

COBERTURAS VERDES E CONVENCIONAIS E A MITIGAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR URBANO

GREEN AND CONVENTIONAL COVERINGS AND THE MITIGATION OF URBAN HEAT ISLANDS

MATEUS PEDRO SCROCCARO | UFPR
CRISTINA DE ARAÚJO LIMA, DRA. | UFPR
SÉRGIO FERNANDO TAVARES, DR. | UFPR

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo principal investigar a possível colaboração da temperatura superficial de Coberturas Verdes (CVe) na mitigação dos efeitos das Ilhas de Calor Urbano (ICU). Foi utilizado um experimento constituído de uma CVe extensiva e telhados de comparação, formados de telhas cerâmicas vermelhas e telhas de fibrocimento. Os resultados permitiram inferir que quanto mais altas foram as temperaturas superficiais, maiores foram as perdas de calor para o ambiente, sendo que as coberturas cerâmica e de fibrocimento foram as que mais aqueceram durante o dia e as que mais rapidamente resfriaram à noite. A cobertura cerâmica apresentou as maiores temperaturas superficiais, seguidas pela cobertura de fibrocimento e pela CVe. Contudo, através de análises estatísticas verificou-se que entre as médias das temperaturas superficiais da cerâmica e do fibrocimento não houve diferenças significativas, contrariamente à CVe, que teve a menor variação na temperatura superficial, mantendo mais estáveis essas temperaturas tanto de dia quanto à noite e que, estatisticamente, apresentou diferenças significativas com relação à cerâmica e a fibrocimento. Verificou-se que o envelhecimento e a sujeira depositada sobre a telha cerâmica poderiam ser fatores que influenciaram o seu desempenho térmico, sobreaquecendo sua superfície mais do que a superfície do fibrocimento.

PALAVRAS CHAVE: Ilha de calor urbano; Temperatura superficial; Cobertura verde; Telha cerâmica; Telha de fibrocimento.

ABSTRACT

This study aims to investigate the possible collaboration of the surface temperature of Green Roofs (GR) in mitigating the effects of Urban Heat Islands (UHI). It was used a physical experiment made of an extensive GR and comparison of roofs formed of red ceramic tiles and fiber cement tiles. The result showed that the higher were the surface temperatures, higher were the heat loss to the environment, and the ceramic and fiber cement roofs were the most heated during the day and the fastest cooled at night. The ceramic cover showed the highest surface temperatures, followed by the fiber cement roof and the GR. However, through statistical analysis it was found that between the mean surface temperatures of the ceramic and fiber cement no significant differences, unlike the GR, which had the lowest variation in surface temperature, maintaining more stable these temperatures both day and night and that, statistically, there was significant differences with respect to the ceramic and fiber cement. As conclusions, it was found that aging and dirt from ceramic tile could be factors that influenced its thermal performance, overheating the surface more than the surface of the fiber cement.

KEY WORDS: Urban heat island; Surface temperature; Gren roof; Ceramic tile; Fiber cement tile.



1. INTRODUÇÃO

A intensa transformação populacional brasileira desde meados do século XX, representada por migrações internas, deu origem a um processo acelerado de urbanização em quase todo o território do país (MAGALHÃES e CINTRA, 2012). Não obstante a urbanização não implique necessariamente a alta densificação dos espaços das cidades, é frequente que isso ocorra para que muitos habitantes possam partilhar da infraestrutura instalada. Observa-se que o ambiente construído dos centros urbanos, com sua variedade de materiais e cores e grandes superfícies impermeabilizadas - tais como ruas e passeios, paredes e coberturas -, absorve durante o dia o calor proveniente do Sol através da radiação solar direta, da radiação solar difusa e da radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno, e libera-o à noite.

Assim, a energia solar converte-se em calor, a qual permanece em torno do edifício ou das superfícies impermeabilizadas, de modo que pode ocorrer a necessidade do uso de ar condicionado, aumentando o gasto em energia (TAHA et al., 1988; BASS et al., 2002). Forma-se, assim, o fenômeno conhecido como Ilha de Calor Urbano (ICU) o qual pode ser visualizado como uma bolha de calor estagnada sobre as áreas mais densas e verticalizadas e isotermas são traçadas em um mapa, formando os contornos característicos de uma ilha, originando o termo “ilha de calor” (EPA, 2014) (FIGURA 01).

