df = 92; Tamanho total da amostra = 48; Poder real = 0,9701559.

O experimento foi realizado entre 16 e 25 de novembro de 2022, contemplando três condições de céu: céu claro, parcialmente nublado e nublado. O ambiente adotado foi o Módulo Experimental (ME) da Câmara Climática de Baixo Custo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O módulo foi avaliado sob 3 condições: com um vidro simples, com transmissão visível de aproximadamente 80% (condição de referência), e com dois vidros de controle solar de transmissão visível aproximadamente 35%, mas distribuição espectral distinta. O critério de distinção entre os vidros foi que tivessem quantidades de energia diferentes para os comprimentos de onda de 490 nm, pico de sensibilidade das células ipRGCs, e 640 nm, pico da sensibilidade para o estado de alerta pós-almoço (SAHIN e FIGUEIRO, 2013). A Figura 2 mostra a distribuição espectral dos vidros, denominados: Referência; OL - predominância de energia em ondas longas; e OC – predominância em ondas curtas.

Figura 2- Distribuição espectral dos vidros escolhidos.



2.1 Descrição do ambiente

O módulo tem área interna de 5,39 m², uma única janela orientada à Norte, acabamento das superfícies internas em cores claras e está localizado no estacionamento do Campus da UTFPR, sede Ecoville, em Curitiba (25.4372° S, 49.2700° O) (Figura 1). Para a manutenção da temperatura interna, o equipamento condicionador da sala, um split, foi ligado a 23° C. A cada turno, manhã e tarde, realizava-se a renovação de ar total da sala e o aparelho era ligado no mínimo meia hora antes do experimento. Foi utilizado um sistema de renovação de ar para controle dos níveis de CO₂. A velocidade do ar interna foi medida com um anemômetro portátil, obtendo-se o valor de 0,3 m/s.

2.2 Descrição do experimento

O experimento baseou-se no protocolo proposto por Giraldo e Toftum (2022), com adaptações aos objetivos do estudo e ao contexto local. As medições ambientais ocorreram entre 8h e 17h, em intervalos de 1 minuto. Mediram-se a temperatura de bulbo seco, temperatura de globo e umidade relativa do ar com um Hobo Light (ONSET, 2010). A Figura 1 mostra a localização dos equipamentos durante as medições. O Hobo foi instalado em um tripé à altura de 1m localizado no fundo da sala, indicado com o número 7 na mesma Figura 1. Dois espectrofotômetros UPRTek (UPRTEK, 2023) foram alocados em um tripé no centro do ambiente, um orientado na direção da janela e outro da parede oposta, para o monitoramento luminoso no plano vertical. Os participantes foram equipados com iButtons

para o monitoramento da temperatura superficial da pele e com cintas Polar H10 para o monitoramento da frequência cardíaca.

O experimento foi do tipo *mixed design* em que os 48 participantes foram divididos em 6 blocos, cada um com 8 participantes. Para o balanceamento do projeto, 6 seqüências de exposição, baseadas em permutação simples, foram atribuídas aleatoriamente a cada bloco para reduzir os efeitos de ordem. Cada sujeito foi exposto aos três tipos de vidro, em dias diferentes, mas no mesmo horário. Todos os voluntários foram expostos às três condições de céu, mas com vidros diferentes. O total de sessões experimentais foi de 72, realizadas ao longo de 9 dias, 8 sessões por dia. Metade das sessões ocorreram pela manhã, entre 8h e 12h, e a outra metade à tarde, entre 13h e 17h. O tempo de participação dos voluntários foi estimado em 45 minutos, sendo os 15 minutos iniciais para a aclimação térmica e luminosa e para estabilizar seu metabolismo ao nível de atividade, e a meia hora seguinte, para o experimento propriamente dito. Durante a sessão os participantes responderam questionários acerca da sua percepção térmica em dois momentos, no início e ao final dos 30 min da sessão. Os 15 minutos restantes foram utilizados para higienização e organização da sala para a sessão seguinte.

A percepção e preferência térmica dos usuários foi registrada por meio de questionários estruturados segundo as normas ISO 10551 (ISO, 2015), 7730 (ISO, 2005), 8996 (ISO, 2004) e 9920 (ISO, 2007). Este trabalho dispõe sobre a questão apresentada na Tabela 3 que foi utilizada para determinar a percepção térmica dos participantes, sendo que a escala de sete pontos compreende as respostas possíveis.

Quadro 1 - Registro da percepção térmica dos participantes.

Como você se sente agora?						
-3	-2	-1	0	1	2	3
Com muito frio	Com frio	Levemente com frio	Neutro	Levemente com calor	Com calor	Com muito calor

O índice térmico adotado para avaliar o conforto térmico e as condições climáticas foi o *Predicted Mean Vote* (PMV - Voto Médio Predito) (FANGER, 1970; ISO 7730, 2005). O PMV é expresso numericamente por meio da escala de sete pontos, que apresenta variação entre -3 e +3. Essa escala varia entre muito frio, que corresponde a -3, e muito calor (+3).

