

COMPARAÇÃO ENTRE OS DESEMPENHOS TÉRMICOS DE COBERTURA AJARDINADA E LAJE COMUM EM GUARITAS

Caroline Santana de Moraes (1); Maurício Roriz (2)

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luís, Km 235 - CEP 13.565-905 - São Carlos, SP – Brasil
e-mail: (1) carolinesmoraes@hotmail.com (2) m.roriz@zaz.com.br

RESUMO

Porteiros e vigilantes de edifícios são obrigados a permanecer durante longos períodos em guaritas que, freqüentemente, não oferecem as mínimas condições de conforto térmico. A propalada violência urbana leva muitos projetistas a conceberem estes abrigos como espécies de casamatas, quase sem ventilação e com excesso de vidros (alguns à prova de bala) que, sem sombreamento adequado, acabam por agregar mais calor aos ambientes. Em inúmeros exemplos, entretanto, o baixo desempenho térmico das coberturas estabelece a principal fonte do desconforto. Algumas destas coberturas são constituídas simplesmente por uma laje, sem qualquer proteção contra a radiação solar. Há casos ainda mais graves, onde a impermeabilização da laje é feita à base de asfalto, cuja absorvância aproxima-se da de um “corpo-negro”. Este artigo relata um estudo de caso, desenvolvido em período de verão, no qual foram comparados os desempenhos das coberturas de duas guaritas, uma em laje comum escura e outra protegida por vegetação. As vantagens da cobertura ajardinada confirmaram as teorias sobre o tema.

ABSTRACT

Caretakers and others employees of buildings need to stay during long periods in shelters that, frequently, don't offer the minimum conditions of thermal comfort. The terrible urban violence induces many planners to conceive these spaces as species of warlike shelters, almost without ventilation and with excess of glass windows that, without appropriate protection, still heat up more the indoor climate. In countless examples, however, the low thermal performance of roofs establishes the main source of the uncomfortable conditions. Some of these roofs are simply constituted by a flagstone, without any sun-protection. There are very serious cases, where the flagstone is made waterproof with asphalt, whose absorptivity approaches of the possible maximum. This article tells a case study, developed in the summer, in which the performances of the roofs of two shelters were compared, one in dark common flagstone and another protected by vegetation. The advantages of the green roofs confirmed the theories on the subject.

1. INTRODUÇÃO

O descontrolado adensamento de área construída, associado à pavimentação impermeável e à concentração de fontes de calor e poluição, vem agravando seriamente as já precárias condições ambientais dos centros urbanos, particularmente dos grandes e médios. As proporções entre áreas verdes e áreas edificadas afastam-se cada vez mais dos índices recomendados por organismos internacionais. Neste sentido, os planejadores devem buscar alternativas para a melhoria de qualidade da vida urbana. Incrementar as áreas verdes é uma destas alternativas, pois a vegetação é um recurso de

baixo custo e extremamente eficiente para amenizar o clima das cidades, reduzindo, ao mesmo tempo, o desperdício de energia com a climatização de edifícios.

Dentre as envolventes das edificações, as coberturas são, geralmente, as mais expostas às radiações solares. Muitos sistemas de coberturas são desenvolvidos para minimizar os fluxos energéticos através da cobertura (MACHADO *et. al.*, 1999). A vegetação aplicada à cobertura pode protegê-la da radiação solar direta e até mesmo reduzir suas temperaturas, por meio de refrigeração evaporativa (DEL BARRIO, 1998). Em climas quentes, como é o caso de grande parte do território brasileiro, esse efeito pode ser aproveitado para reduzir o calor que penetra nos ambientes internos.

Alguns estudos sobre coberturas ajardinadas, mais usualmente conhecidas como coberturas verdes, têm sido realizados em outros países cujo verão também é rigoroso. Em Cingapura, Wong *et. al.* (2003) analisaram os efeitos de coberturas verdes sobre o consumo de energia de edifícios comerciais e constataram uma redução de até 15% no consumo anual. Em Atenas, Grécia, Niachou *et. al.* (2001), investigaram os desempenhos térmico e energético de edifícios com e sem cobertura verde e verificaram que, em 68% dos edifícios com cobertura convencional as temperaturas máximas do ar ultrapassaram 30°C, enquanto esta temperatura foi atingida em apenas 15% dos edifícios com coberturas ajardinadas. No Brasil, Pouey *et. al.* (1998) compararam temperaturas superficiais externas de coberturas verdes e de terraços, constatando 35,9 °C na cobertura com vegetação contra 48,9 °C nos terraços. Todos estes estudos foram realizados durante o verão.

