Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

AMPLITUDES TÉRMICAS DIÁRIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA E NÍVEIS DE INÉRCIA TÉRMICA PARA HABITAÇÕES

Daily thermal ranges in the state of Santa Catarina and thermal inertia levels for housing

Amplitudes térmicas diarias en el estado de Santa Catarina y niveles de inercia térmica para viviendas

Leandro Carlos Fernandes
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
fernandes.ufpr@gmail.com

Pedro Augusto Breda Fontão
Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
pedrofontao@yahoo.com.br

Sabrina Talita Szulek Bernardes
Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
sabrinaszulek@gmail.com

Radmyla Teixeira Nunes
Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR)
radmyladriveuni@gmail.com

Resumo: As edificações devem cumprir a função de abrigo com baixo impacto ambiental. Para isso, devem prover ambientes térmicos internos sem grandes variações de temperatura. Para projetar edificações termicamente eficientes é necessário conhecer o clima do local para o qual se projeta. Entre os aspectos a serem considerados estão as amplitudes térmicas diárias, especialmente aquelas nos percentis mais altos. No entanto, dados deste tipo não estão facilmente disponíveis. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo mapear as amplitudes térmicas diárias e os níveis de inércia térmica recomendados para edificações residenciais no estado de Santa Catarina. Foram utilizados dados (temperaturas mínimas e máximas do ar) de 125 estações meteorológicas (convencionais e automáticas) distribuídas no estado Santa Catarina (101) e nos estados do Paraná (12) e Rio Grande do Sul (12). Como resultado, obteve-se uma visão panorâmica quanto às amplitudes térmicas diárias no estado catarinense, apresentada sob a forma de mapa, e dos níveis de inércia térmica recomendados para cada região. Destacaram-se: a região entre os

municípios Bom Jardim da Serra (com amplitudes térmicas diárias altas) e Imbituba (com amplitudes baixas) por apresentar grande gradiente de amplitudes; e a região do vale do rio Itajaí-Açu por suas amplitudes homogêneas e brandas.

Palavras-chave: Variáveis ambientais para projeto de edificações. Projeto de edificações passivas. Edificações com baixo consumo energético.

Abstract: The buildings must perform the function of shelter with low environmental impact. For this, they must provide internal thermal environments without large temperature variations. In order to design thermally efficient buildings, it is necessary to know the climate of the place for which it is designed. Among the aspects to consider are the daily temperature range, especially those in the highest percentile. However, data of this type are not easily available. Therefore, this research aimed to map the daily thermal amplitudes in the state of Santa Catarina and the recommended thermal inertia levels for residential buildings. Data (minimum and maximum air temperatures) from 125 meteorological stations (conventional and automatic) distributed in the state of Santa Catarina (101) and in the states of Paraná (12) and Rio Grande do Sul (12) were used. As a result, a panoramic view was obtained regarding the amplitudes in the state, presented in the form of a map of the daily thermal amplitudes and the levels of thermal inertia recommended for each region. The highlights were: the region between the cities of Bom Jardim da Serra (with high amplitudes) and Imbituba (with low amplitudes) for presenting a large amplitude gradient; and the region of the Itajaí-Açu river valley for its homogeneous and mild amplitudes.

Keywords: Environmental variables for building design. Passive Building Design. Buildings with low environmental impact.

Resumen: Los edificios deben cumplir la función de refugio con bajo impacto ambiental. Para ello, deben proporcionar ambientes térmicos interiores sin grandes variaciones de temperatura. Para diseñar edificios térmicamente eficientes, es necesario conocer el clima del lugar para lo que se proyecta. Entre los aspectos a considerar están los rangos térmicos diarios, especialmente aquellos en los percentiles más altos. Sin embargo, los datos de este tipo no reciben mucha publicidad. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo mapear las amplitudes térmicas diarias y los niveles de inercia térmica recomendados para edificios residenciales en el estado de Santa Catarina. Se utilizaron datos (temperaturas del aire mínima y máxima) de 125 estaciones meteorológicas (convencionales y automáticas) distribuidas en el estado de Santa Catarina (101) y en los estados de Paraná (12) y Rio Grande do Sul (12). Como resultado, se obtuvo una vista panorámica de las amplitudes térmicas diarias en el estado, presentadas en forma de mapa, y los niveles de inercia térmica recomendados para cada región. Los destaques fueron: la región entre las ciudades de Bom Jardim da Serra (con amplitudes altas) e Imbituba (con amplitudes bajas) por presentar un gradiente de amplitud grande; y la región del valle del río Itajaí-Açu por sus amplitudes homogéneas y suaves.

Palabras clave: Variables ambientales para el diseño de edificios. Diseño de edificios pasivos. Edificios de bajo consumo energético.

Submetido em: 24/09/2021
Aceito para publicação em: 17/02/2022
Publicado em: 06/03/2022

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o conforto ambiental é um tema em amadurecimento e vem recebendo cada vez mais atenção (SOUZA; NERY, 2012; SANTOS; PORTO; SILVA, 2020). É abordado em estudos em diferentes escalas de detalhe, tanto em ambientes externos quanto em internos, a exemplo de Sant'Anna Neto (2011), Cardoso e Vecchia (2015), Rupp *et al*. (2017), Gobo *et al*. (2019), Fernandes e Masiero (2020). Entretanto, embora essas pesquisas tenham foco nos ambientes em que os seres humanos exercem suas atividades cotidianas, nem sempre há articulação para a aplicação prática desse conhecimento no projeto dos espaços habitados.

Entre as variáveis de maior importância para a percepção térmica, cabe destaque para a temperatura, tanto em ambientes externos (ZHEN *et al*., 2021) quanto em internos (PARKINSON *et al.*, 2020) e, por consequência, para as amplitudes térmicas diárias. No caso de ambientes construídos, almeja-se certo controle sobre essas variáveis (BARBIRATO *et al*., 2007), preferencialmente com baixo impacto ambiental. A falta de controle sobre as amplitudes térmicas diárias internas é um importante fator de desconforto, principalmente em habitações de populações em vulnerabilidae socioeconômica (ROSEGHINI; TREVIZANI, 2021). Por isso, as edificações devem ser projetadas para proverem ambientes térmicos adequados sem dependerem do condicionamento artificial. Na verdade, no Brasil, o acesso ao condicionamento mecânico ainda é limitado. Conta-se com apenas 0,4 aparelhos de ar condicionado por residência (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2018). Essa realidade também reforça a importância do condicionamento térmico natural.

Para projetar edificações condicionadas naturalmente é recomendável conhecer:

a) As temperaturas recomendadas para o interior dessas edificações;

b) O clima no qual a edificação será inserida;

c) As propriedades termofísicas dos materiais construtivos disponíveis;

d) E os artifícios projetuais para relacionar corretamente os três itens anteriores.

As temperaturas recomendadas para ambientes internos são obtidas via modelos matemáticos que definem faixas de temperaturas operativas. Entre esses modelos, destacam-se os modelos adaptativos, próprios para edificações condicionadas naturalmente,

como o modelo da norma ANSI[1]/ASHRAE Standard 55 (AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE, 2020). Ao definirem faixas de temperaturas, os modelos adaptativos também indicam as amplitudes térmicas diárias máximas admissíveis para ambientes internos.

Conhecendo-se o clima, a partir dos valores das amplitudes térmicas diárias (ΔTd) é possível verificar o grau de intervenção para que, em ambientes internos, esses valores correspondam ao recomendado. As amplitudes térmicas diárias do ambiente externo são utilizadas como dados de entrada para ferramentas de apoio para o processo de projeto propostas por diferentes autores (EVANS, 2003; MAHONEY *apud* SZOKOLAY, 2008; FERNANDES, 2020).

Neste texto, entre as propriedades termofísicas dos materiais de uma edificação, destaca-se a capacidade térmica, que expressa a relação entre a quantidade de energia fornecida a um corpo e a variação observada na sua temperatura (TIPLER; MOSCA, 2014).

Um dos artifícios de projeto para controlar as amplitudes térmicas diárias internas de edificações é baseado no uso de materiais com grande capacidade térmica (AKUTSU; BRITO; CHIEPPE, 2012; VERBEKE; AUDENAERT, 2018). Como resultado do seu uso, as edificações apresentam maior inércia térmica (amplitudes térmicas diárias internas reduzidas comparativamente às externas)[2]. No Brasil, dotar as edificações de alta capacidade térmica é indicado para seis das oito zonas climáticas da Norma Brasileira NBR 15.220 para habitações de interesse social (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2005a), abrangendo grande parte do território. A estimativa de demanda por inércia térmica varia de acordo com as amplitudes térmicas diárias internas máximas admitidas pela norma adotada pelo projetista e com os valores dos percentis superiores das amplitudes térmicas diárias do clima local. Um indicador dessa demanda é o nível de inércia térmica relativo recomendado (NITRR) (FERNANDES, 2020).

