



IMPACTO DO DESCONFORTO TÉRMICO NAS INTERNAÇÕES HOSPITALARES DE IDOSOS: EVIDÊNCIAS CLIMATOEPIDEMIOLÓGICAS NA CIDADE DE SÃO PAULO

Impact of thermal discomfort on hospitalizations of the elderly: climatoepidemiological evidence in the city of São Paulo

Impacto del malestar térmico en las internaciones hospitalarias de personas mayores: evidencia climatoepidemiológica en la ciudad de São Paulo

Thauã Pereira de Menezes  

Universidade Federal de Rondônia - UNIR / Universidade Estadual Paulista - UNESP
thaua.menezes@unesp.br

Marina Piacenti-Silva  

Instituição: Universidade Estadual Paulista - UNESP
marina.piacenti@unesp.br

João Paulo Assis Gobo  

Universidade Federal de Rondônia - UNIR
joao.gobo@unir.br

Resumo: O presente estudo objetiva analisar a correlação entre os índices de conforto térmico humano e o número de internações hospitalares por doenças cardiorrespiratórias e cardiovasculares, na cidade de São Paulo, no período compreendido entre os anos de 2008 e 2020. A pesquisa em questão emprega dados meteorológicos, tais como temperatura, umidade relativa, umidade absoluta e velocidade do vento, obtidos por intermédio da Estação do INMET – Mirante de Santana. A pesquisa utilizou sete índices biometeorológicos: Temperatura Efetiva (TE), Humidex (HD), Índice de Desconforto (ID), Índice de Desconforto Humano (IDH), Temperatura Efetiva em função do vento (TEv), Temperatura Equivalente Percebida (TEP) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). As internações foram obtidas pelo DATASUS, e estratificadas por faixa etária. Os resultados obtidos demonstram que indivíduos idosos e crianças apresentaram maior sensibilidade a extremos térmicos. O índice TEv demonstrou as melhores correlações para doenças cardiorrespiratórias, em múltiplas faixas etárias, enquanto o índice TE apresentou baixo desempenho. Os achados reforçam a importância do

monitoramento dos índices de desconforto térmico em políticas públicas de saúde urbana, especialmente no contexto das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Clima urbano. Variação térmica. Saúde ambiental.

Abstract: This study aims to analyze the correlation between human thermal comfort indices and the number of hospital admissions for cardiorespiratory and cardiovascular diseases in the city of São Paulo between 2008 and 2020. The research in question uses meteorological data, such as temperature, relative humidity, absolute humidity, and wind speed, obtained through the INMET Station – Mirante de Santana. The research used seven biometeorological indices: Effective Temperature (ET), Humidex (HD), Discomfort Index (DI), Human Discomfort Index (HDI), Wind-Cooled Temperature (WCT), Perceived Equivalent Temperature (PET), and Temperature and Humidity Index (THI). Hospital admissions were obtained from DATASUS and stratified by age group. The results show that elderly individuals and children were more sensitive to extreme temperatures. The TEv index showed the best correlations for cardiorespiratory diseases in multiple age groups, while the ET index performed poorly. The findings reinforce the importance of monitoring thermal discomfort indices in urban public health policies, especially in the context of climate change.

Keywords: Urban climate. Thermal variation. Environmental health.

Resumen: El presente estudio tiene como objetivo analizar la correlación entre los índices de confort térmico humano y el número de hospitalizaciones por enfermedades cardiorrespiratorias y cardiovasculares en la ciudad de São Paulo, en el período comprendido entre los años 2008 y 2020. La investigación en cuestión utiliza datos meteorológicos, tales como temperatura, humedad relativa, humedad absoluta y velocidad del viento, obtenidos a través de la Estación del INMET - Mirante de Santana. La investigación utilizó siete índices biometeorológicos: Temperatura efectiva (TE), Humidex (HD), Índice de incomodidad (ID), Índice de incomodidad humana (IDH), Temperatura efectiva en función del viento (TEv), Temperatura equivalente percibida (TEP) e Índice de temperatura y humedad (ITU). Las hospitalizaciones se obtuvieron a través del DATASUS y se estratificaron por grupos de edad. Los resultados obtenidos demuestran que las personas mayores y los niños mostraron una mayor sensibilidad a los extremos térmicos. El índice TEv mostró las mejores correlaciones para las enfermedades cardiorrespiratorias en múltiples grupos de edad, mientras que el índice TE presentó un bajo rendimiento. Los hallazgos refuerzan la importancia de monitorear los índices de malestar térmico en las políticas públicas de salud urbana, especialmente en el contexto del cambio climático.

Palabras clave: Clima urbano. Variación térmica. Salud ambiental.

Submetido em: 20/05/2025

Aceito para publicação em: 01/12/2025

Publicado em: 14/12/2025

1. INTRODUÇÃO

A correlação entre o clima e a saúde humana é um tema que tem sido debatido e investigado há décadas, sobretudo em centros urbanos com alta densidade populacional e crescente vulnerabilidade ambiental (Cheng et al., 2019; Peters; Schneider, 2021). Em São Paulo, capital do estado homônimo, alguns fenômenos climáticos, tais como ondas de calor, variações bruscas de temperatura e umidade, bem como alterações na circulação atmosférica, apresentam um impacto significativo no bem-estar da população, especialmente entre os grupos mais sensíveis, como idosos e crianças (Araujo et al., 2020).

O desconforto térmico é uma condição associada ao desequilíbrio entre a temperatura corporal e a do ambiente, resultando no agravamento de doenças cardiovasculares e respiratórias (Azevedo, 2010; Cheng et al., 2019). Nesse contexto, índices de conforto térmico (ICT) são amplamente utilizados para estimar a exposição humana ao estresse térmico e seus impactos na saúde, conforme evidenciado por diversos estudos biometeorológicos nacionais e internacionais (Khedari et al., 2000; Nedel et al., 2015; Fante et al., 2017). Tais índices, como a Temperatura Efetiva (TE), o Índice de Desconforto (ID) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), combinam variáveis como temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa e, em certos casos, a radiação solar, possibilitando estimar o nível de conforto ou de estresse térmico experimentado pela população.