O objetivo deste trabalho foi comparar o comportamento térmico de dois sistemas de coberturas usados em portarias de edifícios, um com vegetação e outro constituído por laje comum de concreto, sem qualquer proteção contra radiação solar. Para tanto, foram monitoradas duas coberturas com funções semelhantes, mas sendo uma com vegetação e outra sem, ambas localizadas na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo. Os resultados aqui analisados são referentes à situação de verão.

2. COBERTURAS VERDES

Cobertura verde, ajardinada, ou ecológica, são denominações dadas a sistemas de coberturas com vegetação. Conforme sua tipologia, podem ser classificadas em intensivas ou extensivas.

A cobertura verde intensiva caracteriza-se por: camadas de solo maiores que 20cm; plantas, arbustos e árvores de médio e grande porte; estrutura reforçada (devido às cargas entre 700 e 1200 kg/m²) e manutenção rigorosa (CORREA e GONZÁLEZ, 2002).

A cobertura extensiva adota uma camada mais delgada de solo, com espessura entre 8 e 12cm e carga equivalente a 100 kg/m², plantas de pequeno porte, como as autóctones, por serem mais resistentes a pouca ou nenhuma manutenção (CORREA e GONZÁLEZ, 2002). Em ordem descendente, os seguintes materiais são usados nas camadas de coberturas verdes extensivas:

- Vegetação. Alguns condicionantes para sua escolha são: clima, tipo de solo e estrutura suporte;
- Solo ou substrato orgânico (suporte sólido, inerte ou não, diferente do solo ou da terra natural);
- Membrana filtrante. Normalmente utiliza-se uma manta geotêxtil de aproximadamente 150 g/m², cuja função é evitar que a água, das chuvas ou regas, arraste as partículas de solo;
- Camada drenante, fundamental para o sistema, constituída por brita, argila expandida ou seixo rolado, em camadas de 7 a 10 cm de espessura, para dar vazão ao excesso de água do solo;
- Camada de retenção de água (painéis absorventes de materiais sintéticos);
- Isolante térmico, escolhido em função da transmitância térmica. Poliestireno extrudado é usual;
- Impermeabilizante (betuminosos ou sintéticos, cuja função é proteger o suporte estrutural contra infiltrações);
- Laje ou outro tipo de suporte estrutural.

3. AS COBERTURAS ESTUDADAS

A cobertura tradicional (Figura 1) integra a portaria de um condomínio residencial, tem 7,22 m² de área e é construída em laje maciça de concreto (e = 20cm) impermeabilizada com material betuminoso. A cobertura verde (Figura 2), que compõe a entrada de uma empresa de segurança, tem planta triangular, com 4,44 m² de área e 20cm de espessura total, com laje maciça de concreto (e =

10cm), camada impermeabilizante, camada drenante de cacos de telha cerâmica ($e = 5\text{cm}$), manta geotêxtil, terra vegetal e as seguintes espécies de plantas: *Duranta repens* e *Asparagus densiflorus*.



Figura 1: Vistas da guarita com cobertura em Laje Comum (LC)



Figura 2: Vistas da guarita com Cobertura Verde (CV)

4. TEMPERATURAS REGISTRADAS

Tabela 1: Terminologia adotada no presente trabalho

CAS: Coeficiente de amortecimento de temperaturas superficiais	HTbsMax: Hora de ocorrência da temperatura máxima do ar
CIM: Coeficiente de incremento de temperaturas médias	Sup_{HS}: Valor horário de temperaturas superficiais
DHMax: Atraso térmico de temperaturas máximas	SupMax: Temperatura superficial máxima
ΔSup: Amplitude de temperaturas superficiais	SupMed: Temperatura superficial média
ΔTbs Amplitude de temperaturas externas do ar	SupMin: Temperatura superficial mínima
FAT_H: Fator horário de ajuste de temperatura	TBS_H: Valor horário de temperaturas do ar
FAT_{HS}: Fator horário de ajuste das temperaturas superficiais	TbsMax: Temperatura externa do ar máxima
FAT_{HT}: Fator horário de ajuste das temperaturas do ar	TbsMed: Temperatura externa do ar média
HSupMax: Hora de ocorrência da temperatura superficial máxima	TbsMin: Temperatura externa do ar mínima

Para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar e temperaturas superficiais das faces internas das lajes (em ambiente aberto, sem paredes), foi utilizado um sistema eletrônico de aquisição de dados, modelo HOBO®, fabricado pela Onset Computer Corporation.