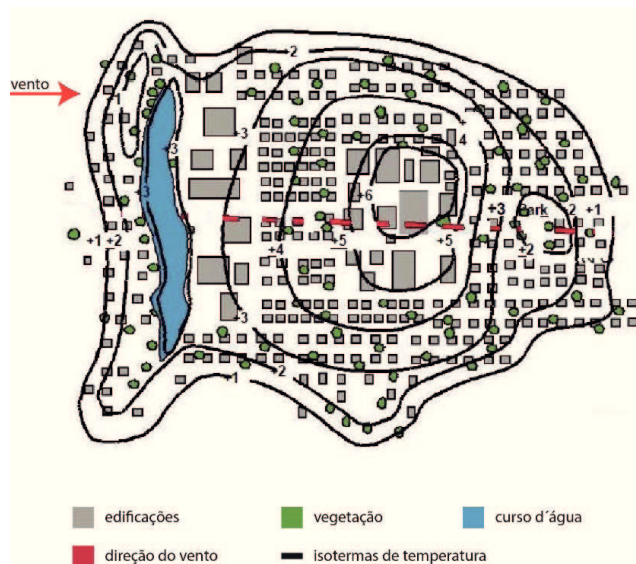


Figura 01: Caracterização das ilhas de calor urbano.

Um fator comum a esse processo de urbanização e ao fenômeno das ICUs é a frequente ausência de áreas verdes, seja na forma de árvores isoladas, pavimentos gramados, paredes verdes, jardineiras, hortas urbanas, ou

outros elementos de cunho ecológico, como os corpos d'água. Sendo assim, a técnica de Cobertura Verde (CVe) tem demonstrado grande eficácia para atenuar a ausência do elemento verde, do elemento natural, nos centros urbanos à medida que repõem à cidade áreas verdes suprimidas pelas áreas edificadas. As CVes caracterizam-se pela aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações, com impermeabilização e drenagem adequados (NASCIMENTO, 2008), conforme Figura 02. São consideradas como uma técnica passiva que pode ser utilizada para ganhos ecológicos no ambiente urbano (KOSAREO e RIES, 2006). Segundo Peck et al. (1999), essa técnica tem sido usada de forma recorrente em diversos países do mundo, há centenas ou até milhares de anos, o que se deve principalmente às suas excelentes qualidades de isolamento proporcionadas pelas diversas camadas que a compõem e por sua vegetação. Em climas frios as CVes ajudam a reter calor no edifício e nos climas quentes ajudam a manter o calor fora da construção (FIGURA 02).

A técnica de CVe aparece como uma interessante alternativa de ganhos ecológicos comprovados em pesquisas científicas ao longo das últimas décadas e em várias partes do mundo.

Segundo Berardi et al. (2013), as CVes contribuem para atenuar muitos efeitos negativos do crescimento urbano, como altas taxas de poluição do ar, perda de habitats e o efeito de ilha de calor urbano. Sobre esta última consequência ambiental, várias pesquisas demonstram que as CVes mitigam seus efeitos, tal como é citado por pesquisadores como Bass et al. (2002), Alexandri e Jones (2006), Akbari (2005), Takebayashi e Moriyama (2009), Gartland (2010), Susca et al. (2011), Santamouris (2014), Catuzzo (2013) e Pereira (2014).



Figura 2: Sistema genérico e exemplos de coberturas verdes.

Figura 02: 01. Sistema genérico de uma cobertura verde.

Fonte: Almeida (2008).



Figura 02: 02. Acros Fukuoka Foundation, Fukuoka, Japão.
Fonte: Emilio Ambasz & Associates (1994).



Figura 02: 03. Edifício Conde Matarazzo, São Paulo, Brasil.
Fonte: Marcelo Piacentini (1939).

Segundo Costanzo et al. (2016), a temperatura superficial das construções influencia a temperatura do ar no meio ambiente urbano. Dessa forma, o conhecimento das temperaturas superficiais dos telhados é um passo fundamental para o estudo das soluções propostas para a mitigação dos efeitos das ICUs.

Coberturas de telhas cerâmicas e de fibrocimento são frequentemente utilizadas nas edificações da Cidade de Curitiba-Paraná-Brasil e várias pesquisas abrangem o desempenho térmico dessas coberturas, tal como é descrito nos trabalhos de Bueno (1994), Ferreira e Prado (2003), Marques et al. (2013), Sleiman et al. (2014 e 2015).

