

Conforto térmico do ambiente construído, eficiência energética e difusividade térmica: um estudo interdisciplinar que envolve o Design

*Thermal comfort of the built environment,
energy efficiency and thermal diffusivity: an
interdisciplinary study involving Design*

Paula Glória Barbosa
Maria Teresa Paulino Aguilar
Rosemary do Bom Conselho Sales

Resumo: O conforto térmico do ambiente construído é um conteúdo fortemente relacionado com os elevados índices de consumo de energia elétrica decorrentes do uso de sistemas de condicionamento artificial de ar para se alcançar condições térmicas ambientais desejáveis. Esse consumo é consequência, principalmente, da inadequação dos elementos arquitetônicos aos aspectos climáticos locais e às demandas de conforto humano. O estudo das propriedades térmicas de materiais construtivos é, portanto, um relevante campo de estudo quando se deseja aliar conforto térmico e economia de energia. Com base em uma investigação interdisciplinar envolvendo Design, Arquitetura e Engenharia, este artigo mostra a importância da análise de conceitos como o da difusividade térmica de materiais construtivos no planejamento do conforto térmico de edificações.

Palavras-chave: conforto ambiental, conforto térmico, ambiente construído, difusividade térmica, eficiência energética.

Abstract: Built environment's thermal comfort is a content strongly related to the high levels of electricity consumption resulting from the use of artificial air conditioning systems to achieve desirable environmental thermal conditions. This consumption is a consequence of the inadequacy of the architectural elements to the local climatic aspects and the human comfort's demands. The study of construction material's properties, therefore, is a relevant field of study when it is desired to combine thermal comfort and energy savings. Based on an interdisciplinary research involving Design, Architecture and Engineering, this article shows the analyzing concept's importance such as the thermal diffusivity of construction materials in planning the thermal comfort of buildings.

Keywords: environmental comfort, thermal comfort, built environment, thermal diffusivity, energy efficiency.

Design com foco no conforto ambiental

A atividade de Design destina-se, dentre outras especificidades, a compreender as demandas humanas físicas e psicológicas de conforto, bem como os seus fatores influenciadores. Seu objetivo é planejar e projetar soluções nos âmbitos dos espaços, dos objetos, dos produtos de vestuário, das comunicações, entre outros, que satisfaçam os anseios dos usuários, proporcionando-lhes maior qualidade de vida e bem-estar. Ao ater a atenção no ambiente construído, o Design trata do estudo do conforto ambiental.

Sentir-se confortável é uma das necessidades primárias do ser humano, quando se considera sua relação com os artefatos ou com o ambiente que o envolve. Segundo o dicionário Houaiss (2021), o conforto está relacionado tanto a uma experiência agradável e à sensação de prazer e plenitude quanto à satisfação em relação a uma comodidade física, aconchego e bem-estar material.

Ao estabelecer um paralelo entre o Design e o conforto, é possível que se vinculem as questões subjetivas de conforto aos estímulos proporcionados pelos caráteres estético e simbólico dos espaços, dos objetos, dos produtos de vestuário, das comunicações e dos serviços. As características dos produtos que dependem de certas particularidades do processo de percepção são denominadas características intangíveis (KARANA *et al.*, 2009), qualidades essas que relacionam-se à experiência de uso, ao repertório cultural do usuário, à percepção, interpretação e assimilação de estímulos, à identificação e à apropriação dos produtos¹ como parte de uma individualidade, sendo, portanto, consequência do que se percebe, do que se respira, do que se escuta, do que se toca e do que se prova em uma determinada situação de tempo e espaço (RHEINGANTZ, 2001). Em paralelo, o conforto ambiental, em seu aspecto objetivo, está diretamente atrelado aos atributos tangíveis do projeto, que dizem respeito, especialmente, às características técnico-práticas.

No que se refere à disciplina dedicada ao estudo da relação entre o clima e as edificações, Rheingantz (2001) discute o conforto ambiental com base em seus aspectos objetivos e quantificáveis (o que o homem sente) e em seus aspectos emocionais, inconscientes e simbólicos (como o homem se sente). Para Souza (2006), o conforto ambiental refere-se à adequação da envolvente da edificação aos condicionantes ambientais e, embora esse conforto seja normalmente apresentado como funcional, há situações em que ele está associado, também, aos aspectos estéticos e simbólicos do ambiente construído.