A tabela 2 apresenta um resumo do clima registrado na estação local da Embrapa (2003), durante o mesmo período de fevereiro de 2003 em que ocorreram os monitoramentos.

Tabela 2: Clima na estação da Embrapa entre os dias 14 e 20 de fevereiro de 2003

Variáveis	Dias:	14	15	16	17	18	19	20
Temperatura Média (°C)		22.5	23.5	24.0	21.6	24.5	23.5	25.1
Temperatura Máxima (°C)		26.0	28.0	29.0	23.2	29.0	29.4	29.6
Temperatura Mínima (°C)		19.0	19.0	19.0	20.0	20.0	17.5	20.5
Umidade relativa (%)		96	99	97	100	94	97	92
Precipitação (mm)		0.0	0.0	35.0	3.6	28.5	3.2	0.2
Evaporação (mm)		2.0	1.8	0.5	0.8	1.2	2.3	1.8

Tabela 3: Resumo dos valores medidos nas duas edificações

		14/02	15/02	16/02	17/02	18/02	19/02	20/02
Laje Comum	TbsMed ₁	24.2	23.7	24.9	22.2	24.0	26.2	27.2
	TbsMax ₁	27.2	27.0	28.1	23.7	27.0	32.8	32.3
	TbsMin ₁	21.2	20.3	21.7	20.7	21.0	19.5	22.2
	$\Delta Tbs_1 = \text{Max-Min}$	6.0	6.7	6.4	3.0	6.0	13.3	10.1
	SupMed ₁	26.3	24.9	26.8	23.1	24.7	28.5	30.0
	SupMax ₁	29.8	28.9	31.5	24.4	27.8	37.3	36.0
	SupMin ₁	22.9	21.0	22.1	21.7	21.7	19.8	24.0
	$\Delta Sup_1 = \text{Max-Min}$	6.9	7.9	9.4	2.7	6.1	17.5	12.0
Cobertura Verde	TbsMed ₂	22.5	22.3	23.7	22.1	23.6	24.6	25.5
	TbsMax ₂	26.0	25.4	27.7	23.5	26.7	30.6	29.7
	TbsMin ₂	19.0	19.3	19.7	20.7	20.6	18.7	21.3
	$\Delta Tbs_2 = \text{Max-Min}$	7.0	6.1	8.0	2.8	6.1	11.9	8.4
	SupMed ₂	23.7	21.9	23.5	22.5	23.3	24.2	25.3
	SupMax ₂	25.2	23.6	26.1	23.2	25.1	27.9	27.5
	SupMin ₂	22.2	20.2	21.0	21.7	21.6	20.6	23.1
	$\Delta Sup_2 = \text{Max-Min}$	3.0	3.4	5.1	1.5	3.5	7.3	4.4

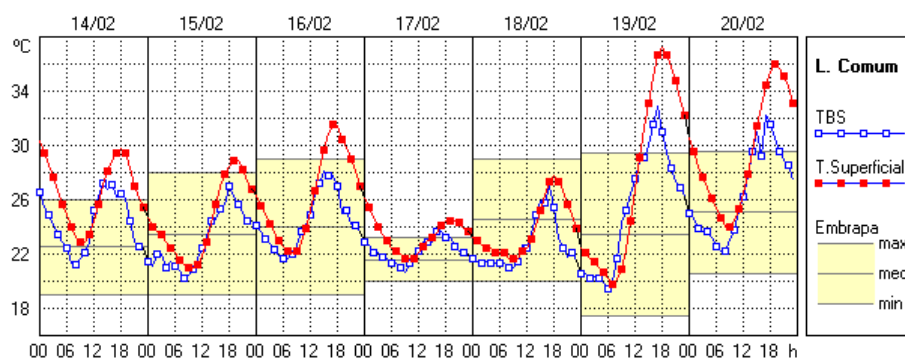


Figura 3: Médias horárias das temperaturas registradas na edificação com Laje Comum

