



# O CLIMA URBANO DE ITAJUBÁ/MG: ESTUDO DO CAMPO TÉRMICO EM UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE

**Palavras-Chave:** ILHAS DE CALOR, TEMPERATURA DO AR, TRANSECTOS MÓVEIS

**Autores:**

**Rafael Rodrigues Ferreira, IG, UNICAMP**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aline Pascoalino, IG, UNICAMP**

## INTRODUÇÃO:

A urbanização tem assumido um ritmo cada vez mais intenso e acelerado nas últimas décadas. Entre 1950 e 2020, a população urbana mundial saltou de 751 milhões para 4,38 bilhões de pessoas, compreendendo cerca de 56% do total global (ONU, 2022). Sobretudo onde a urbanização não veio acompanhada de um planejamento adequado, as cidades vêm implicando transformações ambientais e conformando novas dinâmicas geossistêmicas que deflagram o descompasso entre o social e o natural (PASCOALINO; MARANDOLA JR., 2021).

Não se restringindo somente a modificações na morfologia da superfície terrestre, as cidades são capazes de alterar suas condições ambientais e, dentre elas, seus parâmetros climáticos em micro e meso escala (SANT'ANNA NETO, 2013). Ao modificar os controles e atributos do clima na baixa troposfera (camada limite) sobrejacente ao ambiente urbano, confere-se uma dinâmica própria ao clima na cidade, que o individualiza e diferencia do entorno próximo, configurando-se, assim, um "clima urbano" (MONTEIRO, 1976; 2003; LOMBARDO, 1985; AMORIM, 2013).

Em função da condição de tropicalidade da maioria das cidades brasileiras, o aumento da temperatura do ar se mostra como um dos efeitos inerentes ao clima urbano que mais integram o

cotidiano dos cidadãos, levando, muitas vezes, a situações de desconforto térmico. Produção de calor antropogênico, inércia térmica e alterações no ritmo de ganho e perda de calor promovem maior aquecimento na cidade e, por conseguinte, a formação de um campo térmico sobre o espaço urbano. Ao mesmo tempo, na escala intraurbana, a temperatura do ar varia têmporo-espacialmente conforme os diferentes tipos de uso e ocupação da terra que compõem a cidade, relacionando-se à formação de ilhas de calor (ICs) e ilhas de frescor (IFs) (GARTLAND, 2010; AMORIM, 2020).

Nesse sentido, o presente trabalho procurou investigar a configuração espacial do campo térmico na cidade de Itajubá/MG, com o intuito de avaliar a influência dos atributos geocológicos e geourbanos locais na variação térmica do ar ao longo da área urbana e do entorno rural próximo da cidade. Desde a segunda metade do século XX, têm-se registrado transformações importantes no quadro natural itajubense (PAES; RIBEIRO; OLIVEIRA, 2009). Existem evidências de alterações nos parâmetros climáticos da cidade, como intensificação de enchentes e inundações (BARBOSA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2015) e mudanças na dinâmica de circulação de brisa vale-montanha (REBOITA *et al.*, 2014). Desse modo, há probabilidade de que a temperatura do ar também seja alvo de alterações em seu padrão de intensidade e distribuição ao

longo da cidade, o que pode incorrer na degradação da qualidade de vida da população itajubense.

## ÁREA DE ESTUDO:

A cidade de Itajubá está localizada no sul do estado de Minas Gerais, com sede situada nas coordenadas geográficas 22°30'30" S e 45°27'20" O. Ocupa uma área de 290,45 km<sup>2</sup> de extensão, da qual 219,75 km<sup>2</sup> é classificada como área rural e 70,70 km<sup>2</sup>, urbana (Figura 1).