Considerando os efeitos sinérgicos entre o desconforto térmico, as condições socioeconômicas, a poluição atmosférica e o envelhecimento populacional, a compreensão da relação entre o ambiente térmico e os indicadores de saúde torna-se essencial para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos climáticos na saúde urbana, principalmente entre as populações mais vulneráveis (Fante et al., 2017; Peters e Schneider, 2021).

Diante do contexto analisado, o presente estudo objetiva investigar a correlação entre três índices de conforto térmico humano e as taxas de internação hospitalar por doenças cardiovasculares e cardiorrespiratórias na cidade de São Paulo no período de 2008 a 2020. A delimitação do recorte geográfico é fundamentada na complexidade climática e urbana da capital paulista, evidenciada pela diversidade de microclimas, intensificação das ilhas de calor e expressiva concentração populacional (Alvares et al., 2013). O período de análise foi definido em função da disponibilidade e consistência das séries históricas de dados meteorológicos e

hospitalares, bem como pela ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, que caracterizam as últimas décadas na região.

O presente estudo também busca preencher lacunas na literatura brasileira sobre climatologia da saúde urbana, ao integrar índices térmicos e dados hospitalares em uma série temporal de longo prazo. Dessa forma, pretende-se contribuir com evidências científicas sobre os efeitos térmicos na saúde pública da cidade de São Paulo, fornecendo subsídios técnicos para futuros estudos longitudinais e estratégias de mitigação em saúde ambiental.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo e período de análise

O estudo foi conduzido com base em dados meteorológicos e hospitalares da cidade de São Paulo, abrangendo o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2020. A estação meteorológica utilizada foi a A701 - Mirante de Santana ($23^{\circ}29'S$, $46^{\circ}37'W$), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A escolha dessa estação deve-se à sua representatividade climática para a cidade de São Paulo, por estar localizada em área central e livre de barreiras orográficas, o que permite captar de forma consistente as variações atmosféricas predominantes. Apesar da heterogeneidade dos microclimas urbanos, o Mirante de Santana é amplamente utilizado em estudos climatológicos por representar adequadamente as condições médias do clima urbano paulistano.

2.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio da estação automática do INMET - Mirante de Santana (código A701). Foram utilizados dados diários, posteriormente agregados para médias mensais, a fim de compatibilizar com as séries de internações hospitalares.

Foram analisadas as seguintes variáveis:

- Temperatura média do ar ($^{\circ}C$);
- Umidade relativa do ar (%);
- Velocidade média do vento (m/s).

Os registros incompletos (com ausência de uma ou mais variáveis no mês) foram excluídos, correspondendo a menos de 2% do total da série, não comprometendo a representatividade temporal do conjunto.

2.3. Índices biometeorológicos utilizados

A fim de averiguar o desconforto térmico, empregaram-se três índices biometeorológicos, com dados disponíveis de forma contínua ao longo da série temporal.

- **Temperatura Efetiva (TE):** combina temperatura do ar e umidade relativa para estimar o desconforto térmico percebido;

$$TE = T - 0.4 (T - 10) (1 - UR/100) \quad (1)$$

- **Índice de Desconforto (ID):** integra temperatura e umidade relativa em uma fórmula empírica amplamente usada em estudos de conforto térmico;

$$ID = T - (0.55 - 0.0055 UR) (T - 14.5) \quad (2)$$

- **Índice de Temperatura e Umidade (ITU):** avalia o impacto combinado desses dois elementos climáticos sobre o corpo humano, sendo um dos indicadores mais aplicados em estudos tropicais.

$$ITU = T - 0.55 (1 - UR/100) (T - 14.5) \quad (3)$$

As equações em questão são frequentemente empregadas na literatura biometeorológica em virtude de sua simplicidade operacional e de sua capacidade de representar o desconforto térmico percebido pelo corpo humano. Isso ocorre porque tais equações integram, de forma combinada, as variáveis de temperatura do ar e umidade relativa.

A inclusão das fórmulas matemáticas visa assegurar a reprodutibilidade e a transparência dos resultados obtidos, possibilitando que outros estudos repliquem a metodologia empregada. A escolha desses índices fundamentou-se em sua sensibilidade às variações climáticas características da cidade de São Paulo e em sua ampla aplicação em

pesquisas nacionais e internacionais (Fante et al., 2017; Nedel et al., 2015; Khedari et al., 2000).

2.4. Dados Hospitalares

A coleta de dados das internações hospitalares foi realizada por meio do DATASUS (Tabnet API). Foram consideradas as internações mensais referentes às seguintes categorias da Classificação Internacional de Doenças (CID-10):

- Doenças cardiovasculares: (I00-I99)
- Doenças respiratórias: (J00-J99)

Os dados foram estratificados por faixa etária, com foco na população idosa (≥ 60 anos). O ajuste foi feito com base no total da população idosa estimada pelo IBGE para cada ano, garantindo a padronização das taxas de internação por 100 mil habitantes.

2.5. Análise estatística

- A análise estatística foi estruturada em diferentes etapas para aprimoramento da metodologia empregada na análise dos dados.
- Construção de séries temporais comparativas entre os índices térmicos e o número de internações;
- Elaboração de gráficos de dispersão com regressão linear simples para avaliação do sentido e da força das relações;
- Cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r), com nível de significância de $p < 0,05$.