Seu cálculo se deu a partir da temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento medidas no local, ao tempo de resposta dos questionários; da T_{RM} calculada a partir da equação estabelecida para convecção forçada (ISO 7726, 1998); e da taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta. Os valores de taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta foram fixados para todos os indivíduos em 1 met e 0,61 clo, respectivamente, correspondendo a uma pessoa exercendo uma atividade leve de escritório e a vestimenta previamente estabelecida como padrão para os entrevistados. Para a determinação dos valores de PMV foi utilizado o site do Center for the Built Environment Thermal Comfort Tool (<https://comfort.cbe.berkeley.edu/>).

Para a análise da percepção térmica, os resultados dos PMVs foram comparados ao voto dos participantes dado à questão explicitada na Tabela 1 por meio do cálculo erro absoluto entre os votos, conforme Equação 1:

$$EA = |Z_t - \hat{Z}_t| \quad (1)$$

Em que: EA: erro absoluto; Z_t representa o valor observado no período t, o voto de percepção térmica real relatado no momento da entrevista; e \hat{Z}_t : corresponde ao valor estimado pelo modelo no período t, o valor de PMV calculado com base nos dados registrados.

As presentes análises adotaram os questionários aplicados tanto no início, quanto no final das sessões, uma vez uma análise anterior mostrou que não houve diferença estatística significativa entre os votos da percepção térmica ambiental entre esses dois momentos (FONSECA *et al.*, 2023).

2.3 Caracterização da Amostra

Para a caracterização da amostra foram coletadas informações gerais dos participantes, incluindo informações como hábitos, peso, altura etc., e levantado o seu cronotipo pela aplicação do teste Horne-Östberg's Matutino-Vespertino (HORNE; ÖSTBERG, 1976). Os resultados foram interpretados e analisados, sendo que as perguntas abertas tiveram as respostas agrupadas por semelhança, e codificadas para a entrada no programa de análise estatística SPSS (IBM, 2019).

O cálculo do índice de massa corporal (IMC) foi feito e classificado conforme as recomendações do Ministério da Saúde. Adotou-se a Equação 2, em que o peso é dado em quilogramas e a altura em metros. Para a classificação, baseou-se no disposto no Quadro 2.

$$IMC = \frac{\textit{peso}}{\textit{altura}^2} \quad (2)$$

Quadro 2– Classificação do IMC.

Intervalo	Classificação
Menor que 18,5	Magreza
Entre 18,5 e 24,9	Peso normal
Entre 25 e 29,9	Sobrepeso
Igual ou acima de 30	Obesidade

Fonte: Adaptado de Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde.

Já para a obtenção do cronotipo dos participantes, a pontuação e a interpretação do questionário Horne-Östberg's Matutino-Vespertino foi feita conforme descrito em Terman e Terman (2005). O questionário possui 19 questões, cada uma com 4 ou 5 alternativas. Cada alternativa tem uma pontuação correspondente. Para a classificação do cronotipo, somam-se todos os pontos atribuídos a cada alternativa selecionada em cada questão, sendo que o resultado pode variar de 16 a 86 pontos. Logo, a pontuação pré-estabelecida no questionário para cada resposta selecionada pelos voluntários foi somada e o valor total classificado conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação de matutinidade- vespertinidade.

16 - 30	31 - 41	42 - 58	59 - 69	70 - 86
Definitivamente vespertino	Vespertino moderado	Intermediário	Matutino moderado	Definitivamente matutino

2.4 Análise estatística

A análise dos dados ambientais e pessoais medidos e calculados foi feita por meio de estatística descritiva e inferencial. A estatística descritiva foi utilizada para sumarizar e caracterizar os dados ambientais e pessoais medidos por equipamentos. Utilizaram-se medidas de tendência central, como média e mediana, para representar a localização dos dados; medidas de dispersão, como desvio padrão, para indicar sua variabilidade; e os quartis para analisar os grupos da séries de dados por percentil 25% e 75%. A normalidade dos dados quantitativos foi avaliada adotando-se os testes Skewness, Curtose, Kolmogorov-Smirnov e

Shapiro–Wilk (FIELD, 2020).

A análise estatística inferencial foi aplicada com três abordagens. A primeira tratou da comparação das variáveis medidas ou pré-coletadas entre os três tipos de vidro, possibilitando verificar questões como o balanceamento de sujeitos segundo seu IMC entre os vidros, a caracterização do ambiente luminoso e térmico de cada configuração, e a consequente resposta fisiológica dos voluntários. A segunda, tratou da verificação da influência do sexo biológico nas variáveis fisiológicas dos participantes. Tal análise foi conduzida para verificar se o sexo poderia induzir um viés nos resultados, uma vez que homens e mulheres costumam ter sensibilidade térmica distinta, dados fatores hormonais, metabólicos e de gordura corporal. Já a terceira, consistiu no teste de duas hipóteses acerca da influência das condições de céu na percepção térmica, conforme segue:

a) Se a seletividade do vidro afeta a percepção térmica ambiental da mesma forma, para condições de céu distintas. Esta avaliação foi repetida, uma vez para os dados de ocupantes com contato visual com o exterior e, outra, sem, conforme indicado abaixo:

- H0: As avaliações térmicas dos ocupantes independem do tipo de céu e da seletividade dos vidros;
- H1: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pela condição do céu independentemente da seletividade dos vidros [amostras];
- H2: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pela seletividade dos vidros, independentemente da condição do céu [colunas]; e,
- H3: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pela condição do céu em função da seletividade dos vidros [interação].

b) Se o turno de participação afeta a percepção térmica ambiental da mesma forma, para condições de céu distintas, conforme indicado abaixo:

- H0: As avaliações térmicas dos ocupantes independem do tipo de céu e do turno de participação;
- H1: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pela condição do céu independentemente do turno [amostras];
- H2: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pelo turno, independentemente da condição do céu [colunas]; e,
- H3: As respostas pessoais sobre a percepção térmica do ambiente são afetadas pela condição do céu em função do turno. [interação].