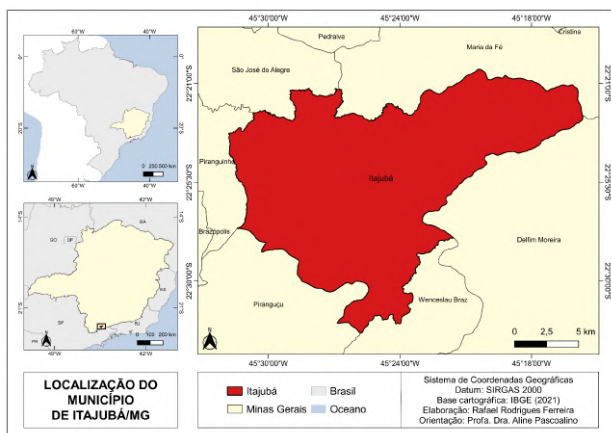


Figura 1 - Localização do município de Itajubá/MG

Apresenta topografia ondulada-montanhosa, com 10% do relevo plano, 12% ondulado e 78% montanhoso (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBÁ, 2018). Possui clima do tipo Cwa (clima temperado úmido) (REBOITA *et al.*, 2016). Exerce influência regional no sul de Minas, concentrando uma população de 90658 habitantes (IBGE, 2010).

## METODOLOGIA:

O delineamento metodológico do trabalho foi organizado em quatro etapas, conforme o seguinte prosseguimento: preparativos pré-trabalhos de campo; trabalhos de campo e coletas de dados; tratamento, processamento e espacialização dos dados e análise quali-quantitativa dos resultados.

Optou-se pelo emprego da técnica de transectos móveis para a realização das coletas de dados. Para tanto, com base em modelos de equipamentos de mensuração desenvolvidos por Fialho (2009) e Amorim (2020), foram utilizados três

termo-higrômetros digitais, da marca *Incoterm* e modelo 7666.02.0.00, instalados em suportes feitos a partir de conexões de PVC, os quais foram fixados em hastes de PVC com 1,5 metro de comprimento e, posteriormente, acoplados à lateral de veículos automotivos para coleta móvel de dados (Figura 2).



Figura 2 - Termo-higrômetro (a), suporte (b) e veículo equipado para coleta móvel de dados (c)

Com auxílio da ferramenta *Google Earth Pro*, foram traçados dois trajetos, cruzando a cidade em sentidos distintos, de modo a possibilitar a mensuração da temperatura do ar em diferentes porções da área urbana e do entorno rural próximo. Definiram-se os trajetos A (sentido sudeste-oeste) e B (sentido sudoeste-nordeste), nos quais foram demarcados 32 pontos de parada para coleta de dados (Figura 3). Priorizou-se, para a seleção dos pontos, a diversidade de paisagens e aspectos operacionais, os quais foram avaliados em atividade pré-campo nos dias 17 e 18 de junho de 2022.

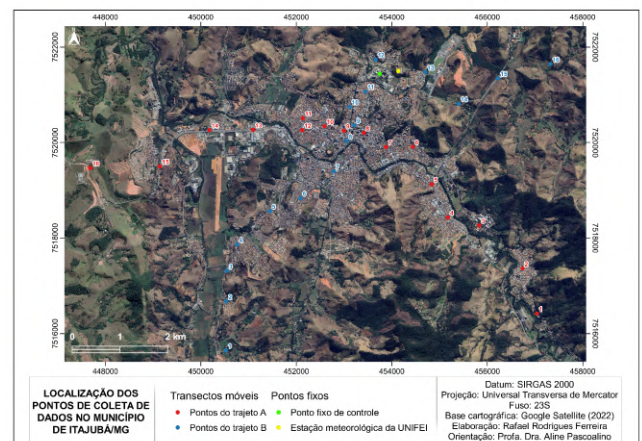


Figura 3 - Localização dos pontos de coleta móvel de dados em Itajubá/MG

As coletas de dados ocorreram entre os dias 23 e 26 de julho de 2022. Foram realizados dois transectos móveis diários, cruzando a cidade simultaneamente pelos trajetos pré-definidos, entre 21 e 22 horas. Para controle das coletas, como referência, posicionou-se um dos equipamentos de mensuração em um ponto fixo. Em seguida, com dados recolhidos pela Estação Meteorológica da Universidade Federal de Itajubá entre 15h30 e 16h30 do dia 21 de julho, foi verificada a calibragem dos equipamentos de mensuração. Através da correlação linear, chegaram-se aos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para os termo-higrômetros 1 ( $R^2=0,59$ ), 2 ( $R^2=0,60$ ) e 3 ( $R^2=0,86$ ), considerados confiáveis em uma escala de 0 a 1 (FIALHO, 2009).

