

# MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO DE UM FRAGMENTO FLORESTAL NA CIDADE DE CURITIBA-PR, BRASIL

ANGELINE MARTINI<sup>1</sup>, DANIELA BIONDI, ANTONIO CARLOS BATISTA,  
EVERALDO MARQUES DE LIMA NETO

<sup>1</sup> Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais - Campus III - Rua Lothário Meissner, 900, CEP: 80210-170, Curitiba – PR, Brasil.  
martini.angeline@gmail.com

Resumo: A vegetação urbana desempenha um importante papel na regulação e melhoria do clima urbano, o que contribui para o bem estar térmico da população. Entende-se como conforto térmico, o grau de satisfação térmica expresso pela mente humana em relação ao ambiente. Quantificar o impacto da vegetação no clima e conforto térmico humano é uma informação importante para o gerenciamento e aperfeiçoamento da arborização urbana. Este trabalho teve como objetivo analisar o microclima e conforto térmico proporcionado por um fragmento florestal urbano na cidade de Curitiba-PR, Brasil. A área de estudo é um remanescente de Floresta com Araucária, de 15 ha, localizada no Campus III da Universidade Federal do Paraná (Jardim Botânico). Foram instalados dois medidores de stress térmico, modelo TGD-400 (marca Instrutherm), um no interior da floresta e outro na área externa. Os dados foram coletados a cada minuto, entre as 13h00 e 16h00, em um dia de verão. Utilizou-se o software RayMan 1.2 para cálculo do Índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente). Comparando-se os dados dos ambientes externos e internos da floresta, verificou-se que no exterior do fragmento florestal a temperatura foi em média 5°C mais elevada, enquanto que a umidade relativa foi menor (64% na área externa e 92% na área interna). O índice PET no interior da floresta foi em média 25,6°C, o que indica uma sensibilidade térmica de “leve aquecimento”. Já no exterior do fragmento, o índice foi maior (32,0°C) indicando uma sensibilidade térmica de “aquecimento”. Os dados permitem concluir que o fragmento florestal urbano contribui para a melhoria do microclima e conforto térmico humano.

## INTRODUÇÃO

A inserção da vegetação nas áreas urbanas é uma das principais estratégias para reduzir o efeito da ilha de calor, uma vez que a planta apresenta importante papel de regular o clima urbano (Yu; Hien, 2006). Por outro lado, a ausência de vegetação contribui para a formação do efeito da ilha de calor na medida em que prejudica os processos de redução das temperaturas nas cidades (Rosenfeld, 1997).

Gomes e Amorim (2003) apontam como medidas para amenização do clima urbano a arborização de vias públicas, praças, vazios urbanos destinados a áreas verdes, encostas e fundos de vale. Estes atenuam as temperaturas através do sombreamento, filtragem da poluição, direção dos ventos, evapotranspiração (Rosenfeld, 1997) e armazenamento do carbono atmosférico (Mcpherson et al., 2010).

Segundo Biondi e Althaus (2005), nas cidades, a temperatura média anual, a velocidade do vento, a nebulosidade, os contaminantes e a precipitação

são sempre mais altos do que os arredores devido principalmente a estrutura diversificada (em altura, forma, material e cor) do meio urbano como as residências, prédios, asfalto, aglomerados de pessoas e tráfego de veículos.

Quando a vegetação na cidade é distribuída na forma de reservas naturais, parques urbanos, jardins e outros, o balanço de energia de toda a cidade pode ser modificado pela adição de mais superfícies evaporativas, mais radiação absorvida pode ser dissipada na forma de calor latente e a temperatura urbana pode ser reduzida (Yu; Hien, 2006).

Desta maneira, a vegetação tem papel preponderante no conforto ambiental dos espaços urbanos, pois interfere diretamente na redução de temperatura do ar, de superfícies sombreadas, na umidade do ar e na redução da poluição atmosférica (Silva, 2009).

Almeida Jr. (2005) afirma que a importância de se estudar conforto térmico em zonas arborizadas reside no fato destes locais proporcionarem a população condições de bem-estar. Estas condições se expressam principalmente através da presença de vegetação que é um condicionante fundamental no estudo da temperatura urbana.

Entende-se como conforto térmico o estado em que um indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio. Esta neutralidade térmica é um ideal de comodidade, como também de adequação, pois colabora para a eficiência na realização das atividades (Schmid, 2005).

Segundo Höeppe (1999), o conforto térmico é mensurado através de índices de conforto. Um destes índices, desenvolvido pelo mesmo autor, é a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), que é de fácil entendimento e expresso em °C (Lyra, 2007). O PET é um índice desenvolvido para espaços abertos ou fechados, que representa uma temperatura fictícia, resultante da interação entre variáveis físicas e ambientais de um ambiente real (Dacanal et al., 2010).