Para a comparação das variáveis de interesse medidas entre os três vidros aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, uma vez que a maior parte dos dados ambientais e pessoais medidos por equipamentos não seguiu uma distribuição normal, justificando-se o uso de métodos não paramétricos. O resultado desse teste indica se há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Quando o teste de Kruskal-Wallis revelou diferenças significativas, procedeu-se com testes post hoc Dwass-Steel-Critchlow-Fligner e Games-Howell para identificar quais grupos diferiam entre si. O teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner foi adotado para dados não paramétricos, enquanto o teste de Games-Howell quando a homogeneidade de variâncias não pode ser assumida ou os tamanhos amostrais foram desiguais. As amostras de tamanhos desiguais ocorreram em função de algumas falhas de equipamentos, mas que não comprometeram o poder dos testes, devido à margem de segurança prevista e descrita no item 3.2.

A verificação da influência do sexo biológico nas medidas fisiológicas deu-se pelo teste de Mann-Whitney U, dado que foi necessário comparar variáveis quantitativas entre dois grupos independentes cuja distribuição não era normal. Para os testes de hipótese adotou-se o teste paramétrico ANOVA – Análise de variância fatorial de medidas repetidas com variáveis independentes a uma significância de 5%. Isso, porque a distribuição do erro absoluto, calculado pela Equação 1, dentro de cada um dos grupos individualmente atendeu aos

pressupostos da normalidade e da homogeneidade de variâncias.

3. RESULTADOS

Os resultados foram divididos em descrição da população e da sua percepção térmica, resultados das medições ambientais, resultados das medições fisiológicas dos indivíduos e resultados dos testes de hipótese por análise de variância.

3.1 Descrição da população

Dos 48 participantes, 31 eram do sexo feminino e 17 do masculino, com idade variando entre 18 e 30 anos. Apenas 33,3% eram naturais de Curitiba. Contudo, todos eles moravam na região da cidade a mais de 6 meses. Três participantes estiveram em locais com outro fuso horário nos últimos 3 meses. Considerando o mesmo período, 4 indivíduos trabalharam no turno da noite e a mesma quantidade trabalhou no turno da madrugada.

Quando perguntados sobre a sensibilidade térmica em comparação com seus pares, 47% responderam ser mais sensível ao frio. Possivelmente, essa resposta se deu por Curitiba ser uma cidade considerada fria para os padrões brasileiros e o desconforto por frio ser mais frequente.

Quanto aos hábitos, 41,7% praticam atividade física apenas uma vez na semana, ou não praticam. Já 22,9% praticam entre 2 e 3 dias; 31,3% entre 4 e 5; e apenas 4,2% praticam 6 ou 7 dias. Sobre a saúde, 70,8% não tem alergias, asma, diabetes e hipertensão, e ninguém tem problema de tireoide. Apenas 2 indivíduos reportaram histórico de algum outro distúrbio metabólico, deficiência nutricional ou outro problema endocrinológico.

O cálculo do IMC mostrou que 60,4% da população era de indivíduos com peso normal, 8,3% de magros, 20,8% com sobrepeso e 10,4% de obesos. Já quanto ao cronotipo, resultou em 2,1% de definitivamente matutinos, 18,8% matutinos moderados, 47,9% de intermediários, 22,9% de vespertinos moderados e 8,3% de definitivamente vespertinos.

3.2 Percepção térmica do experimento

A Figura 3 mostra a quantidade de ocorrências de cada uma das classes da escala de resposta para a pergunta do Quadro 1, por tipo de vidro. De modo geral, a categoria Neutro foi prevalente e a quantidade de votos entre Frio e Calor foi equivalente. Notou-se que o vidro de Referência, ou seja, o vidro claro, que permite mais entrada de luz e calor, e melhor reprodução de cores, obteve mais votos que os outros para a categoria “Neutro” e “Levemente com calor”, enquanto foi o que recebeu menos votos na categoria “Levemente com frio”. Não houve votos para as opções “Com muito frio” e “Com muito calor”.

Figura 3 – Número de ocorrência de votos de acordo por sensação térmica e tipo de vidro