O banco de dados obtido com as coletas foi organizado em planilhas e adequado com o uso da técnica de “correção de simultaneidade”, a fim de minimizar o efeito da variação natural da temperatura durante o tempo de coleta (FIALHO, 2009). Com os dados corrigidos, confeccionaram-se cartas de isotermas, utilizando-se o método da *krigagem* no programa *Surfer 24.3.218*, e perfis longitudinais de temperatura, a partir do programa *LibreOffice Calc 6.14*, para cada dia de coleta de dados (PORANGABA; TEIXEIRA; AMORIM, 2017).

A análise dos resultados, por fim, voltou-se inicialmente a aspectos quantitativos tendo como base a metodologia de García (1996). Calculou-se a variação do campo térmico ( $\Delta T$ ) na cidade, em cada dia, por meio da diferença entre a temperatura registrada nos pontos e a menor dentre elas, permitindo a classificação dos bolsões de calor segundo suas diferentes magnitudes, sendo elas: fraca magnitude ( $0^\circ\text{C} < \Delta T < 2^\circ\text{C}$ ), média magnitude ( $2^\circ\text{C} < \Delta T < 4^\circ\text{C}$ ), forte magnitude ( $4^\circ\text{C} < \Delta T < 6^\circ\text{C}$ ) e muito forte magnitude ( $\Delta T > 6^\circ\text{C}$ ). Ao final, focou-se em uma análise qualitativa e, sobretudo, espacial, na qual se procurou relações entre a variação térmica do ar nos dias de coleta de dados e os elementos componentes da cidade de Itajubá (AMORIM, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O período de 23 a 26 de julho de 2022 apresentou condições atmosféricas favoráveis à formação de um campo térmico mais aquecido sobre o espaço urbano itajubense. Predominaram características de tempo estável, com temperatura média em torno de  $18,2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de 67% e velocidade do vento entre 2 a  $2,9\text{ m/s}$ , bem como ausência de nebulosidade e precipitação.

As maiores temperaturas do ar foram registradas nos pontos intermediários de ambos os trajetos, coincidindo espacialmente com a área central da cidade. Por sua vez, foram nos pontos iniciais e finais, localizados em zona rural, que se coletaram as menores temperaturas. A variação térmica ( $\Delta T$ ) entre as áreas urbana e rural assumiu, no período de coleta de dados, valores superiores a  $5,5^\circ\text{C}$ , com destaque ao valor máximo de  $7,5^\circ\text{C}$  registrado no dia 25 de julho (Tabela 1).

Temperatura	Dias de coleta de dados			
	23/07/22	24/07/22	25/07/22	26/07/22
Maior T ( $^\circ\text{C}$ )	18,8 $^\circ\text{C}$ (Ponto 12A)	20 $^\circ\text{C}$ (Pontos 8B e 10B)	18,9 $^\circ\text{C}$ (Ponto 8B)	21,3 $^\circ\text{C}$ (Pontos 8B e 10B)
Menor T ( $^\circ\text{C}$ )	11,9 $^\circ\text{C}$ (Ponto 1B)	14,1 $^\circ\text{C}$ (Ponto 1B)	11,4 $^\circ\text{C}$ (Ponto 16B)	14,5 $^\circ\text{C}$ (Ponto 1B)
$\Delta T_{u-r}$	6,9 $^\circ\text{C}$	5,9 $^\circ\text{C}$	7,5 $^\circ\text{C}$	6,8 $^\circ\text{C}$

Tabela 1 - Maiores e menores temperaturas do ar, com seus respectivos pontos, registradas nos dias de coleta de dados

Com exceção de 24 de julho, o  $\Delta T_{u-r}$  dos dias de coleta de dados indica a presença de um campo térmico de muito forte magnitude, isto é, com  $\Delta T$  superior a  $6^\circ\text{C}$ . Depreende-se, portanto, que Itajubá reúne condições capazes de individualizar e diferenciar o clima sobre a cidade, em comparação ao espaço rural adjacente, configurando um clima propriamente urbano.

Na escala do espaço intraurbano, dada à diversidade dos tipos de uso e ocupação da terra e à interação entre seus atributos geocológicos e geourbanos, a temperatura do ar distribuiu-se conforme um arranjo espacial desigual durante os dias em análise. Ao longo dos trajetos, verificou-se que a temperatura do ar é menor nas áreas mais afastadas do perímetro urbano, aumentando em direção aos bairros periurbanos e atingindo seu

maior registro na região central da cidade (Figuras 4 e 5).