Sendo a cobertura, portanto, um dos elementos mais importantes nas trocas de calor com o meio ambiente, este trabalho desenvolve sua investigação estudando a temperatura superficial daquelas coberturas e de uma CVe na perspectiva de mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de um experimento localizado na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná – Brasil, a qual tem coordenadas 25°25'48"S e 49°16'15"W. O clima característico desta região é do tipo Cfb na classificação de Köppen (subtropical úmido mesotérmico, com

verões quentes e invernos com geadas frequentes, sem estação seca). As temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios são inferiores a 22 °C e 18 °C respectivamente, e a temperatura média anual é igual a 17 °C. A média anual da umidade relativa do ar fica em torno de 85% e da precipitação entre 1.300 e 1.500mm anuais, sem deficiência hídrica ao longo do ano (MAACK, 1981).

Em Curitiba, o experimento de coleta das temperaturas superficiais foi realizado na cobertura do Escritório Verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, localizado na Av. Silva Jardim, 807, Bairro Rebouças (FIGURA 03). O Escritório Verde é uma edificação experimental de técnicas construtivas mais sustentáveis, como o sistema de construção a seco (wood-frame), janelas de vidros duplos, coberturas verdes, iluminação natural, lâmpadas LEDs, uso de placas fotovoltaicas para a produção de energia elétrica, reaproveitamento das águas de chuva e pisos de materiais recicláveis (CASAGRANDE JUNIOR e GÓIS, 2011).



Figura 03: Escritório Verde da UTFPR
Figura 03: 01. Elevação para Av. Silva Jardim.
Fonte: Autores (2015).



Figura 03: 02. Acima do volume branco está localizado o experimento.
Fonte: Autores (2015)

2.2. Experimento

O experimento constituiu-se de uma cobertura verde extensiva com dimensões aproximadas de 3,60m x 4,80m voltada para o norte recebendo insolação desde o nascer até o pôr do sol (FIGURA 04). Como telhados de comparação, foram montados dois protótipos de coberturas, um

com cobertura de telhas novas de fibrocimento de 0,5mm (80x60cm) e outro com telhas cerâmicas usadas de barro vermelho (80x60cm), tipo francesa, ambos adjacentes à cobertura verde, de modo a reproduzir dois tipos de cobertura frequentemente utilizados no centro urbano de Curitiba. Por suas características de refletância (albedo) devido à cor cinza, a telha de fibrocimento assemelha-se ao concreto aparente, frequente principalmente nas coberturas de edifícios nos centros urbanos.

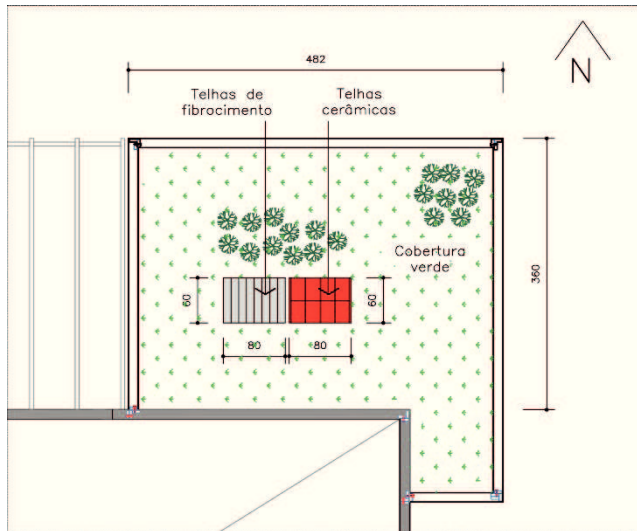


Figura 04: Dimensões da CV sobre o telhado do Escritório Verde da UTFPR.
Fonte: Adaptado de Casagrande Junior (2015) pelos Autores.

O experimento foi locado em ambiente urbano aberto e, além da cobertura verde nele utilizada, o entorno apresentava áreas próximas contendo espaços verdes gramados e superfícies pavimentadas bem como algumas árvores isoladas. Por não se tratar de um ambiente controlado, não se mediou o grau de influência dessas áreas do entorno nas temperaturas mensuradas no experimento. As condições de ventilação do experimento eram as mesmas para os três materiais, tendo em vista a sua proximidade.

As espécies vegetais que compunham a CVE foram Bulbine (*Bulbine frutescens*), Babosa (*Aloe vera*) e a Clorofito (*Clorophutum comosum*). As camadas que constituíam a CVE eram, de baixo para cima (SAVI, 2015): impermeabilização com geomembrana de polietileno de alta densidade; camada de proteção antirraízes; camada de geomembrana estrudada, com a função de drenagem e armazenamento de água da chuva; camada de geocomposto para drenagem; manta de geotêxtil, com a função de proteger mecanicamente as camadas inferiores; camada de substrato, composto de terra, areia, turfa e vermiculite e, finalmente, as espécies vegetais descritas na Figura 05.