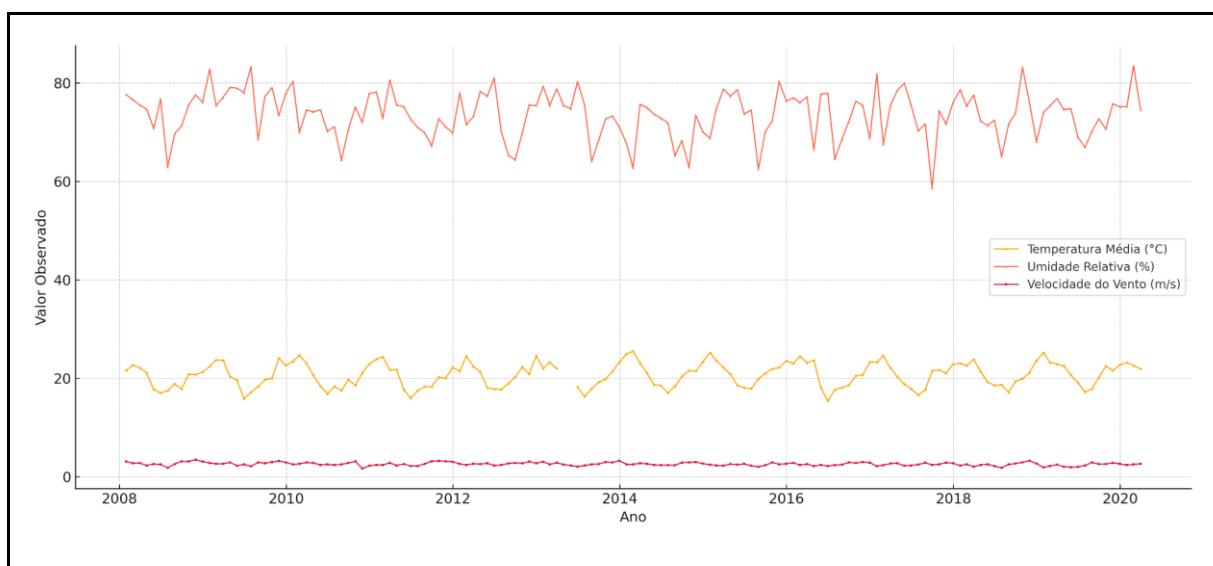
A escolha da regressão linear simples deve-se à natureza exploratória do estudo, cujo objetivo é identificar tendências e direções de associação entre as variáveis, sem controle de múltiplos fatores. Embora essa abordagem seja suficiente para um diagnóstico inicial, reconhece-se como limitação a ausência de um modelo multivariado. Essa ampliação é sugerida como extensão futura, visando incorporar variáveis ambientais adicionais, como poluição atmosférica, radiação solar e índice de calor urbano.

3. DESENVOLVIMENTO

A Figura 1 apresenta a série temporal das variáveis mensais de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, possibilitando a observação dos padrões sazonais e interanuais ao longo dos treze anos analisados. De acordo com Alvares et al. (2013), os dados demonstram um ciclo climático bem definido, característico do clima tropical de altitude predominante na região, com verões quentes e úmidos (de dezembro a março) e invernos mais frios e secos (de junho a agosto).

Observa-se, por exemplo, que o verão de 2014 registrou temperatura média mensal máxima próxima de 34°C, configurando um episódio de forte desconforto térmico, enquanto os invernos de 2016 e 2020 apresentaram médias inferiores a 18°C e umidade relativa abaixo de 60%, condições que favorecem o agravamento de doenças sensíveis ao clima. A análise da série temporal permite identificar que os anos com maiores amplitudes térmicas coincidem com flutuações expressivas nas internações hospitalares nos meses subsequentes, evidenciando a importância de se considerar a instabilidade climática e seus reflexos sobre a saúde pública.

Figura 1 - Série temporal mensal das variáveis meteorológicas em São Paulo

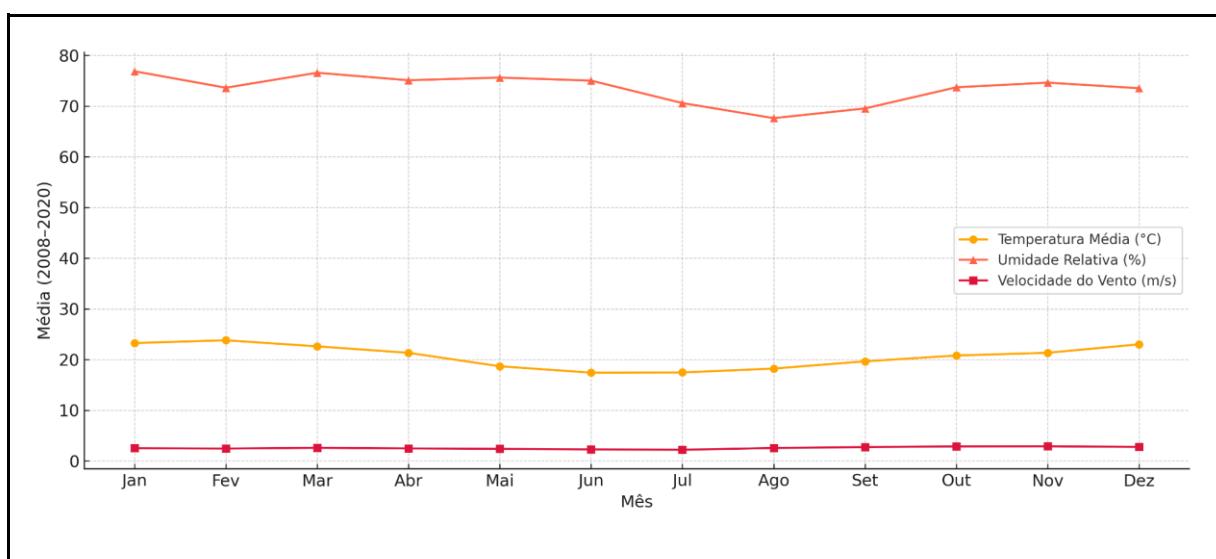


A Figura 2 apresenta a média climatológica mensal das variáveis analisadas, evidenciando o comportamento típico ao longo do ano da série em questão. O gráfico demonstra que as maiores temperaturas médias mensais, próximas de 26°C, e os maiores