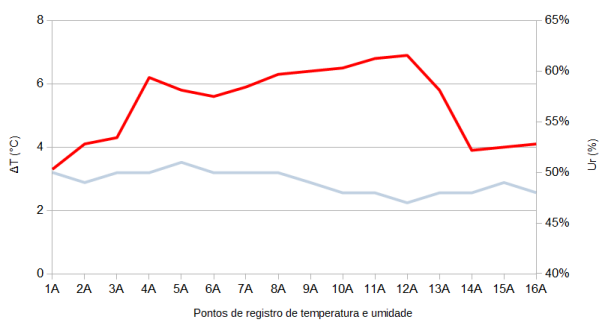


Figura 4 - Variação da temperatura do ar ao longo do trajeto A para o dia 23 de julho de 2022 em Itajubá/MG

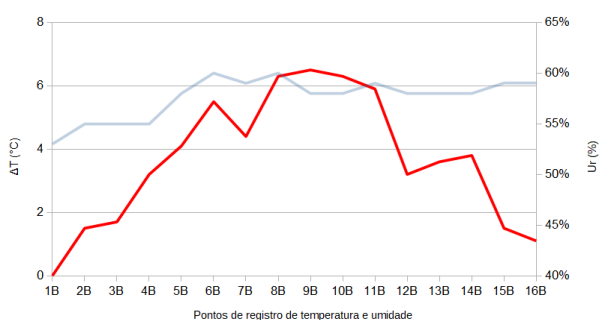


Figura 5 - Variação da temperatura do ar ao longo do trajeto B para o dia 23 de julho de 2022 em Itajubá/MG

Com pequenas variações diárias, no trajeto A, a temperatura do ar se elevou e constituiu um “platô” entre os pontos 4A e 12A. O trio de pontos 10A, 11A e 12A se sobressaiu nos dias 23, 24 e 26, registrando, para este último, 21,1°C, 21,1°C e 21,2°C. Para o dia 25, é o ponto 4A que se destaca, com ΔT de 6,9°C. No trajeto B, notou-se o padrão térmico tipicamente encontrado na literatura. Os pontos centrais, entre 8B e 10B, destacaram-se, ao passo que os pontos iniciais e finais assumiram as menores temperaturas, partindo, no ponto 1B, com ΔT de 0°C nos dias 23, 24 e 26. O ponto 8B registrou as maiores temperaturas de ambos os trajetos em dois dias: 20°C (24) e 18,9°C (25).

Espacializando os dados obtidos sobre a malha urbana itajubense, é possível inferir que a variação espacial da temperatura do ar esteve fortemente relacionada às características da superfície. Destacou-se a formação de um núcleo principal de aquecimento, onde se encontraram ilhas de calor de muito forte magnitude (Figura 6).

Especialmente variável, nos dias 23, 24 e 26, o núcleo se encontrou entre os bairros Centro, Boa Vista e Vila Rubens, enquanto que, no dia 25, entre os bairros Centro, Porto Velho e Avenida. Próximos entre si, configura-se a área central da cidade onde a intensa pavimentação, a ausência de vegetação e a alta densidade construtiva são traços marcantes, sobretudo no Centro onde o fluxo de pessoas e veículos é intenso (Figura 7a).

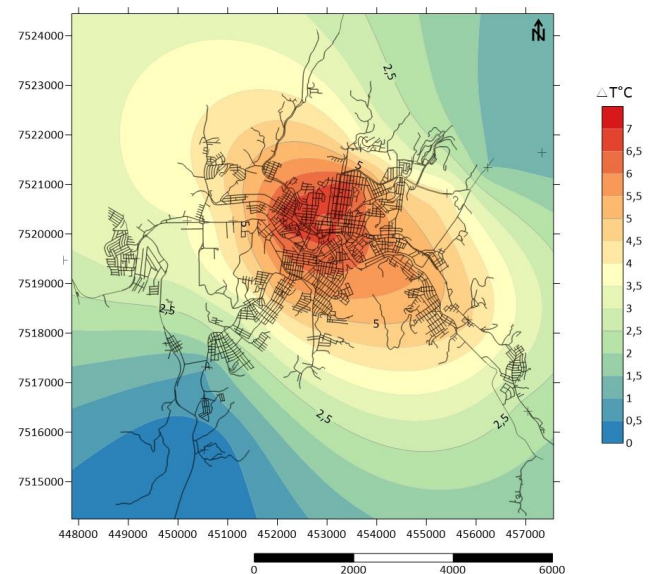


Figura 6 - Carta de isotermas para o dia 26 de julho de 2022 em Itajubá/MG.