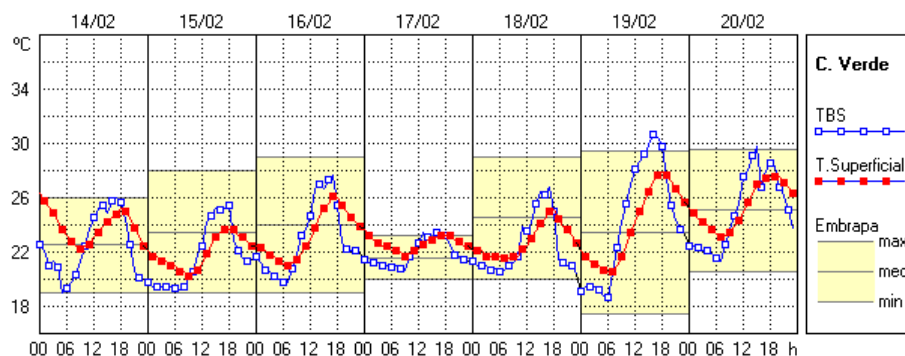


Figura 4: Médias horárias das temperaturas registradas na edificação com Cobertura Verde

Nas figuras 3 e 4, linha azul (pontos vazios) indica temperaturas do ar (TBS) e linha vermelha (pontos cheios) indica temperaturas superficiais da face inferior da laje (Sup). Os valores horários destas temperaturas são médias aritméticas dos registrados a intervalos de 10 minutos. A mancha amarela corresponde aos intervalos entre temperaturas mínimas e máximas observadas na estação local da Embrapa (Tabela 2).

5. TRATAMENTO DOS DADOS MEDIDOS

Pesquisas já demonstraram que uma mesma cidade pode ter diversos micro-climas. No caso do presente estudo, foram registradas importantes diferenças entre as temperaturas do ar exterior nos dois locais avaliados. As temperaturas mais altas foram medidas em torno da edificação com laje comum, sendo que a diferença média foi de 1.2 °C e a máxima chegou a 4.9 °C (Figura 5). Estas diferenças afetam fortemente as temperaturas internas e dificultam comparar-se os efeitos térmicos provocados diretamente pelas coberturas.

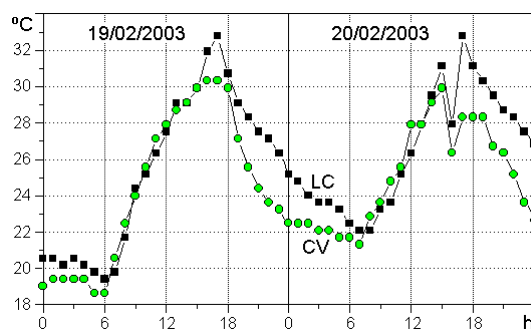


Figura 5: TBS exterior das duas edificações.

Para contornar esta dificuldade, propõe-se um método que permita estimar quais seriam as temperaturas superficiais internas se ambas as edificações fossem submetidas a um mesmo micro-clima.

5.1 Indicadores do Desempenho

Primeiramente, foram definidos dois indicadores do desempenho das coberturas, um em relação à estabilidade térmica das lajes (CAS: coeficiente de amortecimento de temperaturas superficiais), e outro aos valores médios das temperaturas (CIM: coeficiente de incremento de temperaturas médias).

$$\text{CAS} = \Delta\text{Sup} / \Delta\text{Tbs} \quad [\text{Eq. 01}]$$

$$\text{CIM} = (\text{SupMed} - \text{TbsMed}) / \Delta\text{Tbs} \quad [\text{Eq. 02}]$$

ΔTbs = amplitude das temperaturas externas do ar ($\Delta\text{Tbs} = \text{TbsMax} - \text{TbsMin}$). Ver tabela 3.

ΔSup = amplitude das temperaturas superficiais da laje ($\Delta\text{Sup} = \text{SupMax} - \text{SupMin}$). Ver tabela 3.