No entanto, os valores dos percentis superiores das amplitudes térmicas diárias locais não estão facilmente disponíveis para os projetistas. Por exemplo, não estão

[1] American National Standards Institute.

[2] São exemplos de outros artifícios usados para reduzir as amplitudes térmicas diárias de ambientes internos são: o sombreamento, a capacidade térmica, o isolamento térmico e o controle da ventilação.

contemplados nas normais climatológicas, tipo de conjunto de dados bastante difundido e referência para projetistas de edificações. Normais climatológicas são valores médios calculados para períodos relativamente longos, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas (DINIZ; RAMOS; REBELLO, 2014). Recentemente, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibilizou normais climatológicas para 440 estações meteorológicas de superfície, mas sem dados sobre amplitudes térmicas diárias (DINIZ et al., 2014). Mesmo que fossem disponibilizadas médias das amplitudes térmicas, seriam dados pouco indicados para subsidiar projetos de edificações, sendo mais úteis os valores relativos aos períodos extremos ou aos percentis superiores.

Um esforço para o mapeamento das amplitudes térmicas no Brasil foi realizado por Landau *et al*. (2009a). No entanto, a pesquisa abordou amplitudes térmicas mensais e anuais, e não diárias. As menores amplitudes térmicas anuais foram verificadas na Região Amazônica e nas áreas costeiras, enquanto a parte oeste da Região Sul apresentou os valores mais elevados. As maiores amplitudes térmicas mensais foram observadas no inverno, no estado do Mato Grosso, nas áreas do bioma do Cerrado. Os pesquisadores também concluíram que as áreas com menores amplitudes térmicas coincidem com aquelas com maior diversidade biológica natural. Outra pesquisa de abrangência nacional avaliou as tendências de variação das amplitudes térmicas (mensal e anual) em função das mudanças climáticas (LANDAU *et al*., 2009b). A pesquisa indica que as amplitudes apresentam variação ao longo do tempo e aponta para tendência de aumento na Região Amazônica e diminuição nas regiões litorâneas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, com consequente incremento da biodiversidade e do conforto térmico.

É necessário refletir sobre qual tipo de dado referente às amplitudes térmicas deve ser disponibilizado para projetistas e como fornecê-lo para que seja acessível. Uma das alternativas é a disponibilização de dados sintéticos, sob a forma de tabelas, obtidos após o processamento de dados horários ou diários, abrangendo períodos de vários anos. Dados deste tipo estão disponíveis no site *http://ashrae-meteo.info*, mantido pela ASHRAE. Nesta plataforma, para o Brasil, estão dados de 51 localidades. São apresentados valores médios de percentis de vários subconjuntos de dados, cada um abrangendo um ano (8760 horas de dados processados). Os valores de temperaturas referentes aos percentis de verão, 99,6, 99, 98 e 95, indicam que, em média, tais valores são excedidos em 35 (0,4%), 88 (1%), 175 (2%)

e 438 (5%) das horas do ano, respectivamente. Para o período frio, são informadas as temperaturas médias nos percentis 0,4 e 1%, sendo que, em média, 35 e 88 horas do ano poderão apresentar temperaturas mais baixas (ASHRAE, 2009). No site também são apresentadas as médias mensais das amplitudes térmicas diárias. No Brasil, dados semelhantes foram calculados e disponibilizados para 14 cidades, contendo amplitudes térmicas diárias para diferentes percentis do ano e de cada um dos meses (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Quanto aos dados disponibilizados em mapas, para o campo da construção civil, também deve ser dada preferência para dados médios de percentis superiores das amplitudes térmicas diárias (ao invés de dados médios ou de amplitudes térmicas mensais ou anuais).

Uma alternativa às tabelas extensas e detalhadas, com dados pormenorizados de diersos locais, seria classificar as localidades em categorias segundo os perfis das amplitudes térmicas diárias. Neste caso, ao invés de se exibir dados de todas as localidades, seriam apresentados dados representativos de categorias ou grupos. Essa opção também pode ser apresentada em mapas com zonas nas quais as amplitudes térmicas diárias apresentam semelhanças. Complementarmente, nas tabelas e mapas das amplitudes térmicas diárias, poderiam ser apresentados os níveis de inércia térmica (NIT) recomendados para as edificações de cada região. Mas, para que isso seja viável, é necessário verificar se existem semelhanças entre os perfis de amplitudes térmicas das diferentes regiões de interesse.

Considerando o exposto, esta pesquisa tem como objetivo mapear as amplitudes térmicas diárias no estado de Santa Catarina e os níveis de inércia térmica recomendados para edificações residenciais. Secundariamente, buscou-se analisar e propor uma classificação das localidades segundo suas amplitudes térmicas diárias.

2. PROCEDIMENTOS MEDODOLÓGICOS

2.1. Caracterização climática do estado de Santa Catarina

O estado de Santa Catarina está situado na Região Sul do Brasil (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), entre as latitudes 26°00´S a quase 30°00´S, e longitudes

48°30´W a quase 54°00´W. Possui uma área oficial de 95.483 km², com mais 502 km² de águas territoriais, totalizando 95.985 km², correspondente a 16,61% da Região Sul (PANDOLFO *et al*., 2002). Santa Catarina apresenta porções com clima temperado quente (Cfb), clima subtropical (Cfa) e clima tropical (Af) (WREGE *et al.*, 2012). Atuam sobre o estado as seguintes massas de ar: Tropical Atlântica (Ta), Polar Atlântica (Pa), Tropical Continental (Tc) e Equatorial Continental (Ec). As massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica predominam alternadamente em todas as estações do ano (MIRA. 1974 *apud* BRAGA; GHELLRE, 1999).

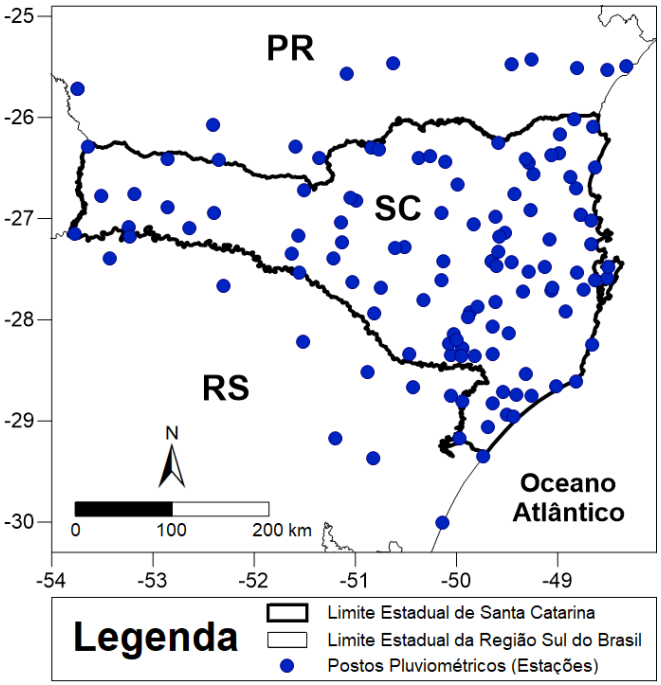
2.2. Fontes dos dados e cálculo das amplitudes térmicas diárias

As amplitudes térmicas diárias (ΔTd) foram calculadas (Equação 1) a partir de dados diários de temperaturas mínimas ($Tmín$) e máximas ($Tmáx$) fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM).

(1) $$\Delta Td = Tmáx - Tmín$$

Foram fornecidos dados contendo temperaturas mínimas e máximas diárias de 205 estações meteorológicas (convencionais e automáticas), de 01/01/2012 até 31/12/2019. No entanto, parte das estações meteorológicas não coletou dados em todo o período. Foram utilizados dados das estações com ao menos três anos de monitoramento (1.095 dias com registros). Essa condição reduziu para 101 o número de estações úteis para a pesquisa (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A fim de dar suporte ao processo interpolação nas regiões de divisa do estado, também foram considerados dados de estações meteorológicas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) dos estados Paraná (12) e Rio Grande do Sul (12), totalizando 125 estações.

Figura 1 - Estações meteorológicas com dados utilizados na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.3. Método de interpolação e ferramentas utilizadas

Aplicou-se o método de interpolação geoestatística krigagem ordinária (ou *ordinary kriging*) para visualizar a distribuição espacialmente. Esse procedimento permite observar a continuidade dos fenômenos no espaço, inclusive nas lacunas entre os pontos de amostragem (YAMAMOTO; LANDIM, 2015). Optou-se pela krigagem porque esse método apresentou bom desempenho em outros estudos comparativos envolvendo parâmetros de validação de modelos geoestatísticos e a variável temperatura (DOBESCH; DUMOLARD; DYRAS, 2007; MENG *et al*., 2013). Os programas utilizados neste processo foram o Golden Surfer 13 e o QGIS 3.14.