Figura 05: Espécies Vegetais
Figura 05.01: Bulbine (*Bulbine frutescens*)
Fonte: Autores (2015).



Figura 05.02: Babosa (*Aloe vera*)
Fonte: Autores (2015).



Figura 05.03: Clorofito (*Clorophutum comosum*)
Fonte: Autores (2015).

2.3. Medições e Cálculos

Para a obtenção dos dados de temperatura foram utilizados três termômetros digitais (Marca ICCEL, modelo TD 890), instalados um em cada cobertura, com termopares tipo K, que são dispositivos elétricos utilizados na medição de temperatura. Cada termômetro pode medir simultaneamente até quatro temperaturas, registrando-as em sua memória as quais, posteriormente, foram baixadas em um computador através do programa Excel (Office 2010). Para a obtenção da temperatura superficial, três termopares foram posicionados de tal forma a ficarem em contato direto com as superfícies. Um termopar foi fixado rente ao substrato da cobertura verde, sob a vegetação de clorofito (*Clorophutum comosum*) e o mais próximo possível das coberturas de comparação. A sombra proporcionada

pelo clorofito impediu a ação direta dos raios solares na ponta do termopar, evitando um sobreaquecimento. Os outros dois termopares ficaram em contato direto com as superfícies das telhas de barro e de fibrocimento. Para essas duas últimas coberturas, as pontas dos termopares foram protegidas da radiação solar direta, através de um anteparo revestido interna e externamente com folhas de papel alumínio. O conjunto de materiais analisados pode ser observado na Figura 06.



Figura 06: Conjunto de materiais instalado sobre a cobertura do Escritório Verde da UTFPR, com os termômetros instalados.

Fonte: Autores (2015).

A época do ano e o período de coleta das temperaturas foram escolhidos de maneira aleatória. Dos três termômetros instalados, um deles apresentou falhas no registro de dados sendo, portanto, descartado. Os outros dois termômetros registraram corretamente as temperaturas superficiais. Um deles registrou dados no período de 23/07/15 a 07/08/15 e outro do dia 25/07/15 a 07/08/15. Por conter uma maior base de dados, optou-se pela medição de maior prazo e descartou-se o menor período. As medições foram feitas a cada hora.

As temperaturas do ar foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016). Contudo, à época da análise dos resultados, o INMET só dispunha de três valores diários da temperatura do ar, enquanto a medição da temperatura superficial nas coberturas foi de hora em hora. Dessa forma, para o desenvolvimento deste trabalho foi feita uma amostragem das temperaturas obtidas nas coberturas e suas correspondentes temperaturas do ar.

As médias das temperaturas observadas para os diferentes materiais utilizados nesta pesquisa, bem como a média obtida com os três valores diários da temperatura do ar fornecidos pelo INMET, foram avaliados estatisticamente através de Coeficiente de Variação (C.V.) e pela Análise de variância – Anova e pelo teste de t de Student (teste de hipóteses para uma média populacional, no qual assumiu-se haver diferença estatística significativa entre

as médias quando com o valor-p < 5%). Para isso utilizaram-se os softwares Excel (Office 2010) e Asistat (Versão 7.7 beta-pt).

3. RESULTADOS

Uma amostragem das temperaturas medidas nas coberturas mais a temperatura do ar fornecida pelo INMET é apresentada na Tabela 01, na qual se enfatizam os picos de temperaturas auferidas para as coberturas de vegetação, cerâmica e fibrocimento e do ar, bem como nos vales observam-se as temperaturas mínimas para todos os materiais avaliados. Verificou-se que os Coeficientes de Variação (C.V.) médios para a telha cerâmica (5,37) e para telha de fibrocimento (4,54) foram superiores aos encontrados para a cobertura verde (1,42) e para o ar (3,58). Na Tabela 01 é possível observar as maiores e as menores temperaturas. Estas representam os valores que mais se afastaram da temperatura média encontrada para todos os materiais de cobertura (telha cerâmica 21,17°C, telha fibrocimento 20,47°C, cobertura verde 16,44°C e ar 17,57°C), pois quanto mais alta ou mais baixa foi a temperatura em relação à sua média, maior foi o valor de C.V. encontrado.