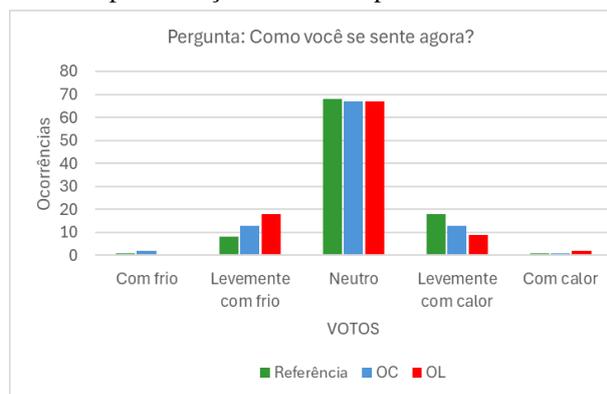
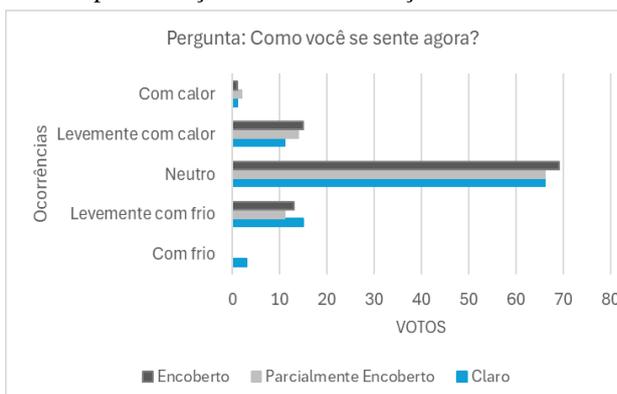


Figura 4 – Número de ocorrência de votos de acordo por sensação térmica e condição de céu



Ao fazer a mesma análise, mas classificando os votos por tipo de céu, ver Figura 4, observou-se que os votos associados à sensação de frio, foram mais frequentes na condição de céu claro, ou seja, céu azul com sol. Já nas categorias “Neutro” e “Levemente com calor”, o tipo de céu predominante foi o Encoberto. Nestes dias, houve inclusive presença de chuva. Vale ressaltar que mesmo com o período de aclimação, e a manutenção da temperatura interna pelo aparelho condicionador do ar, o contraste com a temperatura externa pode ter afetado a percepção dos usuários.

Concluído o experimento, os participantes foram indagados sobre a sua percepção acerca de mudanças no ambiente durante a pesquisa, uma vez que eles não foram informados sobre as alterações na CBBC. Como resposta, 93,8% relataram ter notado diferença no ambiente entre as 3 visitas. Foi solicitado que apontassem a diferença notada, podendo-se indicar mais de uma opção. Dos 48 participantes, 68,8% mencionaram notar diferença na cor do ambiente, 60,4% na luminosidade, 16,7% na temperatura, 4,2% na umidade e o mesmo percentual, no som.

3.3 Monitoramento das variáveis ambientais e individuais pertinentes à percepção térmica

A Tabela 4 apresenta os resultados da comparação das variáveis quantitativas de interesse entre os tipos de vidro com medidas descritivas e teste de Kruskal Wallis apresentando as diferenças significativas com uso de teste post hoc. Praticamente todas as variáveis correlatas à iluminação (Tabela 1: iluminância fotópica “63.LUX”, temperatura de cor correlata “64.CCT”, e Iluminância melanópica “70.MEL Daylight Lux”) apresentaram diferença estatística entre os três tipos de vidro, com exceção da variável de índice de reprodução de cor “80.CRI” que apresentou diferença apenas entre o Extra Clear e os outros dois vidros, mas não houve diferença entre os vidros de controle solar.

As variáveis relacionadas ao comportamento térmico do ambiente (Tabela 1: temperatura do ar “105.Temp” e velocidade do ar “109.Vel. Ar”) não diferiram entre os vidros, conforme era esperado, uma vez que se mantiveram as condições ambientais controladas no interior da câmara. Contudo, ainda assim a variável umidade relativa “106.HR” diferiu entre todos os vidros, o que também pode impactar as análises.

Quanto às variáveis dos indivíduos, não houve diferenciação para idade e índice de massa corpórea, mostrando que a amostra dos voluntário foi homogeneamente distribuída.

Já os testes Post Hoc para a temperatura corporal central (Tabela 1: “119.Ibutton ponderado”) mostraram que o vidro Extra Clear se diferenciou dos dois vidros de controle solar, que por sua vez, não se diferenciaram entre si. A temperatura corporal central para o primeiro foi mais elevada, denotando possível conexão com a percepção térmica do ambiente.

Por fim, as variáveis relacionadas a Frequência cardíaca (Tabela 1: “124. heart_rate”), Intervalo médio entre batimentos cardíacos normais (Tabela 1:” 125. AVNN”) e o Limiar aeróbico e anaeróbico (Tabela 1:” 132. alpha1”) apresentaram diferença estatística entre o vidro de referência e o OC, vidro com pico energético no comprimento de onda azul ~480nm. O vidro claro foi o que apresentou a maior mediana para Frequência cardíaca e Limiar aeróbico e anaeróbico, seguido do OL e depois do OC. A variável Intervalo médio entre batimentos cardíacos normais apresentou a mesma hierarquia, mas em ordem inversa, maior mediana para OC, seguido de OL e do Referência, dada a sua natureza inversa às variáveis anteriores (exe.: quanto maior a Frequência cardíaca, menor o Intervalo médio entre os batimentos cardíacos normais). Tal resultado pode ser um indicativo de que submetidos ao

vidro claro, os voluntários percebam o ambiente como mais quente, dada a maior atividade cardíaca.

Tabela 1 – Medidas descritivas - comparação das variáveis quantitativas de interesse entre os tipos de vidro.