2.4. Classificação das amplitudes térmicas em perfis

No campo da construção civil, eventos climáticos são classificados segundo sua frequência de ocorrência e intensidade e disponibilizados em tabelas com títulos como ‘condições climáticas para projeto’ (ASHRAE, 2009) ou ‘dados climáticos para projeto’ (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Nesta pesquisa, buscou-se agrupar diferentes localidades em função de semelhanças

em suas amplitudes térmicas diárias ($\Delta Td\ ex$). Para isso, foi realizada análise das amplitudes nos seguintes percentis: 99,5, 99, 97,5 e 95. Tais percentis significam que, em média, para um ano de dados, essas amplitudes serão excedidas em 0,5 % (1,8 dias), 1% (3,65 dias), 2,5% (9,1 dias) e 5% (18,25 dias) dos dias.

Em estatística descritiva, os percentis são medidas que dividem a amostra em 100 partes, por ordem crescente dos dados. Cada parte com uma percentagem de dados aproximadamente igual (LARSON; FABER, 2015).

2.5. Nível de inércia térmica (NIT)

O nível de inércia térmica (Equação 2) expressa a capacidade de uma edificação de reduzir as amplitudes térmicas diárias do ambiente interno ($\Delta Td\ in$) comparativamente às amplitudes do ambiente externo ($\Delta Td\ ex$) (FERNANDES, 2020).

(2) $$NIT = \frac{\Delta Td\ ex}{\Delta Td\ in} - 1$$

2.6. Nível de inércia térmica relativo recomendado (NITRR)

O nível de inércia térmica relativo recomendado (NITRR) para uma edificação em uma localidade indica o NIT que deve ser atingido para não ultrapassar a amplitude térmica interna máxima tomada como referência ($\Delta Td\ in\ máx\ rec$) (FERNANDES, 2020). Nesta pesquisa, tomaram-se como referência as amplitudes térmicas máximas sugeridas pelo modelo adaptativo da ANSI/ASHRAE 55 (ASHRAE, 2020), 5°C para 90% de aceitabilidade e 7°C para 80% de aceitabilidade. O NITRR é calculado utilizando a Equação 3.

(3) $$NITRR = \frac{\Delta Td\ ex}{\Delta Td\ in\ máx\ rec} - 1$$

Os NITRR foram calculados para as $\Delta Td\ ex$ nos percentis 99,5, 99, 97,5 e 95.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em se tratando das amplitudes térmicas diárias máximas ($\Delta Td\ ex\ máx$), o maior valor para as 101 localidades catarinenses consideradas foi 29,3°C, verificado na Comunidade XV Dias, do município Bom Jardim da Serra, no Planalto Sul. O menor valor máximo, 14,4°C, foi registrado em Laguna, no Litoral Sul. A diferença de 14,9 °C entre esses valores máximos ilustra a diversidade de perfis de amplitudes térmicas diárias no estado e chama atenção, pois os locais distam apenas aproximadamente 85 km um do outro em linha reta. Amplitudes térmicas diárias máximas tão diferentes, mesmo acontecendo em períodos específicos, demandam soluções construtivas distintas para habitações.

3.1. Classificação das Amplitudes térmicas diárias

Considerando todas as localidades, a análise do conjunto das amplitudes térmicas diárias revelou a existência de um padrão: as diferenças entre as amplitudes térmicas diárias mínimas, de um percentil analisado para o outro, são semelhantes, variando dentro de uma faixa restrita, com valores médios próximos de 1°C. O mesmo padrão ocorreu para as amplitudes térmicas diárias médias.

As médias das diferenças entre as amplitudes térmicas diárias, de um percentil para o outro (Tabela 1), foram: a) 0,8 °C, do percentil 99,5 para o 99; b) 1,2 °C, do percentil 99 para o 97,5; c) e 1,1°C, do percentil 97,5 para o 95.

Tabela 1 - Valores médios e mínimos das amplitudes térmicas diárias em cada percentil.

Amplitudes térmicas diárias	Percentil 99,5	Percentil 99	Percentil 97,5	Percentil 95
ΔTd médias (°C)	19,05	18,26	17,05	15,95
ΔTd mínimas (°C)	11,50	10,69	9,30	8,40

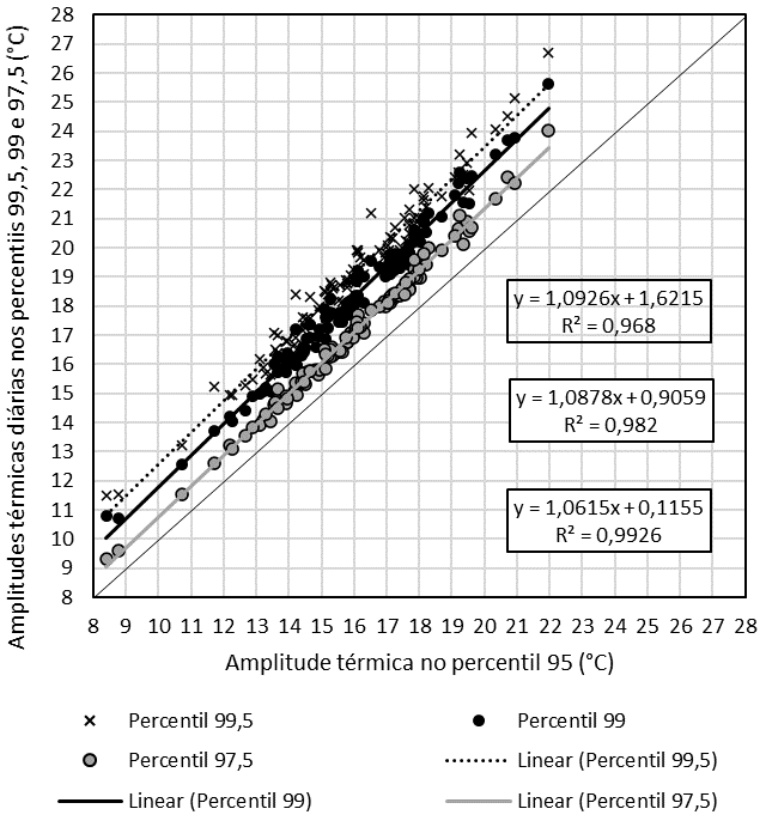
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Esses resultados significam que, para um determinado clima de Santa Catarina, conhecendo-se o valor da amplitude térmica em um dos percentis analisados, o percentil 95 por exemplo, é possível estimar os valores aproximados para os percentis 99,5, 99 e 97,5. A Figura 2 apresenta os valores das amplitudes térmicas diárias no percentil 95 e sua relação

com os valores nos percentis 99,5, 99 e 97,5 nas 101 localidades analisadas. Nos três casos, o R^2 é maior do que 0,96.

Como exemplo, se a média das amplitudes térmicas diárias no percentil 95 for próxima de 13,5 °C, no percentil 97,5 ela será próxima de 14,5 °C e nos percentis 99 e 99,5 serão próximas de 15,5 °C e 16,5 °C, respectivamente.

Figura 2 - Correlação entre as amplitudes térmicas diárias do percentil 95 com as amplitudes dos percentis 99,5, 99 e 97,5.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os padrões verificados nas $\Delta Td\ ex$ permitiu propor um método para agrupamento das localidades em função das semelhanças entre suas amplitudes e definição de perfis médios para fins de projeto. Para isso, foram adotados os seguintes procedimentos:

a) Em cada percentil (99,5, 99, 97,5 e 95), foram identificados os valores mínimos das amplitudes térmicas diárias.

b) A partir do terceiro valor inteiro superior ao valor mínimo encontrado em cada percentil, foram definidas 12 classes de amplitudes, denominadas 'perfis': 10

intervalos de amplitudes, com 1 °C cada, mais um perfil com valores inferiores aos do primeiro intervalo e outro com valores superiores aos do último intervalor.

A Tabela 2 apresenta os limites das faixas de amplitudes térmicas diárias dos perfis em cada percentil. Como exemplo, uma localidade com amplitudes classificadas como de perfil 2 terá $\Delta Td\ ex$ com valores entre 14 e 15°C no percentil 99,5, entre 13 e 14°C no percentil 99, entre 12 e 13°C no percentil 97,5°C e entre 11 e 12°C no percentil 95.