Assim, ao voltar a atenção para esse ambiente, o Design é direcionado ao estudo do conforto ambiental, fazendo-se relevante compreendê-lo em seus sentidos subjetivo e objetivo, ambos avaliados segundo seus aspectos lumínico, acústico, olfativo, tátil e térmico. Este trabalho, em especial, se atém à discussão dos aspectos objetivos do conforto ambiental.

Conceitualmente, o conforto lumínico está relacionado à qualidade da luz, o que abrange a intensidade luminosa, a reprodução de cor, a percepção de formas, contornos e texturas e a acuidade necessária para o desenvolvimento de cada tipo de tarefa visual com a máxima capacidade de percepção e precisão, somados a reduzidos níveis de esforço, de prejuízo à vista e de acidentes. Está, também, relacionado à ausência de ofuscamento e de contrastes excessivos, bem como à distribuição homogênea de luz no ambiente (LAMBERTS *et al.*, 2014; RHEINGANTZ, 2021; SAMPAIO; CHAGAS, 2010; SOUZA, 2006).

¹ O uso do termo produto, neste trabalho, faz menção aos espaços, aos objetos, aos itens de vestuário e às comunicações.

O conforto acústico responde pela saúde auditiva no sentido de um planejamento que considere níveis toleráveis de ruído e uma satisfatória reprodução do som no ambiente (RHEINGANTZ, 2021; SAMPAIO; CHAGAS, 2010; SOUZA, 2006). Já o conforto olfativo refere-se à gestão do ar, o que engloba o planejamento e o controle de odores, de níveis de poluição presentes no ambiente, da qualidade do ar (umidade, pureza e olfação), entre outros, sendo indispensável à higiene e à saúde dos ocupantes das construções. O conforto tátil, por sua vez, está relacionado às características das superfícies, como aspereza, suavidade, maciez, dureza, temperatura (frio/quente), polimento, assepsia, rugosidade e textura, que constituem, dentre outros, a previsão de quedas, o favorecimento do escoamento/absorção da água da chuva ou a orientação para deslocamento/identificação de deficientes visuais (RHEINGANTZ, 2021).

Por fim, o conforto térmico é definido, segundo Lamberts *et al.* (2014; 2016) e Souza (2006), como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. Para Sampaio e Chagas (2010), o conforto térmico corresponde à sensação de bem-estar ambiental em relação à temperatura, à umidade relativa e à movimentação do ar, à radiação solar e à radiação infravermelha emitida pelo entorno.

Neste ponto, cabe enfatizar a relevância do estudo dos conteúdos relacionados ao conforto ambiental à prática projetual do designer. Conhecer, compreender e analisar tais preceitos objetivos – e também os subjetivos – conferem ao profissional de Design fundamentação em suas escolhas, capacidade de argumentação e possibilidade de trabalhar com maior fluidez em uma equipe interdisciplinar de projeto do ambiente construído.

Conforto térmico das edificações

O Brasil, devido à sua grande extensão territorial, com diferenças de relevo, altitude e dinâmica das massas de ar e correntes marítimas, possui ampla diversidade climática. Entretanto, verifica-se, na construção civil, a predominância de certas tipologias construtivas independente das condições climáticas locais, privilegiando-se, muitas vezes, aspectos como a estética, exemplificado

pelas cortinas de vidro de edifícios empresariais, e o menor custo, principalmente nas construções de interesse social. No entanto, deve-se ressaltar que as edificações podem ser elaboradas de forma a minimizar em grande escala os desconfortos térmicos provocados pelo clima, evitando, assim, o uso excessivo de sistemas de condicionamento artificial de ar, tanto para refrigeração quanto para aquecimento, o que contribui para a redução dos elevados índices de consumo de energia elétrica no país.

Para que isso efetivamente ocorra, faz-se necessário, notadamente, conferir maior atenção ao planejamento e ao projeto dos ambientes construídos (CBCS, 2021; FROTA; SCHIFFER, 2007; GONZÁLEZ CRUZ, 2003; LAMBERTS *et al.*, 2014). Nesse processo, a interação entre áreas do conhecimento como o Design, a Arquitetura e a Engenharia são relevantes, uma vez que tais atividades são responsáveis pelo planejamento, pela projetação, pela construção e pela manutenção dos ambientes em que o homem passa grande parte de sua vida.

As etapas de planejamento e de projetação de uma edificação são postas como relevantes por serem o momento no qual as informações sobre as características climáticas locais, as exigências humanas de conforto e os aspectos arquitetônicos podem ser cruzados em prol de uma construção adequada em relação ao conforto ambiental e eficiente do ponto de vista energético (FROTA; SHIFFER, 2007; GONZÁLEZ CRUZ, 2003; LAMBERTS *et al.*, 2014).