valores de umidade relativa, acima de 75%, ocorrem nos meses de verão (janeiro a março), enquanto as menores temperaturas, em torno de 17°C, e os menores índices de umidade (entre 55% e 60%) são observados no inverno, especialmente em julho e agosto. A velocidade média do vento mantém-se relativamente constante ao longo do ano, com ligeiro aumento entre agosto e outubro, variando entre 1,5 m/s e 2,0 m/s, o que indica baixa influência sazonal desse parâmetro. Os resultados obtidos reforçam o padrão climático sazonal de desconforto térmico na cidade de São Paulo e contribuem para estabelecer um parâmetro de referência na interpretação dos índices biometeorológicos aplicados nas etapas subsequentes do estudo.

A análise integrada das Figuras 1 e 2 é fundamental: enquanto a série temporal (Figura 1) permite identificar episódios extremos e flutuações específicas em determinados anos, a média climatológica mensal (Figura 2) fornece uma base sólida para a comparação de anomalias e para o planejamento de ações em saúde pública. A coerência entre esses padrões e a sazonalidade das internações hospitalares, evidenciada nas figuras seguintes, reforça o papel das variáveis climáticas como moduladores ambientais dos riscos epidemiológicos urbanos, sobretudo em populações vulneráveis, como a idosa.

Figura 2 - Média climatológica mensal das variáveis meteorológicas em São Paulo



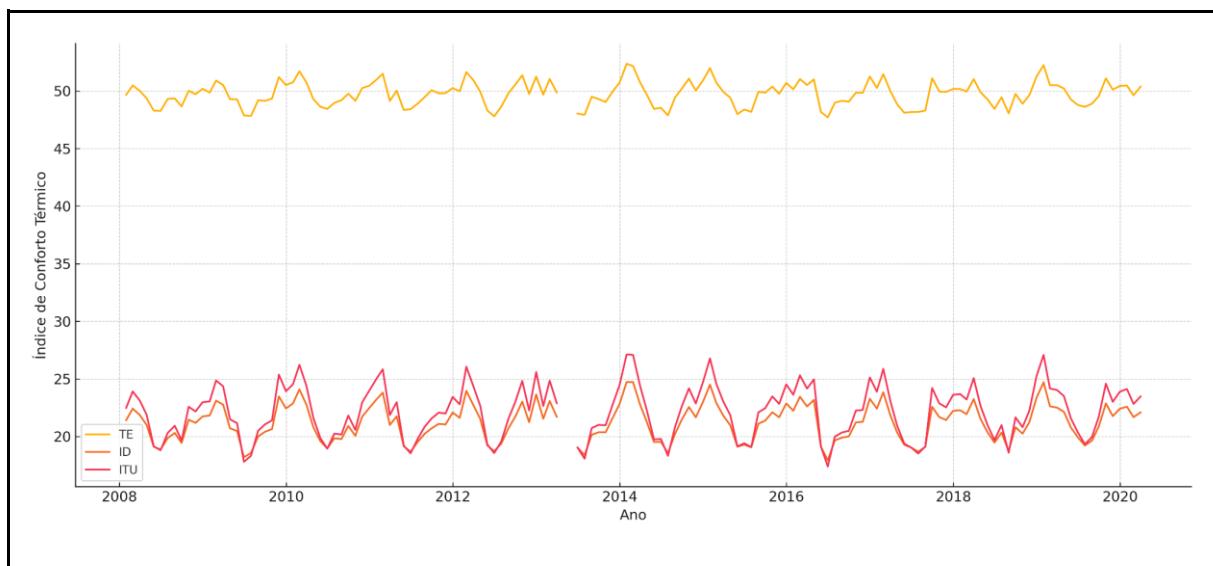
De acordo com a Figura 3, os índices - Temperatura Efetiva (TE), Índice de Desconforto (ID) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) - apresentam correlação significativa com os ciclos climáticos sazonais, refletindo padrões térmicos já observados nas variáveis meteorológicas. Conforme a classificação de Fante et al. (2017) e Nedel et al. (2015), valores

de ID acima de 27 e ITU superiores a 80 indicam condições de desconforto térmico severo, enquanto valores de TE entre 42 e 46 correspondem a desconforto moderado.

Na série analisada, os picos de ID próximos de 32 e de TE em torno de 50 foram registrados nos verões de 2014 e 2019, correspondendo aos períodos mais críticos de calor e maior risco potencial à saúde humana. Por outro lado, os invernos de 2011 e 2016 apresentaram valores mínimos de ID (≈ 22) e TE (≈ 40), indicando condições de conforto térmico mais elevadas e temperaturas amenas.

Essas oscilações reforçam a sensibilidade dos índices biometeorológicos para captar extremos climáticos, o que os torna ferramentas eficazes na avaliação do impacto térmico sobre a saúde humana. A integração das variáveis temperatura, umidade e vento na formulação dos índices proporciona uma representação mais fiel das condições experimentadas pelo corpo humano, sendo fundamentais para o planejamento urbano e a gestão de riscos climáticos em saúde pública.