Tabela 2 - Limites dos valores das amplitudes térmicas diárias em cada perfil e percentil.

	No Percentil 99,5 (°C)	**No Percentil 99 (°C)**	**No Percentil 97,5 (°C)**	**No Percentil 95 (°C)**
Limite superior do Perfil 11 e inferior do Perfil 12	24	23	22	21
Limite superior do Perfil 10 e inferior do Perfil 11	23	22	21	20
Limite superior do Perfil 9 e inferior do Perfil 10	22	21	20	19
Limite superior do Perfil 8 e inferior do Perfil 9	21	20	19	18
Limite superior do Perfil 7 e inferior do Perfil 8	20	19	18	17
Limite superior do Perfil 6 e inferior do Perfil 7	19	18	17	16
Limite superior do Perfil 5 e inferior do Perfil 6	18	17	16	15
Limite superior do Perfil 4 e inferior do Perfil 5	17	16	15	14
Limite superior do Perfil 3 e inferior do Perfil 4	16	15	14	13
Limite superior do Perfil 2 e inferior do Perfil 3	15	14	13	12
Limite superior do Perfil 1 e inferior do Perfil 2	14	13	12	11

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No centro dos intervalos de cada percentil foram definidos os valores das amplitudes térmicas diárias a serem adotadas como referência por projetistas (Tabela 3). Desta maneira, por exemplo, uma localidade localizada no perfil 2 terá 14,5°C como ΔTd de referência no percentil 99,5, 13,5°C no percentil 99, 12,5°C no percentil 97,5 e 11,5°C no percentil 95. O percentil a ser adotado pelo projetista dependerá do nível de exigência pretendido para o projeto. Quanto mais alto o desempenho almejado, maior deverá ser a ΔTd. Para o projetista conhecer as amplitudes de referência de sua localidade, basta saber a qual perfil a localidade pertence.

Tabela 3 - Amplitudes térmicas diárias de referência para projeto de edificações.

	Percentil 99,5	Percentil 99	Percentil 97,5	Percentil 95
Perfil 12 de amplitudes	24,5	23,5	22,5	21,5
Perfil 11 de amplitudes	23,5	22,5	21,5	20,5
Perfil 10 de amplitudes	22,5	21,5	20,5	19,5
Perfil 9 de amplitudes	21,5	20,5	19,5	18,5
Perfil 8 de amplitudes	20,5	19,5	18,5	17,5
Perfil 7 de amplitudes	19,5	18,5	17,5	16,5
Perfil 6 de amplitudes	18,5	17,5	16,5	15,5
Perfil 5 de amplitudes	17,5	16,5	15,5	14,5
Perfil 4 de amplitudes	16,5	15,5	14,5	13,5
Perfil 3 de amplitudes	15,5	14,5	13,5	12,5
Perfil 2 de amplitudes	14,5	13,5	12,5	11,5
Perfil 1 de amplitudes	13,5	12,5	11,5	10,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As amplitudes térmicas diárias de cada localidade foram alocadas em perfis médios de acordo com a média das classificações nos percentis 99,5, 99, 97,5 e 95. Somados, os perfis centrais, 4, 5, 6, 7 ,8 e 9, somaram 81 localidades (Tabela 4). Destes, destacaram-se os perfis 6 e 8, cada um com 18 localidades.

Tabela 4 - Número de localidades pertencentes a cada perfil de amplitudes térmicas diárias.

	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11	Perfil 12
Quantidade de localidades	3	1	4	11	13	18	11	18	10	6	2	4

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A

Tabela **5** apresenta, para cada local, em cada percentil, as amplitudes térmicas e o perfil no qual elas se encaixam, as amplitudes térmicas diárias máximas e o perfil médio. Percebe-se que as localidades tendem a ser classificadas nos mesmos perfis ou em perfis próximos em todos os percentis. Por exemplo, as localidades 2 (1508-São Miguel do Oeste – INMET), 3 (1514-Novo Horizonte – INMET) e 4 (1544-Dionísio Cerqueira - INMET) são classificadas como de perfil 4, com amplitudes térmicas diárias relativamente baixas, na maioria dos percentis.

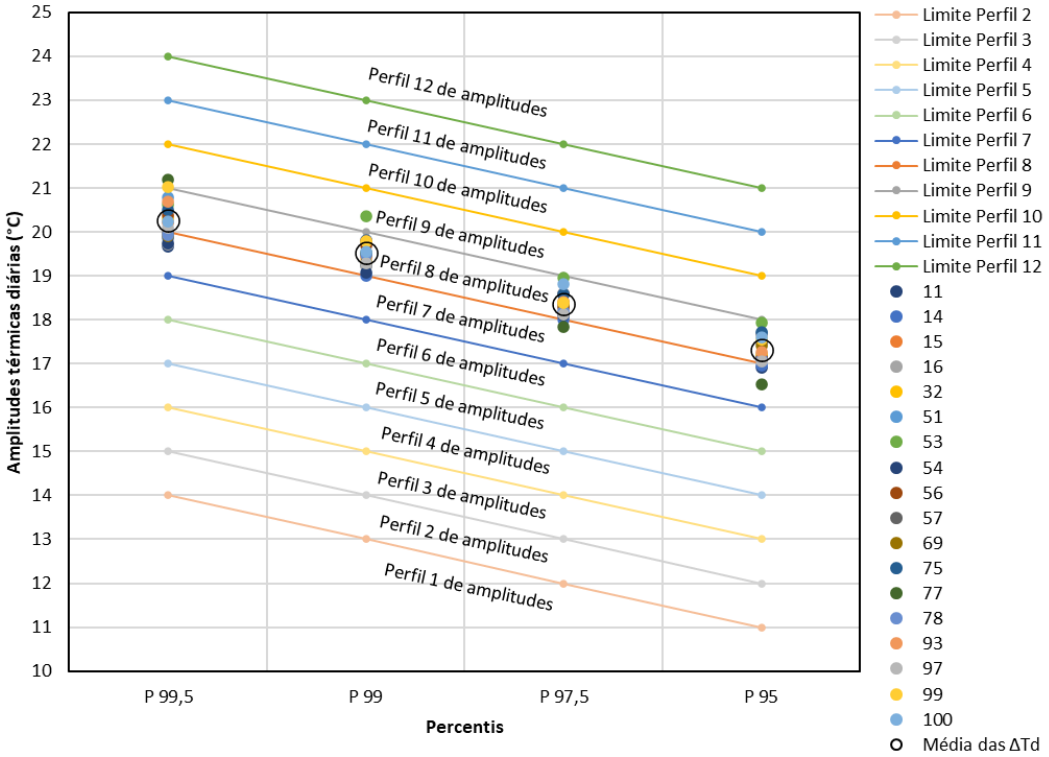
Tabela 5 - Amplitudes térmicas e perfis das localidades.