Nesse sentido, normas de desempenho térmico existem para definir parâmetros e requisitos que garantam construções baseadas em características climáticas locais e desempenho térmico mínimo adequado à sua ocupação com conforto. No Brasil, a NBR 15220, editada em cinco partes e em vigor desde 2005, é a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas que trata sobre o assunto. Em sua terceira parte, NBR 15220-3 (ABNT, 2005), apresenta uma categorização em oito zonas bioclimáticas para os climas de 330 cidades do país e sugere diretrizes construtivas para cada uma dessas zonas. Para as vedações externas, o que inclui as paredes e as coberturas, referida norma propõe que sejam avaliadas três propriedades térmicas para especificação adequada dos materiais às diretrizes construtivas pertinentes à zona bioclimática em questão: a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator de ganho de calor solar.

Acredita-se, entretanto, com base nos estudos de González Cruz (2003), que a difusividade térmica também seja uma relevante propriedade térmica associada à caracterização de um material construtivo. Essa afirmação se justifica pelo fato de as propriedades térmicas acima citadas tomarem como base regimes permanentes para análise de suas influências durante o uso do material, ao passo que um envelope construtivo está constantemente submetido a um regime transitente. O estudo da difusividade térmica de um material construtivo permite uma melhor avaliação da sua capacidade de condução de calor em relação à sua capacidade de armazenamento de energia térmica, representando, portanto, um importante parâmetro de conforto térmico durante as etapas de planejamento e de projeção do ambiente construído.

Apontamentos sobre a difusividade térmica

Existem vários problemas de transferência de calor que são dependentes do tempo. Esses problemas transitentes são determinados pela alteração das condições de contorno de um sistema, como acontece diariamente com o envelope construtivo. Se a temperatura da superfície externa de uma parede é alterada, a temperatura em cada ponto da parede também começará a mudar, até que a distribuição de temperatura atinja o regime estacionário.

A difusividade térmica [α] é uma importante propriedade do material utilizada na análise de transferência de calor transitente por condução. Expressa em (m^2/s) e dada pela relação entre a condutividade térmica e a capacidade calorífica volumétrica, a difusividade é definida como a capacidade do material de conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la, ou seja, ela avalia a rapidez com que um corpo se ajusta por inteiro à temperatura de seu entorno (INCROPERA; DEWITT, 2014).

A condutividade térmica [k], cuja unidade de medida é ($W/m.K$), está relacionada à habilidade de uma substância em conduzir calor, e expressa a taxa pela qual a energia é transferida pelo processo de difusão (CALLISTER, 2016; INCROPERA; DEWITT, 2014). Já a capacidade calorífica volumétrica de um material é uma propriedade atrelada à sua habilidade em armazenar energia térmica,

sendo expressa em ($J/m^3.K$) e dada pelo produto entre a massa específica [ρ] e o calor específico [c_p]. A massa específica (kg/m^3) mede o grau de concentração de massa de um material em determinado volume, enquanto o calor específico, ou capacidade calorífica específica, é uma propriedade relacionada à habilidade do material em absorver calor de sua vizinhança, representando a quantidade de energia exigida para produzir um aumento unitário na temperatura para uma unidade de massa da substância, tendo como unidade de medida ($J/kg.K$) (CALLISTER, 2016; INCROPERA; DEWITT, 2014; SHACKELFORD, 2008).

Assim, a equação que define a difusividade térmica [α] é dada por:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

onde [k] corresponde à condutividade térmica ($W/m.K$), [ρ] à massa específica (kg/m^3) e [c_p] ao calor específico a pressão constante ($J/kg.K$). Com relação à condutividade térmica, é relevante destacar que essa é uma propriedade dos materiais que varia com a temperatura. Entretanto, em problemas de transferência de calor por condução transitente, é plausível considerá-la constante (INCROPERA; DEWITT, 2014).

Apesar da condutividade térmica, da massa específica e do calor específico serem as três propriedades elementares de qualquer material do ponto de vista térmico, o estudo do comportamento desses materiais em regime transitente obriga a introdução da difusividade térmica, propriedade complexa dada, como visto, pela combinação das citadas propriedades elementares (GONZÁLEZ CRUZ, 2003).