Figura 3 - Índices de Conforto Térmico em São Paulo



A Figura 4 apresenta a evolução mensal das internações por doenças respiratórias em idosos (60+), sobreposta aos valores dos índices térmicos (TE, ID e ITU). Foi identificada uma inversão notável entre os máximos de internações e os picos dos índices térmicos, indicando que, quanto menor o conforto térmico, maior o número de hospitalizações por essas doenças. A tendência se acentuou nos meses de inverno, sobretudo nos anos de 2010, 2016 e 2020,

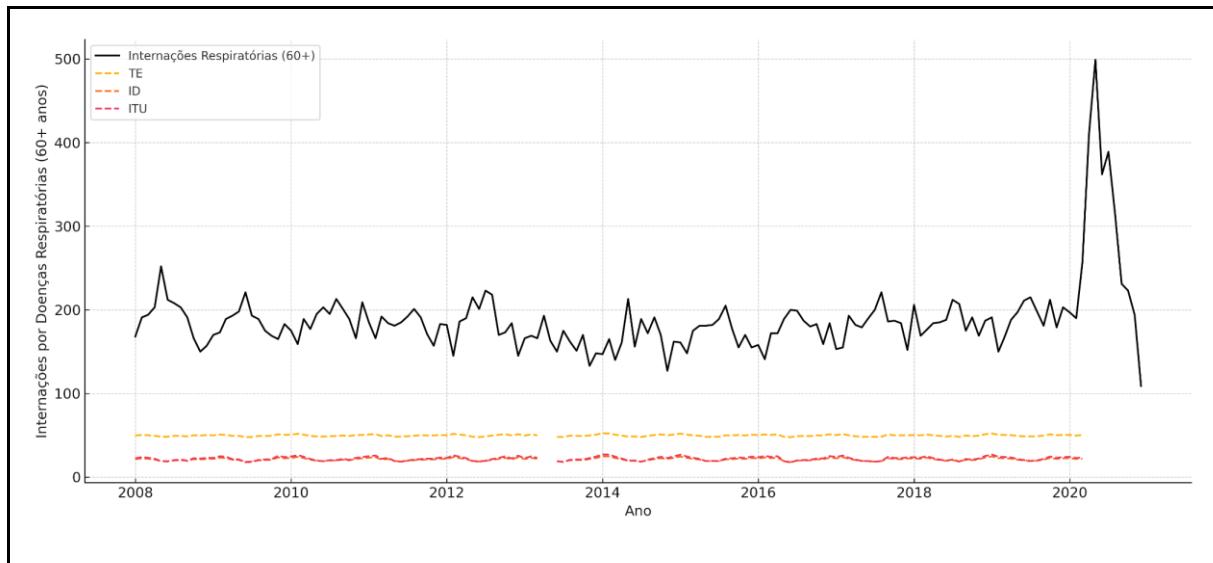
quando a associação de temperaturas baixas e umidade reduzida coincidiu com elevações expressivas nas internações hospitalares.

Observa-se, entretanto, que o pico registrado em 2020 pode estar parcialmente associado ao início da pandemia de COVID-19, que provocou um aumento abrupto nas internações respiratórias, potencialmente sobrepondo-se ao efeito climático esperado. Essa limitação deve ser considerada na interpretação dos resultados para esse período.

Esses indicadores corroboram a literatura biometeorológica, que aponta que o ar frio e seco pode desencadear crises respiratórias agudas, promover inflamação das vias aéreas e facilitar infecções virais e bacterianas (Azevedo, 2010; Cheng et al., 2019). Tal condição se manifesta de forma mais intensa e grave no grupo etário dos idosos, que frequentemente apresentam doenças respiratórias crônicas, tais como asma, bronquite crônica e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Nessas patologias, a função pulmonar já se encontra comprometida, e a exposição a condições térmicas desfavoráveis pode resultar em descompensação clínica, com consequente necessidade de internação hospitalar.

Ademais, nos períodos de baixas temperaturas, além do aumento dos materiais particulados suspensos na atmosfera, observa-se uma redução da ventilação natural nos ambientes residenciais, bem como um acréscimo na exposição a poluentes internos, tais como a fumaça de cozinha e os ácaros, o que contribui para o agravamento dos sintomas respiratórios (Araújo et al., 2020). A combinação desses fatores, associada ao enfraquecimento do sistema imunológico decorrente do envelhecimento, resulta em uma população idosa altamente vulnerável às variações térmicas intensas.

Figura 4 - Internações Respiratórias (60+) e Índices Térmicos

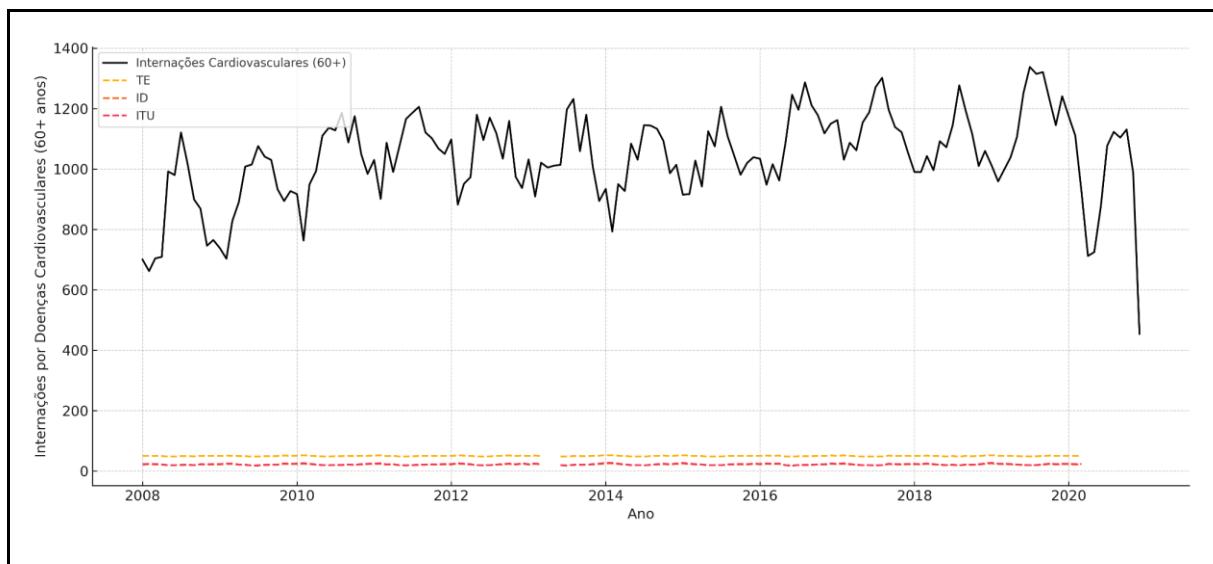


A Figura 5 exibe um padrão similar ao observado na Figura 4, porém referente a internações por doenças cardiovasculares. Além disso, identificou-se uma correlação negativa entre os índices de conforto térmico e a taxa de internações, com elevações consistentes nos meses frios. Conforme observado no estudo, os anos de (2011, 2016 e 2020), demonstraram os maiores volumes de hospitalizações cardiovasculares em idosos, coincidindo com os menores valores de (TE, ID e ITU).