Nº	Estação	Perfil Médio	ΔTd máx.	Perc 99,5		Perc 99		Perc 97,5		Perc 95	
				Perfil	ΔTd	Perfil	ΔTd	Perfil	ΔTd	Perfil	ΔTd
1	1039-Caibi, Foz do Chapecó Energia	9	22,26	8	20,78	9	20,22	8	18,96	9	18,03
2	1508-São Miguel do Oeste, INMET	4	19,00	4	16,40	4	15,93	4	14,82	4	13,90
3	1514-Novo Horizonte, INMET	4	17,80	3	15,88	4	15,05	4	14,10	4	13,20
4	1544-Dionísio Cerqueira, INMET	4	19,60	4	16,19	4	15,00	3	13,90	4	13,10
5	2440-Águas Frias, Linha Porto	9	23,38	9	21,04	9	20,46	9	19,24	8	17,85
6	2450-Itapiranga, Linha Laranjeira	10	24,29	10	22,60	11	22,24	10	20,67	10	19,20
7	2456-Maravilha, Bairro Progresso	12	26,76	12	24,07	12	23,19	11	21,69	11	20,35
8	1016-Videira, CE_Epagri	10	24,25	10	22,51	10	21,57	10	20,13	10	19,35
9	1026-Curitibanos, UFSC	10	25,32	10	22,91	11	22,38	10	20,89	10	19,48
10	1046-Tangará, Marari	6	19,49	6	18,18	6	17,47	6	16,42	6	15,54
11	1048-Campos Novos, Cetre/Epagri	8	24,12	7	19,67	8	19,24	8	18,14	7	16,91
12	1505-Curitibanos, INMET	7	22,50	7	19,04	7	18,20	7	17,10	6	15,90
13	1510-Caçador, INMET	9	25,70	9	21,79	10	21,04	9	19,50	9	18,15
14	1546-Joaçaba, INMET	8	22,00	7	19,85	8	19,00	8	18,00	7	16,96
15	2309-Zortea, Linha Pouso Alto	8	23,48	8	20,22	8	19,42	8	18,61	8	17,68
16	2313-Abdon Batista, Linha São José	8	20,76	7	19,73	8	19,22	8	18,28	8	17,22
17	2420-Ouro, Linha São José	10	23,80	9	21,97	10	21,52	10	20,57	10	19,53
18	2461-Caçador, Linha Cará	9	22,98	9	21,41	9	20,53	9	19,41	9	18,23
19	1037-Chapecó, Foz do Chapecó Energia	5	19,94	5	17,12	5	16,60	5	15,82	5	14,84
20	1044-Água Doce, Vin. Villagio Grando	6	27,14	6	18,60	6	17,73	6	16,31	6	15,35
21	1509-Xanxerê, INMET	5	19,40	5	17,23	5	16,56	5	15,30	5	14,50
22	1006-Florianópolis, Cetre/Epagri	5	19,97	4	16,99	5	16,26	5	15,15	4	13,66
23	1501-São José, INMET	3	18,60	2	14,94	3	14,20	3	13,20	3	12,20
24	2383-Antonio Carlos, Bairro Usina	7	22,30	7	19,25	7	18,22	7	17,01	6	15,98
25	2384-Sto. Amaro da Imp., B. S. do Rio	6	20,69	6	18,31	6	17,38	5	15,75	5	14,66
26	2385-Tijucas, Bairro Universitários	5	19,89	5	17,85	5	16,94	5	15,64	5	14,92
27	2424-Florianópolis, Carijós	5	19,80	5	17,56	5	16,87	5	15,71	5	14,54
28	1050-Rancho Queimado, Vin. Terramilia	3	18,23	3	15,28	3	14,42	3	13,54	3	12,67
29	1053-Major Gercino - Campinho	5	17,61	4	16,67	5	16,18	5	15,08	5	14,16
30	1054-S. Bonifácio, E. G. do Rio Atafona I	5	18,99	4	16,92	4	15,97	5	15,12	5	14,22
31	1584-Rancho Queimado, INMET	6	20,00	6	18,00	6	17,20	5	15,80	5	14,94
32	2318-Leoberto Leal, Rio Emiliano	8	20,97	8	20,31	8	19,48	8	18,40	8	17,20
33	2319-Alfredo Wagner, Águas Frias	6	20,20	6	18,72	6	17,73	6	16,59	6	15,30
34	1025-Ituporanga, Epagri/Automatizada	6	23,15	6	18,78	7	18,09	6	16,74	6	15,78
35	1045-Lontras, Salto Pilão	7	21,30	6	18,80	7	18,34	7	17,24	7	16,06
36	1058-José Boiteux, Caminho Caçador	6	20,72	6	18,50	6	17,76	6	16,24	6	15,26
37	1059-Benedito Novo, Santa Maria	6	21,75	6	18,38	6	17,19	5	15,36	5	14,21
38	1502-Indaial, INMET	5	18,90	5	17,20	5	16,30	5	15,40	5	14,40
39	1506-Ituporanga, INMET	6	23,00	6	18,90	6	17,70	6	16,90	6	15,83
40	1507-Rio do Campo, INMET	7	24,00	7	19,59	8	19,00	7	17,40	7	16,30
41	2315-Vidal Ramos, Anta Gorda	4	18,07	3	15,66	4	15,08	4	14,03	4	13,45
42	2316-Petrolândia, Tifa Doerner	6	23,62	6	18,65	6	17,96	6	16,73	6	15,79
43	2320-Aurora, Alto Ribeirao Pacas	4	17,75	3	15,97	4	15,71	4	14,66	4	13,90
44	2386-Pres. Getúlio, Serra dos Índios	4	17,82	4	16,51	4	15,99	4	14,96	5	14,25
45	2392-Botuverá, Ribeirão Porto Franco	6	20,57	6	18,15	6	17,46	6	16,41	6	15,63
46	2430-Lontras, Pioneiros	5	20,96	5	17,32	5	16,86	5	15,83	6	15,14
47	1043-Criciúma, UNESC	10	26,41	10	22,43	10	21,80	10	20,40	10	19,08
48	1055-Imbituba, Porto de Imbituba	1	16,35	1	11,52	1	10,69	1	9,59	1	8,78
49	1061-Jaguaruna, Campo Exp./Epagri	5	20,41	5	17,07	5	16,01	4	14,61	4	13,54
50	1500-Laguna, INMET	1	14,40	1	11,50	1	10,79	1	9,30	1	8,40
51	1513-Urussanga, INMET	8	24,40	8	20,79	8	19,80	8	18,60	8	17,70
52	1516-Araranguá, INMET	7	24,10	7	19,90	8	19,20	7	17,70	7	16,11
53	2130-Sombrio, Maracanã	8	23,13	8	20,62	9	20,35	8	18,96	8	17,93
54	2301-Meleiro, Jardim Itália	8	21,35	7	19,74	8	19,08	8	18,10	8	17,12
55	2355-Araranguá, ETA Lagoa da Serra	7	22,69	7	19,85	7	18,37	7	17,22	7	16,12
56	2363-Içara, Linha Zili	8	21,88	8	20,37	8	19,69	8	18,30	8	17,12
57	2369-Nova Veneza, Rio Cedro Médio	8	22,65	7	19,99	8	19,51	8	18,59	8	17,47
58	2435-Praia Grande, Alvorada	7	23,26	7	19,92	8	19,35	7	17,99	7	16,77
59	2462-Timbé do Sul, Figueira	4	20,10	4	16,50	4	15,95	4	14,69	4	13,58
60	1014-Campo Belo do Sul, BAESA	7	20,64	7	19,11	7	18,12	7	17,06	7	16,31
61	1018-Campo Belo do Sul, Faz. C. Belo	7	23,89	7	19,69	8	19,03	7	17,27	7	16,19
62	1049-São Joaquim, EE Epagri	5	25,23	5	17,63	5	16,60	5	15,70	5	14,44
63	1064-Urupema, Morro de Urupema	3	17,71	2	14,96	3	14,04	3	13,11	3	12,25
64	1504-Morro da Igreja, INMET	2	20,00	3	15,23	2	13,70	2	12,60	2	11,70
65	1512-São Joaquim, INMET	4	18,80	4	16,80	5	16,10	4	14,90	4	13,90
66	1583-Lages, INMET	6	19,40	6	18,40	6	17,24	6	16,30	6	15,20
67	2236-Urupema, Parque de Exposição	12	28,57	12	24,52	12	23,68	12	22,43	11	20,70
68	2266-Urubici, Mundo Novo	4	18,69	4	16,39	4	15,73	4	14,47	4	13,65
69	2375-São Joaquim, Chapada Bonita	8	21,93	7	19,91	8	19,31	8	18,36	8	17,41
70	2377-Bom Jardim da Serra, Com. XV Dias	12	29,28	12	26,69	12	25,65	12	24,03	12	21,96
71	2411-São Joaquim, Boava	9	22,43	8	20,78	9	20,22	9	19,02	8	17,84
72	2412-São Joaquim, Despraiado	11	25,25	11	23,95	11	22,46	10	20,69	10	19,60
73	2413-São Joaquim, Sta Isabel	12	27,03	12	25,13	12	23,78	12	22,20	11	20,93
74	2423-Bom Retiro, João Paulo	9	23,22	9	21,77	10	21,08	9	19,92	9	18,67
75	2431-São Joaquim, Alecrim	8	22,14	8	20,51	8	19,82	8	18,56	8	17,71
76	2436-Rio Rufino, Centro	11	25,96	11	23,21	11	22,60	11	21,10	10	19,25
77	2451-Otacílio Costa, Águas Paradas	8	23,04	9	21,18	8	19,53	7	17,84	7	16,53
78	2454-São Joaquim, Chapada Seca	8	23,41	7	19,93	8	19,48	8	18,19	8	17,09
79	2455-Lages, Coxilha Rica	9	26,92	9	21,30	9	20,09	8	18,91	8	17,69
80	2460-Palmeira, Cerro Alto	6	19,91	6	18,70	6	17,76	6	16,46	6	15,56
81	1019-Itajaí, EE_Epagri/Automatizada	3	17,17	3	15,46	3	14,90	3	13,82	3	12,87
82	1051-Joinville, Vila Nova	6	21,14	6	18,88	6	17,88	6	16,92	6	15,96
83	1052-Jaraguá do Sul, Barra do Rio Cerro	7	23,49	7	19,93	7	18,86	7	17,46	7	16,09
84	1060-Balneário Barra do Sul, BEL	1	17,83	1	13,23	1	12,58	1	11,53	1	10,74
85	1062-Luiz Alves, Banalves	6	21,37	6	18,83	7	18,23	6	16,49	6	15,26
86	1503-Itapoá, INMET	6	25,10	6	18,50	6	17,90	6	16,50	6	15,10
87	1517-Itajaí, INMET	4	18,90	3	15,70	4	15,20	4	14,30	4	13,30
88	2201-Camboriú, EMASA	4	18,80	4	16,80	5	16,37	4	14,82	4	13,94
89	2381-Garuva, São João Abaixo	7	22,30	7	19,22	7	18,16	7	17,23	7	16,11
90	2382-Joinville, Pirabeiraba	5	26,01	5	17,58	5	16,92	5	15,77	5	14,65
91	2388-Massaranduba, Aproban	6	21,34	6	18,90	6	17,90	6	16,90	6	15,76
92	2389-Schroeder, Rancho Bom	9	25,27	9	21,04	9	20,47	9	19,28	8	17,98
93	2393-Corupá, Santa Isabel	8	23,85	8	20,70	8	19,79	8	18,42	8	17,26
94	2399-Corupá, Guarajuva	6	21,65	6	18,49	6	17,63	6	16,33	6	15,13
95	1511-Rio Negrinho, INMET	9	25,40	10	22,03	9	20,60	9	19,60	8	17,86
96	1519-Major Vieira, INMET	10	25,90	10	22,07	10	21,20	10	20,00	9	18,30
97	2217-Irineópolis, Poço Preto	8	21,99	8	20,09	8	19,29	8	18,11	8	17,05
98	2219-Papanduva, Carijos	9	23,78	9	21,62	9	20,92	9	19,79	9	18,12
99	2225-Papanduva, Rodeiozinho	8	23,11	9	21,03	8	19,78	8	18,39	8	17,55
100	2232-Irineópolis, Bom Retiro	8	21,97	8	20,25	8	19,56	8	18,82	8	17,60
101	2402-Sta Terezinha, Faz. Rio Grande	5	18,00	5	17,37	5	16,40	5	15,41	5	14,47