Variáveis	Vidro	N	Média	DP	Q1	Mediana	Q3	SW	P-valor*	Post Hoc
63.LUX (lx)	Referência	485	1564.08	1377.12	456.66	939.49	2097.91	<.001	<.001	todos dif
	OL	496	476.42	395.27	170.53	317.17	665.03			
	OC	506	589.78	501.03	180.66	480.11	777.11			
64.CCT(K)	Referência	485	5373.73	844.54	4616.00	5368.00	5684.00	<.001	<.001	todos dif
	OL	496	3834.62	412.61	3446.00	3892.00	4071.50			
	OC	506	5925.49	1261.80	4852.25	5783.00	6723.75			
70.MEL Daylight Lux	Referência	485	1427.10	1280.22	356.56	763.30	1930.28	<.001	<.001	todos dif
	OL	496	327.60	279.27	100.36	196.93	491.68			
	OC	506	566.13	485.91	145.94	456.03	784.60			
	OC	506	2.30	0.23	2.08	2.31	2.48			
80.CRI	Referência	485	97.21	1.04	96.29	97.58	97.97	<.001	<.001	Referência dif OL Referência. dif OC
	OL	496	96.24	1.20	95.58	96.41	97.06			
	OC	506	96.28	1.03	95.36	96.70	97.09			
105.Temp [°C]	Referência	527	23.30	1.20	22.54	23.33	24.15	<.001	0.843	-
	OL	527	23.27	1.18	22.86	23.35	23.95			
	OC	528	23.29	1.43	22.55	23.26	24.35			
106.HR [%]	Referência	527	62.44	7.45	55.66	62.31	69.77	<.001	<.001	todos dif
	OL	527	55.89	9.57	47.17	56.28	62.61			
	OC	528	58.73	9.72	51.08	55.04	70.33			
109.Vel. Ar	Referência	527	0.11	0.02	0.09	0.13	0.13	<.001	0.996	-
	OL	527	0.11	0.02	0.09	0.09	0.13			
	OC	528	0.11	0.02	0.09	0.13	0.13			
13.Idade (anos)	Referência	527	21.43	2.37	20.00	21.00	22.00	<.001	0.996	-
	OL	527	21.44	2.38	20.00	21.00	22.00			
	OC	528	21.44	2.37	20.00	21.00	22.00			
35.IMC	Referência	527	23.82	4.90	20.46	23.70	25.57	<.001	0.998	-
	OL	527	23.82	4.90	20.17	23.70	25.57			
	OC	528	23.83	4.90	20.32	23.70	25.59			
119.Ibutton ponderado	Referência	527	32.65	0.78	32.29	32.81	33.14	<.001	<.001	Referência dif OL Referência dif OC
	OL	527	32.18	0.91	31.63	32.17	32.73			
	OC	528	32.25	0.99	31.65	32.32	32.92			
124. heart_rate	Referência	478	84.15	10.25	78.66	84.57	91.80	<.001	0.038	Referência dif OC
	OL	490	83.00	10.51	74.82	83.85	91.14			
	OC	498	82.86	11.12	74.62	82.86	91.02			
125. AVNN	Referência	478	724.66	97.74	653.58	709.48	762.76	<.001	0.038	Referência dif OC
	OL	490	735.35	99.92	658.33	715.58	801.97			
	OC	498	737.63	102.86	659.19	724.14	804.08			
132. alpha1	Referência	478	1.26	0.27	1.09	1.29	1.46	<.001	0.014	Referência dif OC
	OL	490	1.23	0.25	1.06	1.27	1.41			
	OC	498	1.22	0.27	1.05	1.25	1.40			

Legenda: DP - Desvio Padrão; Q1 - Quartil 1 (Percentil 25); Q3 - Quartil 3 (Percentil 75); SW - Teste Shapiro Wilk; p-valor* - p-valor para o Teste Kruskal Wallis; Post Hoc: Teste post hoc Dwass-Steel-Critchlow-Fligner.

A Tabela 2 apresenta os resultados da comparação das variáveis quantitativas para temperatura corporal central “119.Ibutton ponderado” e frequência cardíaca “124. heart_rate” entre os sexos masculino e feminino, com medidas descritivas e teste de hipóteses. Não houve diferenças significativas entre estas variáveis fisiológicas entre os sexos masculino e feminino, mostrando que embora o grupo de voluntários contasse com mais mulheres do que homens, isso não impactou nas respostas fisiológicas entre os vidros.

Tabela 2 – Comparação dos valores das variáveis “119.Ibutton ponderado” e “124. heart_rate” entre os sexos masculino e feminino.

Variáveis dependentes	Sexo	N	Média	DP	Q1	Mediana	Q3	SW	p-valor*
119.Ibutton ponderado	Feminino	1023	32.37	0.93	31.85	32.46	32.98	<.001	0.404
	Masculino	559	32.34	0.91	31.75	32.36	33.08	<.001	
124. heart_rate	Feminino	944	83.14	11.60	75.05	83.56	91.85	<.001	0.937
	Masculino	522	83.67	8.66	77.00	83.81	90.23	<.001	

Legenda: DP - Desvio Padrão; Q1 - Quartil 1 (Percentil 25); Q3 - Quartil 3 (Percentil 75); SW - Teste Shapiro Wilk; p-valor* - p-valor para o U Mann Whitney.

3.4 Resultados dos testes das hipóteses

A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam os resultados para os testes ANOVA empregados para avaliar o efeito dos vidros com diferentes seletividades e dos tipos de céu na percepção térmica dos voluntários com vista para o exterior e para a parede, respectivamente. O campo Amostras trata dos tipos de céu enquanto, o campo Colunas, dos vidros.