Conforto térmico do ambiente construído e a difusividade térmica

A sensação de conforto térmico é consequência de, basicamente, três aspectos: a) os de funcionamento do corpo humano, relacionados ao nível de trabalho e às vestimentas; b) os climáticos, principalmente a temperatura, a velocidade e a umidade relativa do ar; e c) os arquitetônicos, como a forma e o volume das construções, a orientação e o tamanho dos fechamentos

e o comportamento térmico dos materiais (FROTA; SHIFFER, 2007; ISO 7730, 2005; LAMBERTS *et al.*, 2014; LAMBERTS *et al.*, 2016; SOUZA, 2006).

No que tange aos aspectos arquitetônicos, especialmente o que se refere ao comportamento térmico dos materiais utilizados para a conformação do ambiente construído, há de se destacar que o sol representa o maior ganho térmico de uma edificação. Os fatores que contribuem para o ganho de calor solar são a incidência de radiação e as características térmicas dos materiais da edificação (FROTA; SHIFFER, 2007; GONZÁLES CRUZ, 2003; LAMBERTS *et al.*, 2014).

A transferência de calor entre meio externo e meio interno, através de materiais opacos, se dá pelo seguinte processo: as paredes, por exemplo, recebem calor do meio externo por condução, convecção e radiação, o que representa um incremento de temperatura da superfície externa, e, por condução, dada a diferença de temperatura entre superfície externa e interna, conduzem o calor à superfície interna. Por fim, a energia térmica da superfície interna é transmitida ao interior da edificação pelos processos de condução, radiação e convecção. O inverso ocorre quando a temperatura no interior da edificação é maior do que a do exterior.

Conforme aponta González Cruz (2003), a temperatura interior de uma edificação é resultante do equilíbrio entre ganhos e perdas de calor através de sua envolvente. Na ausência de sistema de climatização, a evolução da temperatura interna depende, em grande medida, dos fluxos de calor transferidos por condução através dos materiais opacos que constituem teto, parede e piso. A condutividade térmica e a capacidade calorífica volumétrica dos materiais, além das características superficiais dos revestimentos, determinam o ganho de calor no interior do ambiente construído.

Toda edificação está submetida ao efeito periódico da radiação solar incidente e da temperatura ambiente externa. Como essas condições exteriores são variáveis, a difusividade térmica dos materiais utilizados contribui para regular a entrada e a saída de calor do envelope construtivo, uma vez que expressa a noção de velocidade de propagação do calor em regimes não estacionários

sendo, portanto, um indicador útil para análise do comportamento térmico dinâmico de uma construção (GONZÁLEZ CRUZ, 2003).

Do exposto, compreende-se que o conhecimento da relação entre o conforto térmico do ambiente construído e a difusividade térmica dos materiais construtivos confere ao projetista maior capacidade de potencializar o conforto térmico dos usuários. Entretanto, há situações em que, mesmo considerando essa importante propriedade dos materiais e tantas outras estratégias de adequação da edificação ao clima, se faz necessário o uso de sistemas artificiais de climatização para atingir um nível de conforto térmico satisfatório. Nestas condições, sistemas energeticamente eficientes são desejáveis.

Conforto térmico e eficiência energética

Desde a sua existência, o homem procura reorganizar o ambiente natural mediante uma intervenção consciente em busca de segurança, salubridade e comodidade (RHEINGANTZ, 2001). Na medida em que fixou moradia, a convivência com as condições climáticas locais tornou-se um desafio, sendo-lhe interessante usufruir daquelas favoráveis e se proteger das não tão favoráveis.

Com a evolução das formas de se abrigar que proporcionaram maior bem-estar, desenvolveram-se soluções arquitetônicas que propiciaram melhor aproveitamento das condições climáticas locais. No entanto, durante o Renascimento, quando o arquiteto se desvinculou do trabalho em conjunto com o artesão e passou a se responsabilizar exclusivamente pelo projeto, deu-se o afastamento entre o profissional projetista e o conhecimento de tais soluções práticas, o que, mais tarde, colaboraria para a concretização de um problema de sustentabilidade ambiental (LAMBERTS *et al.*, 2014). Segundo Rheingantz (2001), o avanço do conhecimento propiciado pela ciência e pela tecnologia contribuiu para um maior afastamento entre o homem e suas tradições culturais, o que significou, dentre outros, a concepção de abrigos despessoalizados, desconfortáveis e, no entanto, “civilizados” e climatizados artificialmente.