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A título de exemplo, a Figura 3 apresenta as *ΔTd* nos percentis 99,5, 99, 97,5 e 95 para as localidades alocadas no perfil 8. Embora exista alguma dispersão, a tendência é que as médias das *ΔTd* dessas localidades em cada um dos quatro percentis sejam pertencentes ao intervalo do perfil 8. Em outras palavras, embora sejam localidades de diferentes regiões do estado de Santa Catarina, em se tratando das amplitudes térmicas diárias, elas apresentam um mesmo padrão e por isso podem ser classificadas em uma mesma categoria (perfil).

Figura 3 - Amplitudes térmicas diárias nos percentis 99,5, 99, 97,5 e 95 para localidades alocadas no perfil 8.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em se tratando do tipo de amplitude térmica diária por regiões (Tabela 6), no Litoral Norte e no Litoral Sul predominam localidades classificadas como com amplitudes em perfis médios (6 e 8). No entanto, foram as únicas regiões do estado onde também estão presentes localidades classificadas como com amplitudes térmicas diárias do perfil 1, com valores relativamente baixos. No extremo oposto, com localidades com amplitudes classificadas como do Perfil 12, que indicam maior demanda por edificações que possibilitem maior controle sobre as amplitudes térmicas diárias internas, encontram-se as regiões Extremo

Oeste e Planalto Sul. Nestas regiões, também foi observada maior diversidade na classificação dos perfis das amplitudes: o Planalto Sul apresenta deste localidades com perfis classificados como do tipo 2 até localidades com perfis de amplitudes do tipo 12.

Tabela 6 - Perfis de amplitudes das diferentes regiões do estado.

Regiões	**Perfis**												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Total**
Extremo Oeste	0	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	1	7
Florianópolis Litorânea	0	0	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	6
Florianópolis Serrana	0	0	1	0	2	2	0	1	0	0	0	0	6
Litoral Norte	1	0	1	2	1	5	2	1	1	0	0	0	14
Litoral Sul	2	0	0	1	1	0	3	5	0	1	0	0	13
Meio Oeste	0	0	0	0	0	1	1	4	2	3	0	0	11
Oeste	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
Planalto Norte	0	0	0	0	1	0	0	3	2	1	0	0	7
Planalto Sul	0	1	1	2	1	2	2	4	3	0	2	3	21
Vale do Itajaí	0	0	0	3	2	6	2	0	0	0	0	0	13
Total	3	1	4	11	13	18	11	18	10	6	2	4	101

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Eventualmente, pesquisadores ou projetistas podem necessitar simular o desempenho térmico ou testar protótipos de edificações para diferentes climas de Santa Catarina. Neste caso, para reduzir o número de testes, é interessante contar com dados de locais cujas *ΔTd* sejam representativas de determinadas regiões. Para isso, foram escolhidas localidades com perfis de *ΔTd* que sejam representativos de seu perfil, ou seja, de um grupo de localidades. Para a escolha, foi dada preferência para os locais que contem com estações meteorológicas do INMET e nos quais as *ΔTd* tenham sido classificadas no mesmo perfil nos diferentes percentis (99,5, 99, 97,5 e 95). As localidades de referência são apresentadas na Tabela 7.

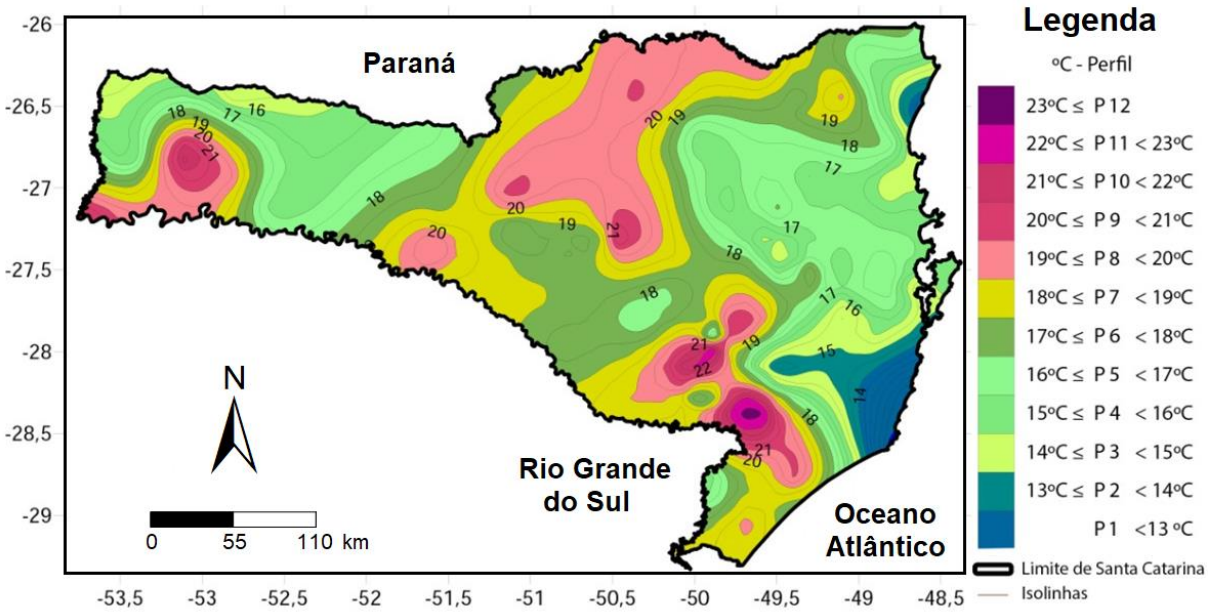
Tabela 7 – Localidades representativas para cada perfil de amplitudes térmicas diárias.

Estação meteorológica e localidade	Perfil de amplitudes térmicas
1500 - Laguna - INMET	1
1504 - Morro da Igreja - INMET	2
1501 - São José - INMET	3
1508 - São Miguel do Oeste - INMET	4
1502 - Indaial - INMET	5
1506 - Ituporanga - INMET	6
1505 - Curitibanos - INMET	7
1513 - Urussanga - INMET	8
1511 - Rio Negrinho - INMET	9
1519 - Major Vieira - INMET	10
2412 - São Joaquim - Despraiado (Epagri)	11
2236 - Urupema - Parque de Exposição (Epagri)	12

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Respondendo ao objetivo principal da pesquisa, foi produzido mapa das médias das amplitudes térmicas diárias no percentil 99 para o estado de Santa Catarina (Figura 4). Com base neste mapa, conhecendo as coordenadas da localidade de interesse, o projetista pode verificar a $\Delta Td\ ex$ no percentil 99 e em qual perfil de amplitudes térmicas diárias a localidade se encontra. Sabendo o perfil da localidade, recorrendo à Tabela 3, ele também poderá verificar quais são as respectivas $\Delta Td\ ex$ da localidade nos percentis 99,5, 97,5 e 95.