Na Tabela 01 é apresentada uma amostragem dos resultados obtidos para as temperaturas superficiais dos materiais avaliados nesta pesquisa: telha cerâmica, telha de fibrocimento e vegetação, bem como as temperaturas do ar. É possível observar que cada temperatura diária medida no experimento apresenta uma temperatura do ar correspondente, fornecida pelo INMET. Embora as temperaturas tenham sido auferidas de hora em hora entre os dias 23/07/2015 e 07/08/2015, a Tabela 01 apresenta somente as temperaturas em três momentos do dia, aproximadamente nos horários do meio-dia, às 18 horas e às 24 horas, isso para haver correspondência entre as temperaturas medidas e aquelas fornecidas pelo INMET, portanto essa Tabela representa uma amostra do total das temperaturas registradas para cada tipo de cobertura estudada.

Na Tabela 01 é possível observar que houve diferença entre a maioria das temperaturas medidas nas diferentes superfícies avaliadas (vegetação, cerâmica e fibrocimento) e a temperatura do ar. A média encontrada para a temperatura da vegetação foi de 16,44°C, sendo a menor média encontrada entre todas as coberturas avaliadas. A cobertura de telha cerâmica apresentou a maior média de temperatura (21,17°C). A temperatura média do ar foi de 17,57°C, sendo inferior à temperatura média encontrada para a cerâmica e fibrocimento (20,47°C), porém superior à temperatura média da vegetação.

Nº	Data	Tempo (h)	Vegetação (°C)	C.V. (Veg.)	Cerâmica (°C)	C.V. (Cer.)	Fibrocimento (°C)	C.V. (Fibr.)	Ar (°C)	C.V. (Ar)
1	26/07/2015	05:52	37	1,33	34,5	3,01	34,9	4,30	34,5	3,70
2	26/07/2015	11:58:01	35,3	1,07	35,8	4,08	35,5	3,74	35,3	1,99
3	26/07/2015	17:58:15	35,50	1,08	33,40	3,88	33,70	3,00	35	2,08
4	26/07/2015	05:58:08	34,50	2,10	33,30	8,54	33,80	5,93	33,3	3,75
5	26/07/2015	11:58:57	34,50	1,82	30,50	0,70	31,40	0,70	34,6	4,58
6	26/07/2015	17:58:51	36,50	0,08	34,30	5,01	34,60	4,42	36,2	1,43
7	26/07/2015	05:54:44	34,7	1,83	31,8	8,29	30,8	7,44	33,1	3,93
8	26/07/2015	11:58:33	35,8	2,48	31,8	0,32	32,4	2,97	30,4	8,30
9	26/07/2015	17:58:27	36,1	0,52	35,4	4,30	36	3,57	36,5	1,70
10	27/07/2015	05:52:00	34,5	1,82	30	8,14	30,7	7,38	33,1	3,93
11	27/07/2015	11:58:09	35,6	2,67	29,8	1,92	29,1	3,49	31	5,77
12	27/07/2015	17:58:03	36,4	0,04	36,3	3,55	37,2	2,48	30,3	2,40
13	28/07/2015	05:54:56	34,9	1,45	31	8,87	31,8	8,04	34,5	2,87
14	28/07/2015	11:58:45	33,1	3,14	28,8	3,58	27,5	5,30	30,1	8,58
15	28/07/2015	17:58:39	36,3	0,13	37,5	2,87	37,8	3,01	31,7	3,83
16	29/07/2015	05:54:32	35	1,35	30,4	7,83	31,3	8,91	32,3	2,08
17	29/07/2015	11:58:21	33,8	2,48	30,7	3,41	30,5	7,58	33,1	3,93
18	29/07/2015	17:58:13	37	0,53	30	0,85	30	0,35	33,0	4,95
19	30/07/2015	05:54:08	35,9	0,81	31,2	7,27	32,1	8,31	36,6	0,85
20	30/07/2015	11:58:57	34,8	1,82	27,1	11,80	30,8	7,79	31	5,77
21	30/07/2015	17:58:51	37,8	1,08	39,7	3,07	39,8	0,85	35,7	3,38
22	31/07/2015	05:54:44	36,8	0,14	35	8,38	36,2	2,48	34,6	1,73
23	31/07/2015	11:58:33	34,7	1,83	41,5	14,80	31,8	8,54	30	8,85
24	31/07/2015	17:58:27	37,8	1,08	32,2	0,75	32,2	1,31	34,8	6,35
25	01/08/2015	05:52:00	37,3	0,81	34,4	4,92	35,4	3,82	30	2,14
26	01/08/2015	11:58:09	36,1	0,92	43,8	18,35	33,8	9,90	34,8	2,43
27	01/08/2015	17:58:03	38,7	2,12	32,4	0,90	32,4	1,48	25,8	7,23
28	02/08/2015	05:54:56	37,7	1,18	33,9	3,50	35,1	4,03	36,2	0,53
29	02/08/2015	11:58:45	35	0,41	27,9	13,30	29,7	8,38	34,1	3,05
30	02/08/2015	17:58:39	38,5	1,93	31,7	0,39	32	1,18	23,9	5,58
31	03/08/2015	05:52:00	37,7	1,18	35,1	4,42	36,1	3,29	36,3	0,84
32	03/08/2015	11:58:01	36,6	0,15	39,5	13,38	31,9	6,62	37,5	0,08
33	03/08/2015	17:58:15	39,2	2,59	29,8	1,77	29,8	1,81	26,1	7,49
34	04/08/2015	05:54:08	38	1,48	35,8	4,08	35,8	3,52	30	2,14
35	04/08/2015	11:58:07	37,1	0,82	33,1	9,70	33,4	9,73	36,4	1,03
36	04/08/2015	17:58:51	39,9	3,25	34,5	2,28	35,2	2,08	26,9	8,20
37	05/08/2015	05:54:44	38,9	2,31	36,7	3,28	36,9	3,89	37,4	0,15
38	05/08/2015	11:58:33	37,9	1,37	25,2	2,94	25,4	3,72	25,9	1,47
39	05/08/2015	17:58:27	39,5	2,67	29,1	1,41	29,5	1,53	25,3	6,79
40	06/08/2015	05:52:00	38,1	1,58	35,1	4,42	35	4,12	36,7	0,99
41	06/08/2015	11:58:09	36,9	0,43	31,5	7,43	32,8	9,15	35,7	1,84
42	06/08/2015	17:58:03	39,3	2,68	29,3	1,58	29,7	1,88	26,3	7,87
		Média	36,44	1,42	31,17	5,37	30,47	4,54	37,37	3,58