Para a primeira análise, com vista para o exterior, a comparação entre os valores de F e F crítico indicaram rejeitar a hipótese de que as avaliações térmicas dos ocupantes independem do tipo de céu. Por outro lado, aceita-se a hipótese de que elas não variam em função da seletividade do vidro. Da mesma forma, aceita-se que não há variação na percepção térmica dos ocupantes devido às interações entre o tipo de céu e a seletividade do vidro.

Tabela 3 - ANOVA para avaliação da relação entre percepção térmica, vidros de diferentes seletividades e tipos de céu: vista para o exterior.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	3,92	2	1,96	3,7535	0,0259	3,0632
Colunas	1,53	2	0,77	1,463	0,2352	3,0632
Interações	3,77	4	0,94	1,7996	0,1325	2,4387
Dentro	70,65	135	0,52			
Total	79,88	143				

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para a mesma análise, mas desta vez, considerando-se os indivíduos que não tinham contato visual com o exterior, alocados de costas para a janela. Para esse caso, pode-se aceitar que não há variação entre as médias quando comparadas as percepções frente à diferentes tipos de céu ou frente aos 3 tipos de vidro, entretanto refuta-se a hipótese de que não há interação entre essas variáveis, ou seja, diferentes tipos de céu, observados por vidros de seletividade diferentes afetam a percepção térmica ambiental dos usuários.

Tabela 4 - ANOVA para avaliação da relação entre percepção térmica, vidros de diferentes seletividades e tipos de céu distintos: vista para a parede.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	0,01	2	0,04	0,1092	0,8966	3,0632
Colunas	0,51	2	0,25	0,6821	0,5073	3,0632
Interações	6,44	4	1,61	4,2998	0,0026	2,4387

Dentro	50,58	135	0,37
Total	57,61	143	

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da ANOVA para a análise da relação entre a percepção térmica, os tipos de céu e o turno em que os questionários foram respondidos, manhã ou tarde. A comparação entre os valores F e F crítico mostram que H0 deve ser rejeitada, indicando que as avaliações térmicas dos ocupantes têm relação com o tipo de céu e do turno de participação. Nesta análise, H1, H2 e H3 não puderam ser descartadas. O resultado de H1 corroborou a análise anterior, indicando que o tipo de céu afeta a percepção térmica dos usuários, H2 mostrou que o turno também afeta a percepção térmica, o que pode ser causado pela variação da temperatura corporal central ao longo do dia. Por fim, H3 aponta a interrelação entre o tipo de céu e o horário, o que pode ter relação com a variação espectral do céu ao longo do dia que tem relação direta com o ritmo circadiano.

Tabela 5 - ANOVA para avaliação da relação entre percepção térmica, diferentes tipos de céu e turnos.

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	3.93	2	1.96	4.1145	0.0184	3.0617
Colunas	3.94	1	3.94	8.2529	0.0047	3.9097
Interações	6.12	2	3.06	6.4141	0.0022	3.0617
Dentro	65.88	138	0.48			
Total	79.88	143				

4. DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, a percepção térmica foi abordada pelo voto dos participantes e pela diferença absoluta entre esse voto e o PMV calculado, tendo como referência para o voto a resposta à pergunta “Como você se sente agora?”, apresentada no Quadro 1. A preocupação de que a amostra de voluntários pudesse consistir em um viés da pesquisa, uma vez que o questionário inicial apontou que 47% dos participantes reportaram, costumeiramente, sentir mais frio que seus pares (item 3.2), foi descartada. Tal, pois a distribuição dos votos respondidos na pergunta do Quadro 1 seguiu uma curva normal, com o maior número de votos para a categoria “Neutro” e equivalência entre as variantes relacionadas a “Frio” e “Calor” (Figura 3). Acrescenta-se que conforme previsto, não houve diferença estatística da temperatura entre as exposições aos três tipos de vidro (Tabela 1), ou seja, o ambiente pode ser considerado termicamente neutro ao longo do experimento.

Considerando-se que houve balanceamento entre as três condições atmosféricas e a exposição aos três tipos de vidro, observou-se que a percepção subjetiva, abordada pela pergunta “Como você se sente agora?”, diferiu da resposta fisiológica. Isso, porque não houve diferença estatística do padrão de votos decorrentes da pergunta entre os três tipos de vidro (Tabela 3 Tabela 1 e Tabela 4), mas houve diferença para a temperatura corporal central e frequência cardíaca (Tabela 1). Embora não haja diferença estatística significativa entre os votos térmicos, observa-se na Figura 3 que o vidro de Referência, que diferiu dos de controle solar para as variáveis fisiológicas (Tabela 1), obteve mais votos para a condição neutra e levemente com calor. Esse fato pode estar relacionado a uma atividade metabólica mais intensa, promovida pelas diferenças do ambiente luminoso (Tabela 1) e percebidas pelas células ipRGCs, influentes no ritmo circadiano.

Outros estudos que avaliaram a relação entre condições distintas de iluminação natural e a percepção térmica dos ocupantes avaliando variáveis fisiológicas obtiveram resultados diversos. Chamilothoni et al (2019) também encontraram diferença estatística para a frequência cardíaca quando os participantes foram expostos a diferentes condições de iluminação, proporcionadas pela fachada da edificação. Por outro lado, não verificaram diferença para condutância da pele, a outra variável fisiológica monitorada por eles.