O Estilo Internacional, que surgiu no período entre as duas grandes guerras mundiais, é posto como o movimento que revolucionou por completo os conceitos da Arquitetura. Conforme apresentam Lamberts *et al.* (2014, p.18):

Mies van der Rohe, com suas cortinas de vidro, criou um verdadeiro ícone de edifícios de escritórios. Seu formalismo clean foi seguido por várias gerações de profissionais que internacionalizaram o que era distinto para algumas economias. O consequente edifício “estufa” foi então exportado como símbolo de poder, assim como sistemas sofisticados de ar condicionado e megaestruturas de aço e concreto, sem sofrer readaptações às características culturais e climáticas do local de destino.

As soluções projetuais giravam, então, em torno do uso indiscriminado de sistemas de iluminação e climatização artificiais, na medida em que os edifícios passaram a ser tratados como objetos estéticos desprovidos de contexto histórico dentro dos quais se deveria criar, artificialmente, uma temperatura agradável, elevando, a altos níveis, o consumo de energia elétrica em todo o mundo. Questões como o conforto ambiental, as necessidades individuais dos usuários e a posterior manutenção da edificação eram (e ainda são), muitas vezes, suplantadas em função de valores como o custo da construção e os aspectos estéticos vanguardistas (RHEINGANTZ, 2001).

O resultado de tal displicência é cada vez mais posto em evidência, trazendo à lume a necessidade de se discutir e se explorar um importante aspecto durante o planejamento e a projetação do ambiente construído: a eficiência energética (LAMBERTS *et al.*, 2014; Rheingantz, 2001). Tal termo, relacionado à utilização racional de energia – o que, portanto, engloba a exploração consciente dos recursos naturais – encerra a ideia de se utilizar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético (CALKINS, 2009).

No âmbito da construção, o conceito de eficiência energética é traduzido pela capacidade de, com o menor consumo de energia, obterem-se as mesmas condições ambientais que antes seriam alcançadas. É também importante entender que, como pontua o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL, 2019), conservar energia elétrica significa melhorar a maneira de utilizá-la sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona.

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2021), a construção civil se caracteriza como um dos setores que mais consome recursos naturais. Em termos numéricos, a participação dos edifícios brasileiros no consumo de energia elétrica é superior a 45%, correspondendo, principalmente, ao gasto com o uso e com a operação das construções.

Diante dessas condições, é nítida a importância do planejamento e do projeto do ambiente construído a partir das premissas de conforto humano e de redução do impacto ambiental. Os setores residencial, empresarial e público representam o principal foco de atuação dos projetistas no que se refere a soluções que minimizem o consumo de energia, uma vez que grande parte da energia consumida pelo setor industrial é proveniente do uso de máquinas, fugindo da alçada dos profissionais de projetação do ambiente construído (LAMBERTS *et al.*, 2014). Na atuação dos designers, arquitetos e engenheiros no âmbito residencial, empresarial e público da construção, as soluções para minimizar o consumo de energia elétrica partem da análise e identificação dos domínios responsáveis pelos maiores gastos e, posteriormente, do estabelecimento de estratégias que minimizem tal consumo.

Imprimir a um edifício características que proporcionem uma resposta térmica ambiental conveniente não implica em acréscimo obrigatório de custo de construção, mas, ao contrário, deve resultar em redução do custo de uso e de manutenção, além de propiciar condições ambientais internas aprazíveis aos ocupantes, de modo a aproveitar o que o clima oferece de agradável e amenizar seus aspectos negativos.

Considerações finais

A transformação e o amadurecimento do Design enquanto área do conhecimento trouxeram ao designer novas possibilidades e novos desafios em sua atividade profissional. Para tanto, habilidades como a abertura à pesquisa e a capacidade de dialogar com diferentes áreas do conhecimento passaram a ser essenciais ao perfil do designer contemporâneo. Hoje, a atuação do profissional de Design exige a construção de um repertório teórico que o possibilite fundamentar as suas escolhas, que lhe dê parâmetros projetuais consistentes e que o permita trabalhar em uma equipe interdisciplinar.

Nesse sentido, e relacionado à temática central do estudo – o conforto térmico do ambiente construído – este trabalho buscou incitar o diálogo entre o Design e a Engenharia e entre o Design e a Arquitetura. Buscou, também, contribuir para o repertório teórico do designer para além das questões simbólicas e estéticas de projeto, evidenciando a importância dos aspectos técnico-práticos que permeiam o conforto ambiental.