Tabela 01: Amostragem dos valores das temperaturas superficiais e do ar: três valores diários. Onde:

- C.V. (veg.) = Coeficiente de Variação das temperaturas da vegetação
- C.V. (cer.) = Coeficiente de Variação das temperaturas da telha cerâmica
- C.V. (ar) = Coeficiente de Variação das temperaturas do ar
- C.V. (fibr.) = Coeficiente de Variação das temperaturas da telha fibrocimento

Fonte: Autores (2016).

A medida dos Coeficientes de Variação (C.V.) encontrados para a vegetação foi de 1,42. O baixo valor de C.V. para essa variável indica que não houve oscilações discrepantes entre as temperaturas diárias em relação à sua média.

Essa constatação no comportamento das temperaturas da vegetação pode estar relacionada com a inércia térmica característica desse tipo de cobertura (substrato e vegetação) (ALEXANDRI e JONES, 2006; BASS et al., 2002). A mesma constatação não foi observada para as demais médias de coeficientes de variação.

O C.V. médio (5,37) encontrado para as telhas cerâmicas e para as telhas de fibrocimento (4,54) atestam a existência de valores discrepantes de temperatura, o que pode estar relacionado com as características térmicas desses materiais. O C.V. médio do ar (3,58) indicou haver oscilações das temperaturas em função das condições climáticas e tais valores foram utilizados na Tabela 01 com

o objetivo de compará-los aos valores das temperaturas medidas nas demais coberturas avaliadas. As temperaturas do ar foram tomadas a 3,6 km lineares do local do experimento, na estação meteorológica do INMET, na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A Tabela 02 apresenta os resultados do teste t de Student para averiguar a existência da diferença estatística entre as temperaturas superficiais de todas as coberturas avaliadas e para a temperatura do ar. Ao serem confrontadas as temperaturas entre ar e vegetação (valor-p = 0,1691) e entre telhas cerâmicas e telhas de fibrocimento (valor-p = 0,6992), o teste acusou não haver diferença estatística com nível de 5% de significância ($p > 0,05$) entre as médias de temperaturas confrontadas.

A respeito das diferenças entre as médias de temperatura dos materiais avaliados, o teste de t de Student indicou não haver diferença estatística significativa a nível

de 5% entre as médias encontradas para as telhas cerâmicas e as telhas de fibrocimento (valor-p = 0,95), porém houve diferença estatística significativa entre as médias de temperatura quando se avaliou a cobertura verde com as demais coberturas (vegetação x fibrocimento – valor-p = 0,000000010; vegetação x cerâmica – valor-p = 0,000000955).

Contudo, o teste t de Student demonstrou haver diferença estatística significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$) quando foram confrontadas as médias de temperaturas do ar e da cerâmica (valor-p = 0,0303), ar e fibrocimento (valor-p = 0,0330, cerâmica e vegetação (valor-p = 0,0023) e fibrocimento e vegetação (valor-p = 0,0009).