Tabela 4: Cálculo dos coeficientes CAS e CIM para as duas coberturas

		14/02	15/02	16/02	17/02	18/02	19/02	20/02	médias
Comum	SupMed ₁ -TbsMed ₁	2.1	1.2	1.9	0.9	0.7	2.3	2.8	1.700
	ΔTbs_1	6.0	6.7	6.4	3.0	6.0	13.3	10.1	7.357
	CIM₁	0.350	0.179	0.297	0.300	0.117	0.173	0.277	0.242
	CAS₁	1.150	1.179	1.469	0.900	1.017	1.316	1.188	1.174
Verde	SupMed ₂ -TbsMed ₂	1.2	-0.4	-0.2	0.4	-0.3	-0.4	-0.2	0.014
	ΔTbs_2	7.0	6.1	8.0	2.8	6.1	11.9	8.4	7.186
	CIM₂	0.171	-0.066	-0.025	0.143	-0.049	-0.034	-0.024	0.017
	CAS₂	0.429	0.557	0.638	0.536	0.574	0.613	0.524	0.553

5.2 Horários de Ocorrência de Temperaturas Máximas

O atraso térmico característico de cada sistema de cobertura pode ser tomado em relação às ocorrências das temperaturas máximas do ar exterior e das faces internas destas coberturas. Sendo HSupMax a hora de ocorrência das temperaturas superficiais máximas e HTbsMax a de ocorrência das temperaturas máximas do ar, esta defasagem no tempo (ΔHMax) é dada pela seguinte expressão:

$$\Delta\text{HMax} = \text{HSupMax} - \text{HTbsMax} \quad [\text{Eq. 03}]$$

Tabela 5: Atrasos térmicos nas temperaturas máximas das coberturas

		14/02	15/02	16/02	17/02	18/02	19/02	20/02	médias
L.C.	HSupMax ₁	18	20	17	20	18	18	19	18.6
	HTbsMax ₁	14	18	15	16	17	17	17	16.3
	ΔHMax ₁	4	2	2	4	1	1	2	2.3
Verde	HSupMax ₂	18	19	17	19	18	18	20	18.4
	HTbsMax ₂	17	18	17	17	17	16	15	16.7
	ΔHMax ₂	1	1	0	2	1	2	5	1.7

Obs: Como são consideradas apenas horas inteiras, os atrasos (ΔHMax) são arredondados para 2 horas.

5.3 Temperaturas Típicas de um Dia de Verão (Fevereiro) em São Carlos

Tabela 6: Temperaturas Normais (1961 a 1990) do mês de Fevereiro em São Carlos

Temperatura média de máximas [TbsMax]	27.2 °C
Temperatura média de mínimas [TbsMin]	17.7 °C
Temperatura média do mês [(TbsMax+TbsMin)/2]	22.5 °C
Amplitude média [TbsMax-TbsMin]	9.5 °C

Através de análise de dados horários do clima da cidade, foi identificada a curva típica de variação das temperaturas do ar (TBS), para o mesmo mês. Esta curva é definida pelo Fator de Ajuste de Temperaturas (FAT), calculado para cada hora (H) do dia:

$$FAT_H = (TBS_H - TbsMin) / (TbsMax - TbsMin) \quad [\text{Eq. 04}]$$

Tabela 7: Valores horários do fator de ajuste das temperaturas (Fevereiro)

H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FAT _H	0.287	0.192	0.111	0.050	0.012	0.000	0.017	0.081	0.206	0.371	0.578	0.772
H	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FAT _H	0.904	0.976	1.000	0.983	0.946	0.872	0.813	0.724	0.650	0.546	0.466	0.361

Caso se disponha apenas das máximas e mínimas, através da equação 05 o FAT permite calcular os valores horários de TBS. As temperaturas indicadas na tabela 6 resultam desta equação e das normais climatológicas do mês.

$$TBS_H = TbsMin + FAT_H (TbsMax - TbsMin) \quad [\text{Eq. 05}]$$

Tabela 8: Valores horários das temperaturas do ar em dia típico de Fevereiro

H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TBS _H	20.4	19.5	18.8	18.2	17.8	17.7	17.9	18.5	19.7	21.2	23.2	25.0
H	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
TBS _H	26.3	27.0	27.2	27.0	26.7	26.0	25.4	24.6	23.9	22.9	22.1	21.1