Já Chinazzo, Wienold e Andersen (2018) observaram o efeito da cor da luz transmitida por vidros coloridos (azul, laranja e neutro) em respostas térmicas dos participantes para avaliações psicológicas, mas não para fisiológicas (temperatura da pele, frequência cardíaca e condutância da pele). Posteriormente, os mesmos autores conduziram investigação semelhante, mas desta vez com três vidros de cor neutra, variando apenas a transmissão visível (CHINAZZO; WIENOLD; ANDERSEN, 2019). Seus resultados mostraram que a quantidade de luz influenciou a percepção térmica dos entrevistados, mas não identificaram influência na variável fisiológica abordada, a temperatura superficial da pele de 4 pontos distintos do corpo, individualmente avaliados.

Tais diferenças entre os achados dos estudos, inclusive deste, podem ser atribuídas a diversos fatores como o próprio projeto do experimento; as características do ambiente luminoso resultante, como quantidade, distribuição, temperatura e índice de reprodução de cor; as características escolhidas para o ambiente térmico; a maneira como as variáveis fisiológicas e o voto térmico foram contemplados (ex.: temperatura superficial da pele foi abordada em nosso estudo pelo valor ponderado entre os 4 pontos do corpo, seguindo a metodologia da ISO 9886 (ISO, 2004) e não individualmente, como no estudo anteriormente mencionado); e a própria amostra de voluntários, cujos indivíduos são oriundos de realidades climáticas e culturais distintas.

O presente estudo também observou que a condição de céu influenciou os votos da percepção térmica, diferenciando-se entre o turno da manhã e da tarde, quando observada toda a amostra de voluntários. Quando se dividiu a amostra em duas, uma com os participantes que tinham vista para o exterior, e outra que não tinham, os que tinham vista continuaram a ter o voto influenciado pelas condições atmosféricas, mas os que não tinham vista para o exterior só tiveram sua percepção térmica influenciada em algumas combinações entre o tipo de vidro e o tipo de céu.

A diferenciação entre os turnos corrobora os achados de Vellei, Pigliautile e Pisello (2023), que ao comparar a percepção térmica dos indivíduos à tarde e à noite, afirmaram que os humanos responderam fisiologicamente de forma diferente dependendo da hora do dia, com uma maior taxa de mudança na temperatura da pele observada à noite em comparação com a tarde. Também notaram que os participantes se sentiam mais aquecidos à noite durante os transientes de aquecimento da temperatura da pele, mas não observaram nenhuma diferença sob condições térmicas de estado estacionário.

Quanto à influência das condições atmosféricas na percepção do usuário em função da sua posição na sala, com o ou sem vista para o exterior, coloca-se que dependerá do leiaute do ambiente. Logo, identifica-se a necessidade de investigações que auxiliem na otimização do leiaute interno em função de aspectos relacionados a fisiologia e conforto dos ocupantes.

Por fim, as variáveis dos indivíduos que poderiam constituir um viés no balanceamento da pesquisa como IMC, sexo e cronotipo, puderam ser consideradas neutras dado que não houve diferença estatística entre os grupos avaliados.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou a influência das condições de céu na percepção térmica dos ocupantes, considerando-se diferentes tipos de vidro, observando-se a possível interferência do turno de exposição e o contato visual com o exterior. Concluiu-se que as condições atmosféricas afetaram a percepção térmica dos participantes, independentemente do tipo de vidro, que não afetou os votos. Quanto à interferência do turno e do contato visual com o exterior no efeito das condições de céu na percepção térmica dos ocupantes, observou-se que ambos podem interferir, mas de maneiras distintas. O turno de exposição influenciou o voto dos usuários isoladamente e em interação com as condições atmosféricas. Já o contato

visual com o exterior favorece que as condições de céu afetem os votos dos participantes, enquanto a ausência deste contato, faz que os votos só sejam afetados quando o vidro fomenta a diferenciação entre os tipos de céu.

Portanto, tanto a climatização dos ambientes, seja artificial ou natural, quanto a definição do leiaute, podem se utilizar destes aspectos para a sua otimização tanto na oferta de conforto aos usuários, quanto para o uso racional de energia. Como trabalhos futuros recomenda-se o aprofundamento na caracterização de como as condições de céu, o período do dia e o leiaute impactam a percepção térmica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq [Bolsista do CNPq – Brasil nº 152080/2022-8 e PQ2 304620/2021-1] e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecimentos à vidraçaria Irmão Bosa pelo apoio logístico, à Biostatmed pela assessoria estatística, ao Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina pelo empréstimo dos equipamentos e ao Prof. Fernando O. R. Pereira pelas valiosas discussões a respeito do tema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF AMERICAN ENGINEERS. *ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. 2017. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017.

BENNETT, C.A; REY, P. What's so hot about red? **Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.** v. 14 (2), p. 149-154, 1972. <https://doi.org/10.1177/001872087201400204>

BERMAN, S; CLEAR, T. **Simplifying Melanopsin Metrology**. Illuminating Engineering Society - Forum for Illumination Research, Engineering, and Science. Disponível em: <<https://www.ies.org/fires/simplifying-melanopsin-metrology/>>. Acessado em: 12/02/2020.