Entender e quantificar o impacto das árvores urbanas no clima é um importante pré-requisito para gerenciar a vegetação urbana e otimizar os efeitos benéficos destas florestas (Anyanwu; Kanu, 2006). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o microclima e conforto térmico proporcionado por um fragmento florestal urbano na cidade de Curitiba-PR, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no *Campus III* da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil (Figura 1). A capital paranaense localiza-se no Primeiro Planalto a uma altitude média de 934,6 m acima do nível do mar e situa-se aproximadamente a 25° 25' de latitude sul e 49° 17' de longitude oeste. Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Curitiba localiza-se em região climática do tipo Cfb, com clima subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasionais precipitações de neve. De acordo com o último estudo realizado pelo IPPUC entre os anos de 1998 e 2001, Curitiba apresenta temperatura média de 17,48°C, precipitação média anual de 1571,28 mm e umidade média relativa do ar de 78,87% (IPPUC, 2006).

O local de estudo, popularmente conhecido por Capão do Tigre fica nas proximidades das instalações do Curso de Engenharia Florestal da UFPR, é um bosque com remanescente de Floresta com Araucária situado no perímetro urbano de Curitiba com área estimada em 15,24 ha, apresenta relevo suave ondulado e existência de solos Hidromórficos próximos aos canais de drenagem e de Cambissolo e Podzólicos nas regiões mais drenadas (Rondon Neto et al., 2002). Os mesmos autores encontraram nesta área 77 espécies pertencentes a 36 famílias, com densidade total estimada em 1.971 indivíduos/ha e os valores médios de DAP e altura de 11,6 cm e 8,2 m, respectivamente. De acordo com o parâmetro valor de importância ampliado, as espécies mais importantes encontradas foram: *Casearia sylvestris*, *Allophylus edulis*, *Luehea divaricata*, *Araucaria angustifolia*, *Cupania vernalis*, *Ocotea corymbosa*, *Ocotea nutans*, *Jacaranda puberula*, *Mollinedia clavigera* e *Solanum sanctae-catharinae*.

### Procedimentos metodológicos

A análise da influência do fragmento florestal no microclima urbano e conforto térmico da cidade foi realizada através da obtenção de variáveis meteorológicas dentro e fora do bosque. A coleta dos dados foi realizada no dia 09 de fevereiro de 2011, na estação do ano - verão, entre as 13h00 e 16h00 (horário de verão).

Foram instalados dois medidores de stress térmico, modelo TGD-400, da marca Instrutherm, um no interior da floresta e outro na área externa, a distância entre eles foi de aproximadamente 100 m. Este termômetro de globo digital calcula automaticamente o IBUTG interno e externo e indica separadamente as temperaturas de bulbo úmido, seco, globo, umidade e temperatura do ar. Sua utilização é recomendada para temperaturas entre -5 e 100 °C, umidade relativa de 0 a 85% e velocidade do vento de 0 a 20m/s. O IBUTG externo não é um índice de grande aplicabilidade neste tipo de pesquisa. Neste sentido, as variáveis medidas pelo TGD-400 foram aplicadas no índice de conforto térmico mais utilizado internacionalmente: Temperatura Fisiológica Equivalente – PET.

Para medição das variáveis meteorológicas foram padronizados os mesmos procedimentos para a coleta de dados na área interna e externa do bosque. Os equipamentos foram mantidos a uma altura de aproximadamente 1,50 m do solo.

A leitura dos equipamentos foi realizada simultaneamente entre o equipamento localizado no interior do bosque e o equipamento no exterior do bosque, com a coleta de dados das variáveis meteorológicas em intervalos de 1 em 1 minuto. Posteriormente estes dados foram agrupados em intervalos de 10 min para facilitar a análise.

O índice PET foi calculado através do aplicativo computacional *RayMan* 1.2, software de livre acesso desenvolvido pelo Instituto de Meteorologia de Freiburg (Matzarakis et al., 2000), para cada ambiente (interno e externo). Posteriormente foi utilizado um quadro que relaciona os valores bioclimáticos (índices) e a sensação humana, proposta por Jendritzki et al.<sup>1</sup> citado por

---

<sup>1</sup> JENDRITZKY, G.; MENZ, H.; SCHIRMER, W.. 1990. Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponent im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Model). Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan 114.