No caso de 2020, parte desse aumento pode refletir efeitos indiretos da pandemia sobre a saúde cardiovascular da população idosa, sem que se descarte a contribuição dos fatores térmicos identificados.

A consequência do frio sobre o sistema cardiovascular é um tema amplamente debatido e documentado. Em baixas temperaturas, o corpo responde com vasoconstrição periférica para preservar o calor interno, o que resulta em aumento da pressão arterial, sobrecarga cardíaca e maior risco de eventos agudos, como infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral (AVC) e arritmias. Essas respostas são particularmente críticas em idosos com cardiopatias pré-existentes ou mobilidade reduzida (Peters; Schneider, 2021; Rique et al., 2002). Da mesma forma, o frio pode ocasionar em redução da prática de atividades físicas e aumento do isolamento social, ambos fatores que favorecem para o agravamento da saúde cardiovascular.

Figura 5 - Internações Cardiovasculares (60+) e Índices Térmicos



A figura 6 apresenta a correlação entre os índices térmicos (TE, ID e ITU) e a taxa de internações mensais por doenças respiratórias em idosos, aplicando gráficos de dispersão com regressão linear. A análise dos dados revela uma correlação negativa e consistente entre os valores dos índices de conforto térmico e o crescimento no número de internações hospitalares.

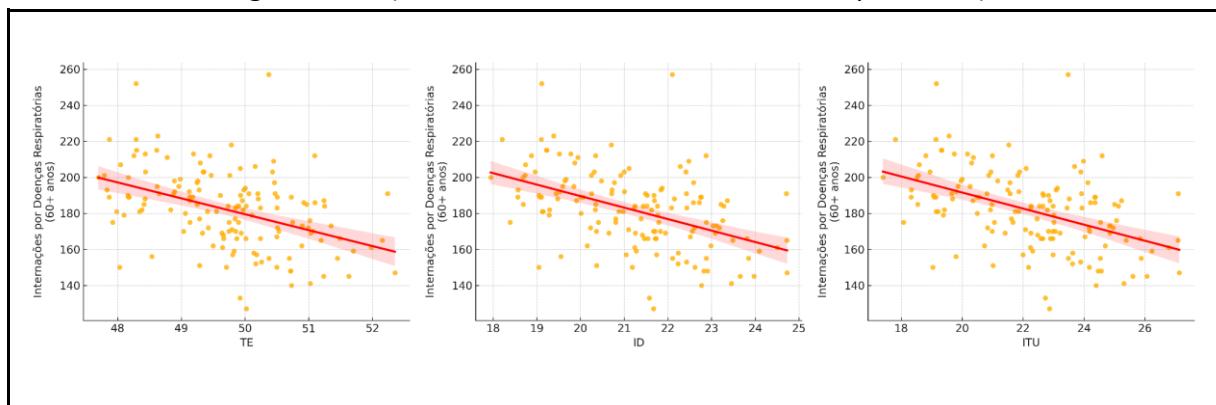
A análise estatística demonstra que o Índice de Desconforto (ID) apresenta a maior correlação negativa ($r = -0,47$) entre os três, indicando sensibilidade superior à variação de temperatura e umidade parâmetros críticos para o sistema respiratório. Além disso, o (ITU) também demonstrou associação significativa ($r = -0,46$), sugerindo que mesmo pequenas oscilações nos níveis médios de temperatura e umidade relativa podem representar riscos clínicos relevantes a essa população vulnerável.

Esse padrão estatístico mostra um mecanismo bem evidenciado: condições de frio e baixa umidade favorecem inflamação das vias aéreas, aumentam a viscosidade do muco respiratório, facilitam infecções virais e bacterianas e comprometem a capacidade de defesa ciliar, especialmente em idosos e pacientes com comorbidades. Ademais, tais condições também agravam quadros crônicos de asma, bronquite e DPOC, muitas vezes resultando em internação (Azevedo, 2010; Cheng et al., 2019).

A análise dos dados apresenta que, mesmo na ausência de um modelo multivariado, os índices biometeorológicos simples apresentam-se como bons preditores univariados de risco respiratório, validando, portanto, sua aplicação em políticas públicas. A linearidade das

regressões e o agrupamento denso de dados reforçam a robustez dos resultados, com p -valores altamente significativos ($< 0,001$).

Figura 6 – Dispersão entre os índices térmicos (TE, ID e ITU) e as internações respiratórias em idosos (60+) na cidade de São Paulo (2008-2020), apresentando correlação negativa significativa ($TE = -0,45$; $ID = -0,47$; $ITU = -0,46$; $p < 0,001$).



A Figura 7, que apresenta uma estrutura similar, demonstra a dispersão entre os mesmos índices térmicos e as internações por doenças cardiovasculares. De acordo com os resultados alcançados, foi identificada uma correlação negativa significativa, com os índices (ID) e (ITU) apresentando coeficientes de correlação de ($r = -0,50$), indicando alta significância estatística ($p < 0,001$).