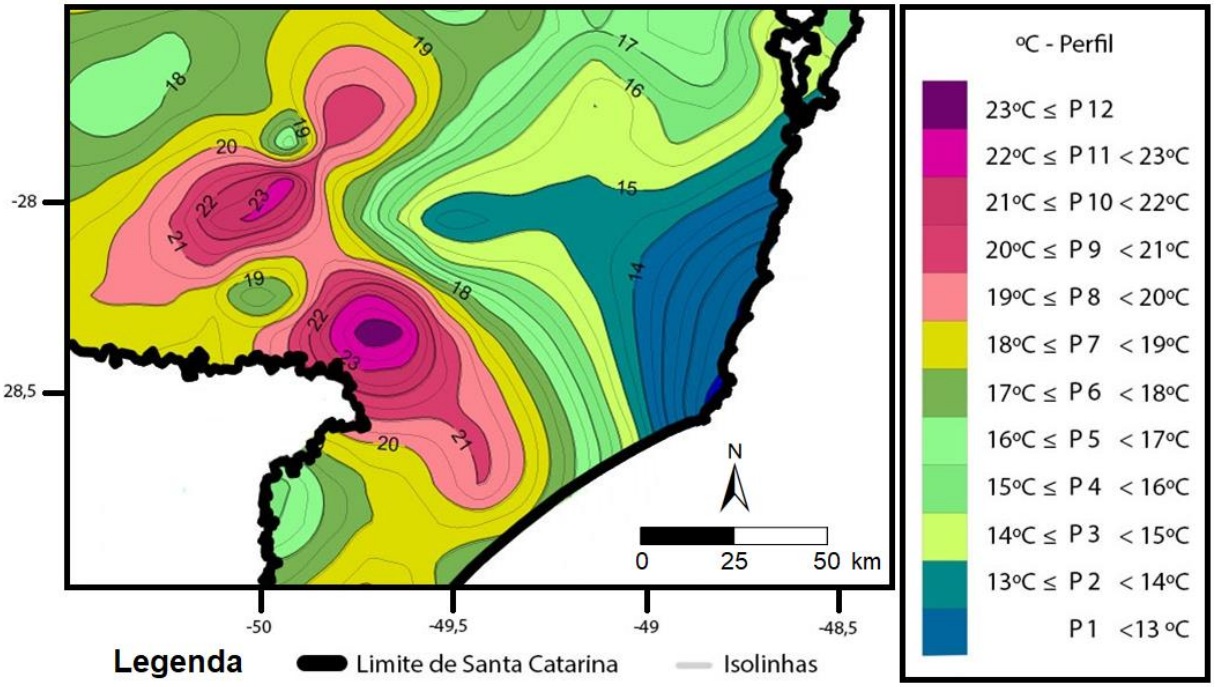
Figura 4 – Mapa das Amplitudes térmicas diárias no percentil 99 no estado de Santa Catarina e da distribuição dos Perfis de Amplitudes.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quanto à distribuição espacial dos menores valores das amplitudes térmicas diárias no estado, em todos os percentis, cabe destaque para as regiões no entorno dos municípios São Francisco do Sul e Imbituba (Figura 4). A região da bacia do Rio Itajaí destaca-se por apresentar $\Delta Td\ ex$ relativamente baixas e homogêneas comparativamente ao restante do estado. A região de baixas amplitudes no entorno de Imbituba é mais ampla do que a do entorno da bacia do Rio São Francisco. Também se encontra próxima da região que concentra as amplitudes térmicas diárias mais altas, no entorno do município de Bom Jardim da Serra. O trecho entre Imbituba e Bom Jardim da Serra (Figura 5) apresenta o gradiente mais expressivo em se tratando das amplitudes térmicas diárias, com áreas em todos os 12 perfis. Cabe observar que Imbituba e Bom Jardim da Serra se encontram em latitudes muito próximas. As explicações mais prováveis para as diferenças nas amplitudes térmicas diárias são a continentalidade/maritmidade, a altitude, o relevo e diferenças na exposição às massas de ar (ALVES; BARDUCO, 2011).

Figura 5 - Região com o maior gradiente de amplitudes térmicas diárias (Percentil 99).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Conforme abordado na introdução deste artigo, um dos artifícios de projeto para controlar as amplitudes térmicas diárias em ambientes internos de edificações comparativamente às externas consiste no uso de materiais com grande capacidade térmica (AKUTSU; BRITO; CHIEPPE, 2012; VERBEKE; AUDENAERT, 2018). Seu uso pode dotar as edificações de alto nível de inércia térmica. A estimativa de demanda por inércia térmica varia de acordo com as amplitudes térmicas diárias internas máximas admitidas pela norma adotada pelo projetista e com os valores dos percentis superiores das amplitudes térmicas diárias do clima local. Um indicador dessa demanda é o nível de inércia térmica relativo recomendado (NITRR) (FERNANDES, 2020). Este índice é abordado na subseção a seguir.

3.2. Níveis de inércia térmica relativos recomendados (NITRR)

A visualização da distribuição dos níveis de inércia térmica relativos recomendados (NITRR) para o estado de Santa Catarina foi feita no mesmo mapa das amplitudes térmicas diárias no percentil 99 (Figura 4), associando perfis de amplitudes com perfis de NITRR. As regiões que demandam mais inércia térmica das edificações coincidem com as regiões com as maiores amplitudes térmicas diárias.

Os NITRR para cada perfil de amplitudes, considerando aceitabilidade térmica de 90 % (ASHRAE, 2020), ΔTd in máximas de 5 °C, pode ser consultado na Tabela 8. Os NITRR para aceitabilidade térmica de 80 %, ΔTd in máximas de 7 °C, estão na Tabela 9. Embora os NITRR para amplitudes internas máximas de 5 °C sejam maiores que os demandados para amplitudes internas máximas de 7 °C, nos dois casos, observam-se diferenças expressivas entre os maiores e os menores valores. Como consequência, edificações projetadas para regiões onde são demandados maiores NITRR deverão apresentar características que contribuam para a redução da inércia, como cores claras, maior compacidade, controle da exposição à radiação solar e da ventilação e, principalmente, sistemas construtivos com maior capacidade térmica e, em caso de temperaturas médias fora da faixa recomendada, maior isolamento térmico.

Tabela 8 - Níveis de inércia térmica relativos recomendados quando adotada a amplitude térmica interna máxima de 5°C.

	Percentil 99,5	**Percentil 99**	**Percentil 97,5**	**Percentil 95**
NITRR para o Perfil 12 de amplitudes	3,90	3,70	3,50	3,30
NITRR para o Perfil 11 de amplitudes	3,70	3,50	3,30	3,10
NITRR para o Perfil 10 de amplitudes	3,50	3,30	3,10	2,90
NITRR para o Perfil 9 de amplitudes	3,30	3,10	2,90	2,70
NITRR para o Perfil 8 de amplitudes	3,10	2,90	2,70	2,50
NITRR para o Perfil 7 de amplitudes	2,90	2,70	2,50	2,30
NITRR para o Perfil 6 de amplitudes	2,70	2,50	2,30	2,10
NITRR para o Perfil 5 de amplitudes	2,50	2,30	2,10	1,90
NITRR para o Perfil 4 de amplitudes	2,30	2,10	1,90	1,70
NITRR para o Perfil 3 de amplitudes	2,10	1,90	1,70	1,50
NITRR para o Perfil 2 de amplitudes	1,90	1,70	1,50	1,30
NITRR para o Perfil 1 de amplitudes	1,70	1,50	1,30	1,10

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 9 - Níveis de inércia térmica relativos recomendados quando adotada a amplitude térmica interna máxima de 7°C.