Matzarakis et al. (1999), para determinar a sensação humana proporcionada pelos ambientes analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se os dados dos ambientes externos e internos ao bosque (Tabela 1), verificou-se que no exterior a temperatura foi em média 5 °C mais elevada, enquanto que a umidade relativa foi menor em 27,6%.

A temperatura no interior do bosque variou de 22,8 °C a 24,8 °C, o que corresponde a uma amplitude térmica de 2 °C, já a temperatura no exterior do bosque variou de 26,5 °C a 30,0 °C, proporcionando uma amplitude maior (3,5 °C). A umidade relativa no interior variou de 80,9% a 95,5% (amplitude de 14,6%) e no exterior de 60,3% a 73,7% (amplitude de 13,4%).

Gomes e Amorim (2003) também constataram que a vegetação é responsável pela amenização das temperaturas mais elevadas e outros benefícios nas cidades. Jauregui (1990/1991) em pesquisa no Chapultepec Park, área verde extensa localizada na Cidade do México, encontrou temperatura 2 a 3 °C menor do que os arredores. Fontes e Delbin (2001), a fim de analisar a influencia da vegetação na amenização climática, constataram que em uma expressiva área verde da cidade de Bauru/SP, a temperatura média foi 3°C menor do que em outra área com pouca vegetação.

O desvio padrão para a diferença de temperatura nesse período de estudo foi de 0,82 °C e para a umidade relativa foi de 6,04%. O comportamento de ambas as variáveis ao longo do período podem ser observadas no Gráfico 1 e 2.

Observa-se nos Gráficos 1 e 2, que a temperatura no exterior do bosque foi sempre mais elevada do que no interior, ao contrário da umidade relativa, que foi mais elevada no interior do fragmento florestal. As melhores condições microclimáticas foram encontradas no interior do fragmento florestal, que por consequência propiciou melhores índices de conforto térmico Gráfico 3.

O índice PET no interior da floresta foi em média 25,6 °C, o que indica uma sensibilidade térmica de “leve aquecimento”. Já no exterior do fragmento, o índice foi maior (32,0°C) indicando uma sensibilidade térmica de “aquecimento”.

Com base no Gráfico 3, observa-se que no interior da floresta não houve muita variação do índice PET ao longo do período. Durante todo o estudo a sensação térmica foi de “leve aquecimento”. Já no exterior da floresta, o índice PET variou no decorrer do estudo (30,1°C a 36,0 °C), apresentando sensibilidade térmica de “aquecimento” na maior parte do período. Observa-se ainda em dois momentos (15h10 e 15h50), o aumento de temperatura proporcionando a sensação térmica “quente”.

Dacanal, Labaki e Silva (2010), também verificaram em estudos realizados na cidade de Campinas – SP, que os fragmentos florestais urbanos contribuem realmente para o conforto térmico. Gulyás et al. (2006) ao determinarem o conforto térmico através do índice PET em espaços abertos, praças e ruas da cidade de Friburg, na Alemanha, constataram que as árvores criam características especiais numa escala microclimática. Em estudos realizados em Presidente Prudente - São Paulo, Brasil, Gomes e Amorim (2003) destacaram a importância da vegetação como reguladora do campo térmico urbano, pois constataram que na praça mais arborizada do estudo apresentou índices de conforto.

## CONCLUSÃO

O levantamento meteorológico realizado permitiu verificar que o fragmento florestal urbano proporciona um microclima mais agradável, com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa, do que o ambiente externo. Essa diferença pode ser ainda maior, à medida que aumenta a distância entre o ponto amostrado no exterior e na área de floresta.

As condições microclimáticas encontradas colaboram para a existência de um ambiente mais confortável termicamente. A aplicação do índice PET, serviu para comprovar que o fragmento florestal apresentou sensação térmica mais agradável ou próxima ao conforto térmico, quando comparada ao seu exterior.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR, N. L. de. 2005. Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá. 92p.
- ANYANWU, E. C.; KANU, I.. 2006. The role of urban forest in the protection of human environmental health in geographically prone unpredictable hostile weather conditions. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Tehran, v.3, n.2, p.197-201.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M.. 2005. Árvores de Rua de Curitiba – Cultivo e Manejo. Curitiba: FUPEF, 175p.
- DACANAL, C.; LABAKI, L.C.; LEITE DA SILVA, T.M.. 2010. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído*, v. 10, n. 2, p. 115-132.
- FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S.. 2001. A qualidade climática de espaços públicos urbanos. In.: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VI; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, III, 2001. São Pedro. Anais... São Pedro: ANTAC, p. 155-158.
- GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T.. 2003. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, 7(10), p. 94-106.
- GULYÁS, Á., UNGER, J., MATZARAKIS, A.. 2006. Assessment of the microclimatic and thermal comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Building and Environment* 41, p. 1713-1722.
- HÖPPE, P.. 1999. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*. 43: p.71-75.
- IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Curitiba em dados - 2006. Disponível em: [http://ippucnet.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/anexos/2001\\_Características%20do%20Relevo%20de%20Curitiba.pdf](http://ippucnet.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/anexos/2001_Características%20do%20Relevo%20de%20Curitiba.pdf) Acesso em 13 junho 2008.
- JAUREGUI, E.. 1990/91. Influence of a large park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy and Building*, 15/16, 457-46.
- LYRA, D. S. F. M.. 2007. Aplicabilidade de índices de conforto térmico: Um estudo de caso em Salvador – BA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador. 131p.
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M.G.. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature, *Int. J. Biometeorol.*, 43, p. 76-84.
- MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; AND MAYER, H.. 2000. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, p. 273-278.
- MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; PEPPER, P. J.; MACO, S. E.; XIAO, Q.; MULREAN, E. *Desert Southwest Community Tree Guide: “Benefits, Costs, and*