Esse resultado mostra que o desconforto térmico, principalmente em ambientes frios e secos, também exerce influência importante sobre o sistema cardiovascular. A vasoconstrição induzida pelo frio aumenta a resistência vascular periférica, eleva a pressão arterial e exige maior esforço do miocárdio, podendo precipitar infartos agudos do miocárdio, acidentes vasculares cerebrais e descompensações em quadros de insuficiência cardíaca (Peters e Schneider, 2021).

A sensibilidade do (ITU) nesse contexto pode estar associada ao fato de que esse índice pondera temperatura e umidade relativa, captando o impacto combinado sobre a regulação térmica do corpo e sobre a resposta autonômica cardiovascular. Isso reforça a necessidade de se incluir tais índices em sistemas de vigilância em saúde urbana, particularmente durante os meses frios.

A forma dos gráficos de dispersão também aponta para boas associações lineares, com boa distribuição dos dados ao longo da reta de tendência, o que contribui para a confiança preditiva dos modelos simples baseados em índices térmicos.

Figura 7 - Dispersão entre os índices térmicos (TE, ID e ITU) e as internações cardiovasculares em idosos (60+) na cidade de São Paulo (2008-2020), apresentando correlação negativa significativa ($ID = -0,50$; $ITU = -0,50$; $p < 0,001$).

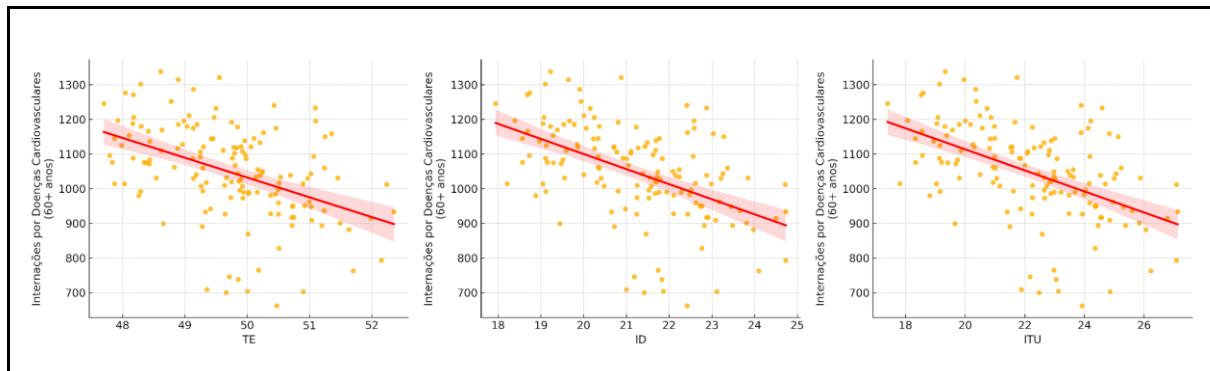


Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os índices térmicos (TE, ID e ITU) e as internações hospitalares mensais por doenças respiratórias e cardiovasculares em idosos (60+), na cidade de São Paulo, entre 2008 e 2020.

Cid (Doença)	Índice	Coeficiente r	p-valor
Respiratória	TE	-0.45	< 0.001
Respiratória	ID	-0.47	< 0.001
Respiratória	ITU	-0.46	< 0.001
Cardiovascular	TE	-0.44	< 0.001
Cardiovascular	ID	-0.50	< 0.001
Cardiovascular	ITU	-0.50	<u>< 0.001</u>

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os principais índices, sendo Temperatura Efetiva (TE), Índice de Desconforto (ID) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e as internações mensais por doenças cardiovasculares e respiratórias em idosos (60+), entre os anos de 2008 e 2020, na cidade de São Paulo. Em sua totalidade, os coeficientes demonstraram valor negativo e foram estatisticamente significativos ($p < 0,001$) apresentando uma relação inversa entre o conforto térmico e número de internações

hospitalares. O ID apresentou a maior quantidade de internações. Se tratando das doenças respiratórias, o Índice de Desconforto (ID) demonstrou a maior correlação negativa ($r = -0,47$), seguido pelo Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ($r = -0,46$) e subsequente pela Temperatura Efetiva (TE) ($r = -0,45$). Isso sugere que esses índices são capazes de captar a influência das condições atmosféricas na incidência de agravos respiratórios. Essa hipótese está alinhada a estudos que demonstram como o ar frio e seco pode desencadear crises respiratórias, agravar doenças crônicas, como asma, bronquite crônica e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e favorecer a propagação de infecções virais e bacterianas em populações vulneráveis (Azevedo, 2010; Cheng et al., 2019; Araujo et al., 2020).

Se tratando das doenças cardiovasculares, o parâmetro observado foi similar, com destaque para os índices (ID) e (ITU), que apresentaram coeficientes de (-0,50). Esse achado reforça que o desconforto térmico, especialmente o frio intenso e a baixa umidade relativa, afeta de forma negativa a saúde cardiovascular dos idosos em especial. Esse efeitos podem ser explicados por mecanismos fisiológicos e bem conhecidos: a exposição ao frio provoca vasoconstrição periférica, aumento da pressão arterial e maior sobrecarga cardíaca, favorecendo o desencadeamento de infartos, arritmias e acidentes vasculares cerebrais (Peters e Schneider, 2021; Rique et al., 2002). A consistência das correlações observadas sugere que os índices (ID) e (ITU) são eficazes para prever riscos à saúde, e portanto adequados como instrumentos de monitoramento em saúde urbana.