5.4 Estimativas dos Desempenhos em Dia Típico de Verão (Fevereiro)

As temperaturas superficiais nas faces inferiores das lajes podem ser estimadas, então, através dos seguintes procedimentos:

- a) A oscilação horária das curvas é obtida através da aplicação dos fatores de ajuste das temperaturas (FAT), considerando-se os atrasos observados nas superficiais máximas (ΔHMax).

$$FAT_{HS} = FAT_{HT} \quad [\text{Eq. 06}]$$

Tabela 9: Valores horários do fator de ajuste das temperaturas superficiais

HS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FAT _{HS}	0.466	0.361	0.287	0.192	0.111	0.050	0.012	0.000	0.017	0.081	0.206	0.371
HS	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
FAT _{HS}	0.578	0.772	0.904	0.976	1.000	0.983	0.946	0.872	0.813	0.724	0.650	0.546

Sendo HS a hora de ocorrência da temperatura superficial (variando entre 0 e 24) e HT a hora de ocorrência da temperatura do ar correspondente ao atraso da temperatura superficial máxima (HT = HS - ΔHMax). Valores negativos são corrigidos, somando-os a 24. Para o atraso de 2 horas, os fatores de ajuste das temperaturas superficiais são indicados na tabela 9.

- b) Calculam-se as amplitudes de variação das temperaturas superficiais (ΔSup) em função dos coeficientes de amortecimento (CAS) e das amplitudes das temperaturas do ar (ΔTbs):

$$\Delta\text{Sup} = \text{CAS} \cdot \Delta\text{Tbs} \quad [\text{Eq. 07}]$$

Conforme as normais climatológicas da cidade, em fevereiro a amplitude média da temperatura do ar é de 9.5 °C. Aplicando a equação 07 aos valores de CAS e ΔTbs:

Tabela 10: Amplitudes de oscilação das temperaturas superficiais

Edificação	CAS	ΔTbs	ΔSup
Laje Comum	1.174	9.5 °C	11.15 °C
Cobertura Verde	0.553	9.5 °C	5.25 °C

- c) Os valores médios das temperaturas superficiais são estimados pela aplicação dos respectivos coeficientes de incremento (CIM) e permitem calcular as superficiais mínimas:

$$\text{SupMed} = \text{TbsMed} + (\text{CIM} \cdot \Delta\text{Tbs}) \quad [\text{Eq. 08}]$$

$$\text{SupMin} = \text{SupMed} - (\Delta\text{Sup}/2) \quad [\text{Eq. 09}]$$

Tabela 11: Cálculo das temperaturas superficiais médias e mínimas

Edificação	TbsMed	CIM	ΔTbs	SupMed	ΔSup/2	SupMin
Laje Comum	22.5 °C	0.242	9.5 °C	24.8 °C	5.58	19.2 °C
Cobertura Verde	22.5 °C	0.017	9.5 °C	22.7 °C	2.63	20.0 °C

- d) Finalmente, são obtidos os valores horários das temperaturas superficiais:

$$\text{Sup}_{\text{HS}} = \text{SupMin} + (\text{FAT}_{\text{HS}} \cdot \Delta\text{Sup}) \quad [\text{Eq. 10}]$$

Tabela 12: Temperaturas superficiais na face interna da Laje Comum

H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SUP _H	24.4	23.2	22.4	21.3	20.4	19.8	19.3	19.2	19.4	20.1	21.5	23.3
H	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SUP _H	25.6	27.8	29.3	30.1	30.4	30.2	29.8	28.9	28.3	27.3	26.5	25.3

Tabela 13: Temperaturas superficiais na face interna da Cobertura Verde

H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SUP _H	22.5	21.9	21.5	21.0	20.6	20.3	20.1	20.0	20.1	20.4	21.1	22.0
H	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SUP _H	23.0	24.1	24.8	25.1	25.3	25.2	25.0	24.6	24.3	23.8	23.4	22.9