Strategic Planting”. Disponível em: <  
[http://www.fs.fed.us/psw/programs/cufr/products/001\\_cufr542\\_72dpiDsrSWCommTreeGd04.pdf](http://www.fs.fed.us/psw/programs/cufr/products/001_cufr542_72dpiDsrSWCommTreeGd04.pdf)>. Acesso em: 16/08/2010.

RONDON NETO, R. M.; KOZERA, C.; ANDRADE, R. DO R. DE; CECY, A. T.; HUMMES, A. P.; FRITZSONS, E.; CALDEIRA, M. V. W.; MACIEL, M. DE N. M.; SOUZA, M. K. F. de. 2002. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista, em Curitiba, PR – Brasil. Floresta, Curitiba – PR, n.32, n.1, p. 3-16.

ROSENFELD, A. H.; ROMM, J. J.; AKBARI, H.; LLOYD, A. C. Painting the Town White -- and Green. Heat Island Group. 1997. Disponível em: <<http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/PUBS/Painting/>> Acesso em: 08/08/2010.

SILVA, C. F.. 2009. Caminhos Bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina – Pi. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília. 140p.

SCHMID, A. L.. 2005. A idéia de conforto. Reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba, Pacto Ambiental. 339p.

YU, C.; HIEN, W. N.. 2006. Thermal benefits of city parks. Energy and Buildings, Lausanne, v.38, p.105-120.

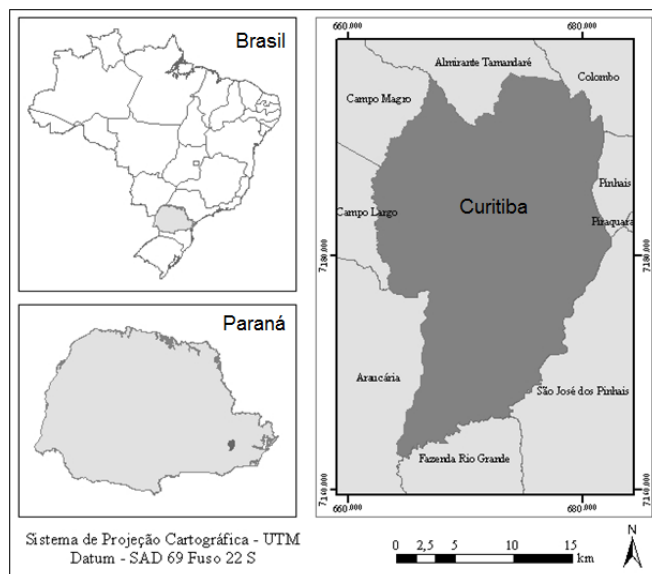


Figura 1. Localização Geográfica da cidade de Curitiba.

Tabela 1. Dados meteorológicos obtidos no interior e exterior do bosque.