Em síntese, e diante da possibilidade de trabalho em uma equipe interdisciplinar incumbida do planejamento e do projeto de uma edificação – o que inclui participar de discussões e decisões atinentes à adequação da forma desse ambiente construído e dos materiais que o compõe ao seu desempenho térmico com vistas a alcançar altos níveis de conforto ambiental para os seus usuários – é indispensável que o designer comprehenda e possua a capacidade de aplicação de conceitos como o da difusividade térmica. E, ainda, que seja consciente e tenha capacidade de trabalhar com sistemas de iluminação e climatização artificiais eficientes do ponto de vista energético.

Referências

- ABNT. NBR15220-3. **Desempenho térmico de edificações**. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.
- CALKINS, M. **Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials**. New Jersey: Wiley, 2009.
- CALLISTER, W. D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais**: uma abordagem integrada. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CBCS. Conselho Brasileiro de Construção sustentável. **O setor de construção oferece múltiplas oportunidades para adoção de práticas de sustentabilidade com relevantes benefícios**. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br>. Acesso em mar.2021.
- PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica** (Procel), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras, no ano de 2019. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: mar. 2021.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.
- GONZÁLEZ CRUZ, E. M. **Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática**. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD). Universidad Del Zulia, Maracaibo/Venezuela, 2003.
- HOUAISS, Instituto Antônio. Conforto. In: **Grand dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Disponível em: <http://www.houaiss.uol.com.br>. Acesso em: mar. 2021.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

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. Geneva, 2005.

KARANA, E.; HEKKERT, P.; KANDACHAR, P. Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. **Materials & Design**, v.30, issue 7, p. 2778–2784, August 2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 2014.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, 2016.

RHEINGANTZ, P. A. Uma pequena digressão sobre conforto ambiental e qualidade de vida nos centros urbanos. **Cidade & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 1, n. 22, p. 35-58, 2001.

RHEINGANTZ, P. A. **Projeto bioclimático** – quadro síntese de recomendações para a cidade do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Disponível em: http://prolugar.fau.ufrj.br/wp-content/uploads/2017/10/recom_bioclimatica2.pdf. Acessado em: mar. 2021.

SAMPAIO, A. V. C. F.; CHAGAS, S. S. Avaliação de conforto e qualidade de ambientes hospitalares. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v.5, n.2, nov. 2010.

SHACKELFORD, J. F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiros**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SOUZA, H. A. de. **Conforto humano – CIV 715**. Material didático – Mestrado em Construção Metálica (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas: Universidade Federal de Ouro Preto, 2006.

Paula Glória Barbosa é graduada em Matemática pela Universidade Federal de Minas Gerais e graduada em Decoração, especialista em Design de Móveis, mestre em Design e doutora em Design pela Universidade do Estado de Minas Gerais. Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Santa Luzia*. Foi professora do curso de Design de Ambientes da Escola de Design da UEMG, do curso de Design de Interiores do Centro Universitário UNA e professora convidada do curso de pós-graduação lato sensu em Arquitetura e Design das Faculdades Santo Agostinho. Também participou, por intermédio da ADEQUA Design de Ambientes, do programa D. Incubadora de Empresas e Negócios de Design da ED/UEMG e atuou como consultora de Design para o Sebrae-MG.

Maria Teresa Paulino Aguilar é graduada em Engenharia e tem doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais (1995). Atualmente é Professora Titular da Universidade Federal de Minas Gerais, e atua nos programas de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Construção Civil e Inovação Tecnológica e Biofarmacêutica. Leiona e tem trabalhos de pesquisa e extensão em Estrutura e Comportamento Mecânico dos Materiais Cimentícios e Metálicos, e Sustentabilidade das Edificações. Coordena o Grupo NOC – Novos Olhares sobre a Construção e o Cidadão, e o Laboratório de Caracterização de Materiais de Construção Civil e Mecânica do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG.

Rosemary do Bom Conselho Sales é graduada em Decoração pela Universidade do Estado de Minas Gerais, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catariana e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atua como docente nos cursos de graduação e pós-graduação em Design da UEMG, onde atua como pesquisadora nos Centros de estudos, Teoria, cultura e pesquisa em Design T&C. Participa do grupo Novos olhares sobre a construção na Engenharia de Materiais NOC/UFMG e Materiais inovadores e sustentáveis na Engenharia de Materiais e Metalúrgica do CEFET/MG. Consultora *ad hoc* do CNPq. Interesse em pesquisa: novos materiais, conforto humano, ambiental, inovação e tecnologia, termografia infravermelha.