Apesar de os coeficientes não alcançarem valores considerados expressivos em termos absolutos (acima de $\pm 0,7$), suas grandezas são epidemiologicamente relevantes, dado que envolvem séries mensais agregadas ao longo de 13 anos de estudo. O fato de os resultados apresentaram alta significância estatística ($p < 0,001$) reforça sua robustez e confiabilidade. Em síntese, a (Tabela 1) válida a hipótese central do estudo: o desconforto térmico atua como fator agravante das condições respiratórias e cardiovasculares entre idosos, e seus efeitos podem ser monitorados com precisão por meio de índices biometeorológicos simples, de fácil implementação. Essa observação traz implicações importantes para o planejamento urbano e para políticas públicas em saúde, especialmente em um cenário de envelhecimento populacional e crescente variabilidade climática em grandes centros urbanos.

Embora os resultados apresentem consistência estatística e relevância epidemiológica, o estudo em questão possui limitações metodológicas que devem ser consideradas. O

emprego de médias mensais pode atenuar flutuações de curta duração, tais como eventos extremos de temperatura ou umidade, que exercem impacto imediato sobre a saúde da população idosa. Ademais, a análise univariada restringe a interpretação causal, uma vez que não contempla possíveis interações entre variáveis ambientais, socioeconômicas e demográficas. A ausência de uma abordagem multivariada ou de técnicas de análise geoespacial também limita a identificação de padrões espaciais e a compreensão mais abrangente da influência do ambiente urbano sobre os indicadores de saúde. Dentre os aspectos mencionados, é possível identificar oportunidades para o aprimoramento metodológico em pesquisas futuras, especialmente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados neste estudo confirmam a importância e necessidade da climatologia aplicada à saúde pública, especialmente em um cenário de envelhecimento populacional e aumento da variabilidade climática em ambientes urbanos. A análise dos índices de conforto térmico na cidade de São Paulo entre 2008 e 2020 mostrou indicam possível relação estatisticamente significativa entre condições de desconforto térmico, em especial as associadas ao frio e à baixa umidade relativa, e o aumento da taxa de internações por doenças cardiovasculares e respiratórias na população idosa.

A coerência das correlações observadas, em particular com os índices (ID) e (ITU), evidencia o potencial de utilização dessas variáveis como ferramentas de monitoramento e previsão de riscos à saúde em grandes cidades. A inserção desses índices em sistemas de controle epidemiológico e em plataformas de alerta climático pode contribuir para a prevenção de agravos à saúde em populações vulneráveis, além de respaldar ações de gestão integradas entre setores da saúde, assistência social e planejamento urbano.

O presente estudo também abre caminho para pesquisas futuras que incluem modelos multivariados e a incorporação de outras variáveis ambientais, como qualidade do ar, poluição e ilhas de calor urbano, ampliando a abrangência geográfica para diferentes regiões brasileiras. A integração entre dados meteorológicos, indicadores de saúde e variáveis socioespaciais é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à adaptação climática e à proteção da população idosa frente às mudanças ambientais em curso.

Sob uma perspectiva teórica e metodológica, o estudo destaca a importância da climatologia da saúde como um campo estratégico para a prevenção de riscos e a promoção de resiliência socioambiental em contextos urbanos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARAUJO, Hélio Mário de; CONCEIÇÃO, Márcio Jardel; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. Efeitos das variações climáticas nas doenças cardiorrespiratórias em Aracaju - SE - Brasil. **Revista GeoNordeste**, n. 1, p. 229-250, jun. 2020. <https://doi.org/10.33360/RGN.2318-2695.2020.i1.p.229-250>.

AZEVEDO, Jezabel Miriam Fernandes. **A influência das variáveis ambientais (meteorológicas e de qualidade do ar) na morbidade respiratória e cardiovascular na área metropolitana do Porto. 2010.** Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. <https://doi.org/10.11606/T.14.2010.tde-24062010-120704>.

BRITTO, Dalton Figueiredo et al. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, jan. 2009. <https://doi.org/10.11606/issn.2237-4485.lev.2014.132346>.

CHENG, Jian et al. Cardiorespiratory effects of heatwaves: A systematic review and meta-analysis of global epidemiological evidence. **Environmental Research**, v. 177, p. 108610, out. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108610>.

DINIZ, Fernanda Rodrigues; GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira; SHERIDAN, Scott. Heat Wave and Elderly Mortality: Historical Analysis and Future Projection for Metropolitan Region of São Paulo, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, n. 9, art. 933, p. 1-13, 2020. DOI: 10.3390/atmos11090933.

Repositório da Produção USP

DINIZ, Fernanda Rodrigues; GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira. **Ondas de calor e a mortalidade de idosos por doenças respiratórias e cardiovasculares: análise histórica e projeção futura para a Região Metropolitana de São Paulo** (Tese de doutorado, USP, 2022). USP Repositório.

Repositório da Produção USP

FANTE, Karime; DUBREUIL, Vincent; SANTA'ANNA NETO, João. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto tropical, Presidente Prudente/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 588-604, dez. 2017. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.53839>.

GILES, Brian D.; BALAFOUTIS, Christos; MAHERAS, Panyotis. Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, v. 34, n. 2, p. 98-104, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF01093455>.

KHEDARI, Joseph et al. Thailand ventilation comfort chart. **Energy and Buildings**, v. 32, n. 3, p. 245-249, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00050-5).

NEDEL, Anderson Spohr et al. Climatology of the human thermal comfort on São Paulo Metropolitan Area, Brazil: indoors and outdoors. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 33, n. 2, p. 185-204, 2015. <https://doi.org/10.22564/rbgf.v33i2.713>.

PETERS, Annette; SCHNEIDER, Alexandra. Cardiovascular risks of climate change. **Nature Reviews Cardiology**, v. 18, n. 1, p. 1-2, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41569-020-00473-5>.

RIQUE, Ana Beatriz Ribeiro; SOARES, Eliane de Abreu; MEIRELLES, Claudia de Mello. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 6, p. 244-254, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922002000600006>.

SANTEE, W. R.; WALLACE, R. F. Use of Humidex to set thermal work limits for emergency workers in protective clothing. Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA: **Biophysics and Biomedical Modeling Div.**, 2005. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA474458>.