Hora	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)		
	Interior do Bosque	Exterior do Bosque	Diferença	Interior da Floresta	Exterior da Floresta	Diferença
13:10	23,0	28,2	5,1	91,8	62,4	29,4
13:20	22,9	27,9	5,1	94,9	64,9	30,0
13:30	22,8	27,9	5,1	95,5	64,5	31,0
13:40	23,0	28,3	5,3	93,9	63,6	30,3
13:50	23,1	27,9	4,8	95,3	64,4	30,8
14:00	23,1	28,2	5,1	94,3	63,7	30,7
14:10	23,2	28,1	5,0	93,5	64,2	29,3
14:20	23,3	28,7	5,4	93,7	63,3	30,3
14:30	23,5	28,5	5,1	92,2	64,8	27,4
14:40	23,3	28,2	4,9	93,1	65,5	27,7
14:50	23,3	28,6	5,3	93,8	64,1	29,7
15:00	23,5	28,9	5,4	92,0	64,3	27,7
15:10	23,6	28,9	5,3	93,2	63,8	29,3
15:20	23,7	28,6	4,9	92,2	64,5	27,6
15:30	23,9	30,0	6,1	92,0	61,0	30,9
15:40	24,0	29,7	5,7	91,1	60,3	30,8
15:50	24,8	28,9	4,1	82,1	65,4	16,7
16:00	24,4	26,5	2,2	80,9	73,7	7,2
<b>Média</b>	<b>23,5</b>	<b>28,5</b>	<b>5,0</b>	<b>92,0</b>	<b>64,4</b>	<b>27,6</b>



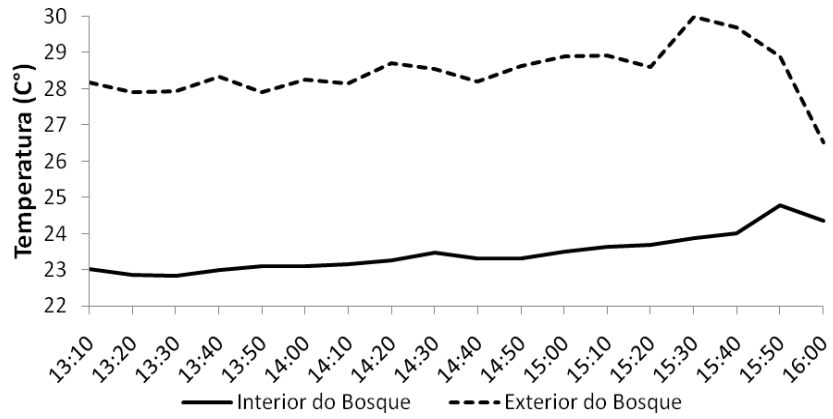


Gráfico 1. Comportamento da temperatura no período observado.

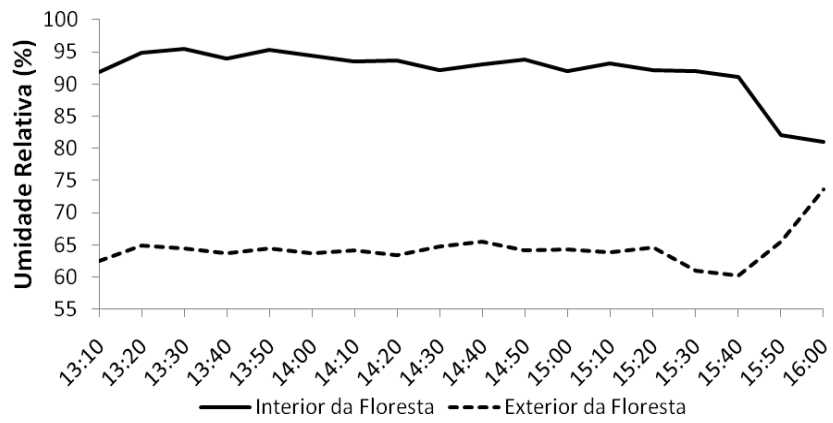


Gráfico 2. Comportamento da umidade relativa no período observado.

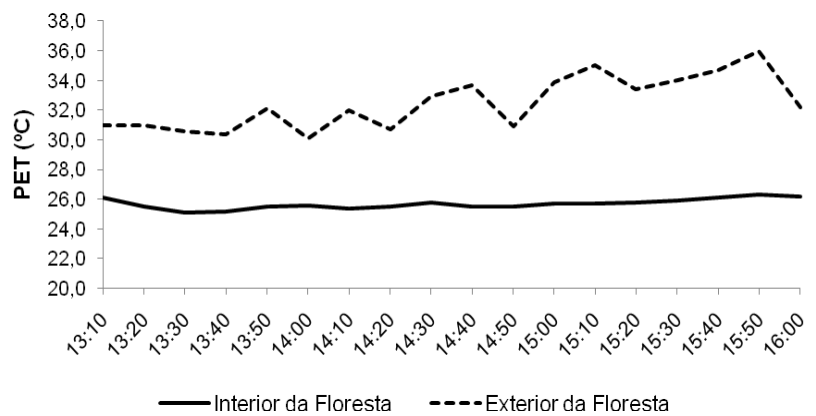


Gráfico 3. Comportamento do índice PET no período observado.