BOSBOON, D. H. **Os efeitos da intensidade e temperatura de cor no novo ciclo circadiano do homem**. Revista Lume Arquitetura. Lume Editora e Comunicação. São Paulo. p. 44 – 48, 2014. Disponível em: <<https://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?c=2235>>. Acesso em: 15 abr. 2020

BRAINARD, G. C; HANIFIN, J. P; GREESON, J. M; BYRNE, B., GLICKMAN, G., GERNER, E; & ROLLAG, M. D. (2001). Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. **J. Neurosci**, v. 21, n.16, p. 6405-12, 2001. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.21-16-06405.2001> .

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dicas em Saúde: Obesidade**. 2009. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/dicas/215_obesidade.html>. Acessado em 20/07/2023.

CHAMILOTHORI, K; CHINAZZO, G; RODRIGUES, J; DAN-GLAUSER, E.S; WIENOLD, J; ANDERSEN, M. Subjective and physiological responses to façade and sunlight pattern geometry in virtual reality. **Building and Environment** v. 150, p. 144-155, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.009>

CHINAZZO, G; WIENOLD, J; ANDERSEN, M. Combined effects of daylight transmitted through coloured glazing and indoor temperature on thermal responses and overall comfort. **Building and Environment** v. 144, p. 583-597, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.045>

CHINAZZO, G; WIENOLD, J; ANDERSEN, M. Daylight affects human thermal perception. **Nature Sci Rep** v. 9, número do artigo: 13690, 15 p, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48963-y>

FANGER, P. O. **Thermal comfort – Analysis and applications in environmental engineering**. McGraw Book Company, New York, 1970.

FAULT, F; BUCHNER, A; ERDFELDER, E; LANG, ALBERT-GEORG. **G*Power version 3.1.9.6**. Universitat Kiel, Germany. Copyright © 1992-2020.

FIELD, A. **Descobrimo a Estatística Usando o SPSS**. 5 ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2020. 1104 p. ISBN-10 : 8584292004, ISBN-13 : 978-8584292004.

GIRALDO, N. V; TOFTUM, J. **Experiment to test hypothesis that spectral selectivity of glazing and window views affects people’s thermal assessment, physiological and psychological responses**. Technical University of Denmark, Department of Environment and Resource Engineering, International Centre for Indoor Environment and Energy, Denmark. 2022. 34p.

HORNE, J. A; ÖSTBERG, O. A self-assessment questionnaire to determine Morningness-eveningness, **International Journal of Chronobiology**, v. 4, p. 97–110. 1976. Disponível em: <<https://cet.org/wp-content/uploads/2017/10/Horne-1976-IJC.pdf>>. Acesso em: 28 de outubro de 2024.

IBM CORPORATION. **IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0**. Armonk, NY: IBM Corporation, 2019.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environments – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genève: ISO, 2015.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7726**. Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7730**. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève, 2005.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 8996**. Ergonomics of the thermal environments – Determination of thermal metabolic rate. Genève: ISO, 2004.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9920**. Ergonomics of the thermal environments – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Genève: ISO, 2007.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9886**. Ergonomics – Evaluation of thermal strain by physiological measurements. Brussels: ISO, 2004.

KONIS, K. A circadian design assist tool to evaluate daylight access in buildings for human biological lighting needs. *Solar Energy*. v. 191, p. 449-458, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.09.020>

LAMBERTS, R; GHISI, E; ABREU, A. L. P; CARLO, J. C; BATISTA, J. O; MARINOSKI, D. L; NARANJO, A; DUARTE, V. C. P. **Desempenho térmico de edificações**. UFSC, Apostila Disciplina: ECV 5161, Florianópolis, SC, 2016.

ONSET. Doc # 7661-B, **MAN-U12-012** Onset Computer Corporation. 2010.

PROVENCIO, I; RODRIGUEZ, I.R; JIANG, G; HAYES, W.P; MOREIRA, E.F; ROLLAG, M.D. A novel human opsin in the inner retina. *J. Neurosci - The Journal of Neuroscience* v.20, n. 2, p. 600-605, 2000. <https://doi.org/10.1038/nature00965>

R CORE TEAM, **R: A language and environment for statistical computing**. R Version 4.3. Foundation for Statistical Computing, (2021). <https://www.r-project.org/>. Disponível em: <<https://cran.r-project.org>>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09). Acesso em: 12 jul. 2024.

REPPERT, S. M. e WEAVER, D. R. Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, v.418, n. 6901, p.935-941, 2002.

SAHIN, L; FIGUEIRO, M. G. Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon. *Physiology & Behavior* v. 116-117, p. 1-7, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.03.014>.

THE JAMOVI PROJECT. **jamovi**. Version 2.5. [Software de Computador]. Disponível em: <<https://www.jamovi.org>>. Acesso em: 12 jul. 2024.

UPRTEK. **UPRtek handheld spectrometers MK350S Premium and MK350S** Advanced Lighting Measurement Handheld Spectrometer. Disponível em: <<https://www.uprtek.com/en/product/handheld-spectrometers>>. Acesso em: 29/05/2023.

VELLEI, M; PIGLIAUTILE, I; PISELLO, A. L. Effect of time-of-day on human dynamic thermal perception. *Nature Sci Rep* v. 13, p. 2367-86, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29615-8>