Temperaturas (°C)	Valor-p	Médias de tratamento (°C)	Médias de tratamento (°C)
Ar x Veg.	0,1691	Ar=17,57 b	Veg.=16,44 b
Ar x Cer.	0,0303	Ar=17,57 b	Cer.= 21,17 a
Ar x Fibr.	0,0330	Ar=17,57 b	Fibr.= 20,47 a
Cer. x Fibr.	0,6992	Cer.=21,17 a	Fibr.= 20,47 a
Cer. x Veg.	0,0023	Cer.=21,17 a	Veg.=16,44 b
Fibr. x Veg.	0,0009	Fibr.=20,47 a	Veg.=16,44 b

Tabela 02: Teste t de Student para comparação das médias de temperaturas. Onde:
 Ar x Veg. = temperaturas do ar versus temperaturas da vegetação
 Ar x Cer. = temperaturas do ar versus temperaturas da cerâmica
 Ar x Fibr. = temperaturas do ar versus temperaturas do fibrocimento
 Cer. x Fibr. = temperaturas da cerâmica versus temperaturas do fibrocimento
 Cer. x Veg. = temperaturas da cerâmica versus temperaturas da vegetação
 Fibr. x Veg. = temperaturas do fibrocimento versus temperaturas da vegetação
 Valor-p = probabilidade de diferenças entre os grupos analisados
 Obs: as médias seguidas com letras iguais não apresentam diferenças estatísticas ao nível de 5% de significância pelo teste de t de Student ($p < 0,05$)
Fonte: Autores (2016).

Foram calculadas as amplitudes térmicas diárias para os três materiais estudados e para o ar. Observou-se que a telha cerâmica foi o material cuja temperatura superficial mais variou entre a máxima e a mínima, apresentando uma amplitude térmica de 33,90°C (31/07/15), seguida pelo telhado de fibrocimento, com uma diferença de 25,80°C (04/08/15). Dentre os três materiais estudados, a cobertura verde apresentou a menor amplitude térmica, 4,30°C (30/07/15), inclusive sendo menor que a variação do ar, a qual foi de 14,80°C (31/07/15).

4. ANÁLISES

O resultado obtido para as amplitudes térmicas pode representar um elemento importante na escolha dos materiais de cobertura, pois um material que apresenta uma grande amplitude de temperatura pode significar uma

maior quantidade de energia térmica liberada para o ambiente. Isso torna-se relevante uma vez que a cobertura é um dos principais elementos de proteção passiva de uma edificação, pois desempenha um papel importante na eficiência energética (CTCV, 2012), e também porque projetos de edificações bem definidos precisam empregar conhecimentos sobre as propriedades térmicas dos elementos que serão utilizados como revestimento ou fechamento das edificações (MORAES et al. 1999).

De acordo com Bueno (1994), telhas permeáveis (cerâmicas) apresentam uma temperatura superficial maior no período noturno e durante o dia esse material apresenta temperaturas superficiais mais baixas que telhas impermeáveis (fibrocimento). Esse desempenho térmico diverge do encontrado no experimento deste estudo, pois observou-se que geralmente durante à noite as temperaturas superficiais das telhas cerâmicas foram inferiores às encontradas para as telhas de fibrocimento. Durante o dia o material cerâmico, em geral, apresentou temperaturas muito próximas às do fibrocimento, o que na média não representou diferença estatística significativa. Porém, em alguns horários, verificou-se que algumas temperaturas auferidas para o material cerâmico excederam às do material fibrocimento em até 10°C.

O desempenho térmico apresentado pelas telhas cerâmicas nesta pesquisa não condiz com o relatado por Ferreira e Prado (2003). Os autores reportam que o material cerâmico, em função de suas características físicas, pode atingir temperaturas superficiais mais baixas que a temperatura do ar. Enfatizam que os ganhos de temperatura superficial dos materiais de cobertura estão relacionados com o albedo e a emissividade de cada material, por isso quanto mais próxima da temperatura do ar estiver à temperatura do material de cobertura, menor será a transmissão de calor por convecção da cobertura para o ar e, por radiação de onda longa, para o entorno das edificações. Sendo assim, a cerâmica foi a que apresentou a maior diferença de valores para a temperatura máxima com relação ao ar (18,40°C), seguida da cobertura de fibrocimento (11,80°C) e por último a vegetação (6,50°C).