	Percentil 99,5	Percentil 99	Percentil 97,5	Percentil 95
NITRR para o Perfil 12 de amplitudes	2,50	2,36	2,21	2,07
NITRR para o Perfil 11 de amplitudes	2,36	2,21	2,07	1,93
NITRR para o Perfil 10 de amplitudes	2,21	2,07	1,93	1,79
NITRR para o Perfil 9 de amplitudes	2,07	1,93	1,79	1,64
NITRR para o Perfil 8 de amplitudes	1,93	1,79	1,64	1,50
NITRR para o Perfil 7 de amplitudes	1,79	1,64	1,50	1,36
NITRR para o Perfil 6 de amplitudes	1,64	1,50	1,36	1,21
NITRR para o Perfil 5 de amplitudes	1,50	1,36	1,21	1,07
NITRR para o Perfil 4 de amplitudes	1,36	1,21	1,07	0,93
NITRR para o Perfil 3 de amplitudes	1,21	1,07	0,93	0,79
NITRR para o Perfil 2 de amplitudes	1,07	0,93	0,79	0,64
NITRR para o Perfil 1 de amplitudes	0,93	0,79	0,64	0,50

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3.3. Discussão e Síntese dos Resultados

Os resultados obtidos apontam para alguns setores do Estado de Santa Catarina que irão necessitar de uma maior atenção e cautela na construção de habitações, principalmente no tocante ao conforto térmico, com destaque para a região da Serra Catarinense e alguns setores à Oeste e Centro-Norte do Estado. Embora existam atualmente diversas tecnologias de condicionamento artificial e climatização de ambientes internos, tais mecanismos demandam um elevado consumo de energia elétrica e/ou recursos naturais, e nem sempre são acessíveis às populações mais vulneráveis e de baixa renda.

Da mesma maneira, levando em conta que o conforto térmico é um fator essencial para o bem estar, aumentar a eficiência dos sistemas construtivos nessas regiões tem o potencial para reduzir o número de dias em que a população dessas áreas ficariam expostas a condições de desconforto, principalmente em períodos muito quentes ou em eventos de ondas de frio (ALVES *et al*., 2017; BITENCOURT *et al*., 2020). Desse modo, embora a classificação de Köppen atribua para Santa Catarina uma baixa diversidade de tipos climáticos (WREGE *et al*., 2012), o Estado mostrou-se dotado de uma variabilidade térmica bastante elevada do ponto de vista espacial e temporal, cuja diversidade de relevos e características climáticas aumenta a importância de considerar uma política de construções

mais sustentáveis de habitações para a população catarinense.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto ao objetivo principal da pesquisa, mapear as amplitudes térmicas diárias e os níveis de inércia térmica recomendados para edificações residenciais no estado de Santa Catarina, considera-se que foi atingido. O estado apresenta grande diversidade de amplitudes térmicas diárias. A maior *ΔTd* foi 29,3°C, verificada na Comunidade XV Dias, do município Bom Jardim da Serra, no Planalto Sul. O menor valor máximo, 14,4°C, foi registrado em Laguna, no Litoral Sul. A expressiva diferença entre esses valores máximos, 14,9 °C, ilustra a diversidade das amplitudes no estado. Destaca-se ainda: a região da bacia do rio Itajaí, por apresentar ΔTd homogêneas e relativamente baixas; a região de Bom Jardim da Serra, pelas amplitudes altas; e para o trecho entre Bom Jardim da Serra e Imbituba, pela expressiva variação das amplitudes. Em relação às diferenças observadas, os resultados apontam para uma importância dos fatores continentalidade, altitude e relevo em comparação com o fator latitude. No entanto, não é possível fazer afirmações categóricas a esse respeito, pois o foco da pesquisa não foi investigar os fatores que determinam as *ΔTd*, mas sim apresentá-las.

Em se tratando dos níveis de inércia térmica relativos recomendados (NITRR), tendo em conta os limites para as *ΔTd* internas apontados pela ASHRAE (2020), foram observadas demandas diferentes de uma região para a outra, o que reforça a importância da análise climática para possibilitar adequar as características das habitações aos climas nos quais estas são implantadas.

A pesquisa também analisou e classificou as *ΔTd* do estado, agrupando os municípios segundo 12 perfis de amplitudes térmicas diárias. Para cada perfil foi definido um município como referência, cujas amplitudes se aproximam das médias das amplitudes do respectivo perfil. Essas localidades de referência facilitarão estudos futuros sobre condicionamento térmico.

Como estudos futuros, sugere-se simular o desempenho térmico de edificações nos municípios representativos dos 12 perfis de amplitudes a fim de testar estratégias para adequação de edificações aos climas do estado. Outra possibilidade é a verificação da

aplicabilidade do método aqui apresentado para classificação e mapeamento de amplitudes térmicas diárias em outras unidades da federação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Epagri e ao CIRAM pelo fornecimento dos dados. Também agradecem à Fundação Araucária e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

AKUTSU, M.; BRITO, A. C. De; CHIEPPE, C. P. O Efeito da Capacidade Térmica e da Resistência Térmica de Paredes no Desempenho Térmico de Habitação na Cidade de São Paulo. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2021, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), p. 3220–3226, 2012.

ALVES, M. P. et al. The influence of the Antarctic oscillation (AAO) on cold waves and occurrence of frosts in the State of Santa Catarina, Brazil. **Climate**, v. 5, n. 1, p. 17, 2017.

ALVES, R. R.; BARDUCO, G. L. Análise da influência da continentalidade e maritimidade em municípios brasileiros localizados em uma mesma latitude. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA - XIV SBGFA 2011, Dourados. **Anais...** Dourados: UFGD, 2011.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. **2009 ASHRAE Handbook: Fundamentals**, I-P Edition. V. 30329. 2009. https://doi.org/10.1039/c1cs15219j

_____. **ANSI/ASHRAE Standard - 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard - 55. USA: 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Brasil, Rio de Janeiro: ANBT, 2005.

BARBIRATO, G.M.; SOUZA, L.C.L.; TORRES, S.C. **Clima e cidade**: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EdUFAL, 2007.

BITENCOURT, D. P. et al. The climatology of cold and heat waves in Brazil from 1961 to 2016. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 4, p. 2464-2478, 2020.

BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E REUNIÃO LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBA, 1999.

CARDOSO, G.T.; VECCHIA, F. Influence of Global Solar Radiation on Indoor Environment: Experimental Study of Internal Temperature Distribution in Two Test Cells with Different Roof Systems. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 9, p. 28-37, 2015.

DINIZ, F. de A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. **Normais Climatológicas do Brasil, Período 1982-2010**. Brasília: INMET, 2014.

DOBESCH, H.; DUMOLARD, P.; DYRAS, I. (Ed.). **Spatial interpolation for climate data: the use of GIS in climatology and meteorology**. John Wiley & Sons, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Nota Técnica EPE 030/2018 - **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018.

EVANS, J. M. Evaluating comfort with varying temperatures: a graphic design tool. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 87–93, 2003.

FERNANDES, L. C. Diagramas de apoio ao projeto baseados na ideia do conforto térmico adaptativo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, n. 1, 2020.

FERNANDES, M.E.; MASIERO, E. Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

GOBO, J. P. A.; FARIA, M. R.; GALVANI, E.; AMORIM, M. C. D. C. T.; CELUPPI, M. C.; WOLLMANN, C. A. Empirical Model of Thermal Comfort for Medium-Sized Cities in Subtropical Climate. **Atmosphere**, v. 10, n. 10, p. 576, 2019.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

LANDAU, E. *et al*. Geoespacialização da amplitude térmica no Brasil. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 3, 2009, Canela. **Anais...** Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET), 2009a.

LANDAU, E. C. *et al*. Tendências de variação da amplitude térmica no brasil em função das mudanças climáticas. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 3, 2009, Canela. **Anais...** Canela: Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET), 2009b.

LARSON, R.; FABER, B. **Estatística aplicada**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

MENG, Q.; LIU, Z.; BORDERS, B. E. Assessment of regression kriging for spatial interpolation-comparisons of seven GIS interpolation methods. **Cartography and geographic information science**, v. 40, n. 1, p. 28-39, 2013.

PANDOLFO *et al*. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

PARKINSON, T. *et al*., Nudging the adaptive thermal comfort model. **Energy and Buildings**, v. 206, 109559, 2020.

ROSEGHINI, W. F. F.; TREVIZANI, G. R. Análise da temperatura interna de habitações em aglomerados subnormais durante o inverno em Curitiba - Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, p. 157–176, 2021.

RUPP, R. F.; VECCHI, R.; ASMUS, B. F.; CANDIDO, C.; GHISI, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 111-123, 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011.

SANTOS, T. L.; PORTO, F. H. F. S.; SILVA, A. S. Análise da correlação entre conforto e desempenho térmico em habitações de interesse social por simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 211-229, 2020.

SOUZA, D. M.; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia** (Londrina), v. 21, n. 2, p. 65-83, 2012.

SZOKOLAY, S. **Introduction to Architectura science: The Basis of Sustainable Design**. 2. ed. Oxford: Elsevier Ltd., 2008.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Tradução de Paulo Machado Mors. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

VERBEKE, S.; AUDENAERT, A. Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2018. v. 82, n. November 2016, p. 2300–2318.

ZHEN, M. et al. Urban outdoor thermal comfort in western China. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 20, n. 2, p. 222–236, 2021.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. Barbosa. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

WREGE, M. S. et al. **ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012.