6. CONCLUSÕES

Ao longo do dia, as temperaturas superficiais da laje comum acumulam 65.2 graus-hora de calor acima das temperaturas do ar, enquanto a cobertura verde acumula menos de 40 % deste valor. Além deste aspecto, nos horários mais quentes do dia a cobertura verde contribui para a refrigeração do ambiente, pois sua temperatura superficial permanece abaixo da temperatura do ar desde as 9 até as 18 horas. A maior diferença, 3.3 °C, acontece ao meio-dia, quando a temperatura superficial fica em 23.0 °C e a temperatura do ar chega a 26.3 °C. Devido à maior amplitude provocada pela laje comum, no início da manhã (entre 5 e 8h), suas temperaturas superficiais são ligeiramente menores que as da cobertura verde. Por outro lado, às 16h a superfície inferior da laje comum atinge 3.7 °C acima da temperatura do ar e esta diferença continua aumentando praticamente até o final do dia, atingindo às 21h o valor máximo de 4.4 °C.

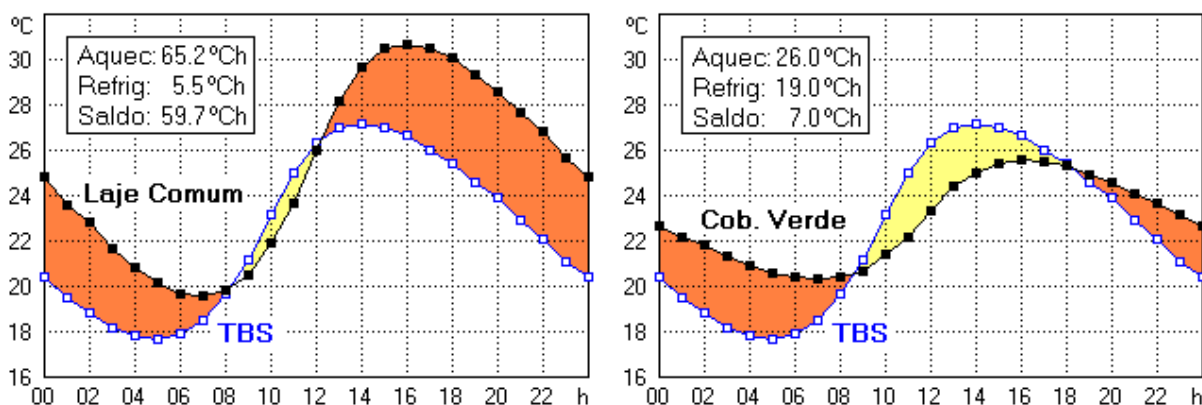


Figura 6: Diferenças entre temperaturas superficiais (preto) e temperaturas do ar (azul).

Pode-se concluir que as coberturas ajardinadas são alternativas técnica e economicamente viáveis para o clima local, não apenas para o tipo de edificação estudada, mas com amplas possibilidades de utilização. Adicionalmente, os benefícios ambientais destes sistemas, extrapolam a própria edificação e atingem toda uma região em torno da mesma, com melhoria da qualidade do ar e incorporação integrada e harmoniosa entre vegetação e áreas edificadas. Inexplicavelmente, a cobertura verde enfocada neste estudo é a única existente em São Carlos, enquanto as lajes sem proteção térmica são bastante usuais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREA, Celina B.; GONZÁLEZ, Neila F. Javier.(2002). O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas. In: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. *Anais:FUPAM/FAU-USP*. p.686-696.
- DEL BARRIO, Elena Palomo.(1998) Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Energy in Buildings*, v.27, n°.2, p. 179-193, 1998.
- EMBRAPA (2003) “Dados Climáticos Diários da Estação Agrometeorológica do Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE.” Embrapa. São Carlos. SP. [www.cppse.embrapa.br/meteoro/]
- MACHADO, M.V.; BRITTO, C.; NEILA, F.J. (1999) Thermal behaviour simulation of models with ecological roofs. . In: XVIII PLEA – International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Brisbane, University of Queensland, Austrália, September 22-24.
- NIACHOU, A. *et. al.* (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, v.33, n°7, p. 719-729, 2001.
- POUEY, M. T.F.*et.al.*(1998). Coberturas verdes: análise de desempenho térmico. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis. *Anais. NPC/UFSC*. p. 473-481.
- WONG, N. H. *et al.*(2003). The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy and Buildings*, v.35, n°. 4, p. 353-364, 2003.