Uma faixa com ΔT entre 4 e 6°C englobou os bairros adjacentes ao centro, especialmente os percorridos pelo trajeto A. Boa Vista conta com uma ocupação residencial densa e antiga, bem como o bairro BPS, porém de médio a alto padrão. Oriente e Porto Velho, por sua vez, vêm assumindo funções comerciais e de serviços, preservando a alta densidade construtiva. Avenida, São Vicente, Medicina e Varginha, com ocupação mais recente, reproduzem condições de ausência de vegetação e intensa pavimentação (Figura 7b).

Os bairros periurbanos Jardim das Colinas, Rebourgeon, Santa Rosa e Pinheirinho registraram bolsões de calor de média e fraca magnitude. Os três primeiros apresentam baixo padrão construtivo, ao passo que o último tem se expandido com loteamentos de médio a alto padrão (Figura 7c). Foi nos extremos rurais do trajeto B que se

apresentaram as menores temperaturas: nos bairros Ilhéus, com pouca ocupação, e Retiro, com pequenas propriedades rurais (Figura 7d).



Figura 7 - Entorno dos pontos 8B, no bairro Centro (a); 7B, no bairro Avenida (b); 2A, no bairro Santa Rosa (c); 16B, no bairro Retiro (d)

## CONCLUSÕES

Diante do contexto global das mudanças climáticas, em que as cidades se apresentam como sistemas de vulnerabilidade, os estudos dedicados ao clima urbano assumem relevância. Compreender como as dinâmicas climáticas se processam na escala intraurbana é o ponto de partida para a mitigação de riscos e o aumento da resiliência das cidades. Tratam-se de importantes subsídios para políticas públicas de planejamento que visem minimizar os efeitos nocivos e desfavoráveis do clima urbano e aproveitar suas potencialidades (PASCOALINO; MARANDOLA JR., 2021).

Na esteira de estudos recentes realizados em cidades de médio e pequeno porte (AMORIM, 2020), o presente trabalho representa um primeiro esforço de investigação acerca do clima urbano itajubense. A cidade de Itajubá mostrou reunir características que, na interação entre o natural e o antrópico, são capazes de alterar o clima local e gerar um clima urbano. A temperatura do ar distribuiu-se de forma heterogênea pelo interior da cidade, variando de acordo com seus atributos geoecológicos e geourbanos e condicionando o (des)conforto térmico dos cidadãos.

## BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, M. C. C. T. Ritmo climático e planejamento urbano. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 173-190.
- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. Curitiba: Appris, 2020.
- BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, G. M.; OLIVEIRA, T. J. Histórico de enchentes em Itajubá/MG. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 125-140, jul./dez. 2015.
- FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial Síntesis S. A., 1996.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, n. 25).
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Cities Report 2022: envisaging the future of cities**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2022.
- PAES, F. S.; RIBEIRO, L. F.; OLIVEIRA, T. A. Análise do processo de expansão urbana no município de Itajubá-MG, no período de 1971 a 2006. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009, p. 1-16.
- PASCOALINO, A.; MARANDOLA JR., E. A vulnerabilidade na cidade e as escalas do clima urbano: o potencial das unidades climáticas para o planejamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 5, p. 2711-2726, 2021.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBÁ. **Localização**, 2018. Disponível em: <[Localização - Prefeitura Municipal de Itajubá](#)>. Acesso em: 18 out. 2022.
- PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 21, jul./dez. 2017.
- REBOITA, M. S. *et al.* Evidências de circulação de brisa vale-montanha na Serra da Mantiqueira: cidade de Itajubá-MG. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 61-71, jan./abr. 2014.
- REBOITA, M. S. *et al.* Um balanço do curso de ciências atmosféricas no sul de Minas Gerais: ensino, pesquisa, extensão e benefícios à sociedade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 2312-2324, 2016.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 75-91.