O fato do material cerâmico ter apresentado temperaturas superficiais próximas às do fibrocimento pode ter tido como um dos principais fatores de alterações ocorridas no material cerâmico em função do seu tempo de uso (as telhas cerâmicas utilizadas nesta pesquisa têm aproximadamente 24 anos). O envelhecimento pode ter influenciado as trocas de calor entre o material e o meio fazendo com que o material cerâmico ficasse mais aquecido. De acordo com Ferreira e Prado (2003), o desempenho

térmico dos materiais pode ser caracterizado pela temperatura superficial que podem atingir em função de características como albedo (ou refletância) e pela sua emissividade. Conforme pesquisado por aqueles autores, o albedo de telhas cerâmicas pode chegar a 78,8% e o de telhas de fibrocimento a 40,87% para a região do espectro eletromagnético que corresponde ao infravermelho. Tal índice de refletância foi responsável pelo menor aquecimento de telhas cerâmicas em relação às de fibrocimento em suas pesquisas. O contrário, contudo, foi observado nos resultados do experimento do presente estudo, no qual as temperaturas superficiais da cerâmica foram próximas às temperaturas do fibrocimento, sendo que alterações físico químicas (SLEIMAN et al., 2014) também podem ter ocorrido no material cerâmico fazendo com que provavelmente sua capacidade de refletância tenha diminuído e sua absorbância tenha sido intensificada pelo escurecimento da superfície cerâmica em função de seu envelhecimento.

Tal observação pode ser fundamentada através dos relatos de Berdahl et al. (2006), os quais reportam que materiais expostos sofrem ação das intempéries como umidade, ciclos diurnos de temperatura e ação da radiação ultravioleta e que materiais de coberturas podem levar vários anos para chegar à estabilização do coeficiente de reflexão, influenciado pela variabilidade sazonal da precipitação, pela deposição de poeira, e pela poluição do ar, bem como por alterações físicas e químicas dos materiais expostos. A interferência da radiação UV, na qualidade física dos materiais de cobertura, também foi observada experimentalmente por Ferreira e Prado (2003), os quais observaram uma baixa refletância para as telhas em cerâmica para o comprimento de onda entre 290-380 nm, indicando uma susceptibilidade à degradação dos materiais, a este tipo de radiação UV. Embora tais índices não tenham sido avaliados nesta pesquisa, acredita-se que a utilização de telhas cerâmicas “usadas” no experimento configurem o principal fator para que o seu comportamento térmico tenha sido similar ao das telhas em fibrocimento.

Pesquisas nacionais e internacionais têm destacado a relevância do envelhecimento e da sujeira superficial no desempenho da refletância dos materiais de cobertura. Marques et al. (2013) registraram as temperaturas superficiais de telhas cerâmicas novas e envelhecidas sendo que para a aquisição das temperaturas superficiais utilizaram termopares tipo T (Cobre-Constantan) e equipamento do fabricante Campbell Cientific, modelo CR 1000. Nessa pesquisa, a telha cerâmica envelhecida registrou uma

temperatura superficial 6,2°C acima da telha nova, não obstante ambas fossem compostas de idêntico material. O desgaste da telha envelhecida, junto com a presença de fuligem e fungos que acabou por escurecer a sua superfície, influenciou no comportamento do fluxo de calor aumentando sua temperatura superficial em relação à telha nova. Também é possível registrar as pesquisas desenvolvidas por Levinson et al. (2005), Berdahl et al. (2006), Suehrcke et al. (2008) e Silveira et al. (2012).

Já o trabalho conduzido por um grupo de pesquisadores dos Estados Unidos, França, Itália e Canadá (SLEIMAN et al., 2014; SLEIMAN et al., 2015), destaca o tema envelhecimento e sujeira das coberturas e sua influência na refletividade dessas superfícies. Esse grupo salienta que a alta refletividade das coberturas pode diminuir a energia para resfriamento do edifício, ajuda na mitigação dos efeitos das ICUs e do aquecimento global. Contudo, registram que esses benefícios diminuem pela ação de sujeira e pelas condições climáticas a que estão expostas as coberturas. O grupo desenvolveu um método de aceleração de envelhecimento, no qual incorpora características de sujeiras e de condições climáticas afim de simular, em três dias, o desempenho de coberturas que seriam avaliadas comumente ao longo de três anos, no que tange às suas características de refletividade. As amostras de materiais foram submetidas à mistura de componentes químicos como minerais em pó, ácidos orgânicos e sais, além de ciclos de radiação ultravioleta, calor e água. Um grupo de nove laboratórios internacionais reproduziu a experiência afim de estabelecer protocolos de precisão e de repetição, utilizando doze produtos representativos de coberturas, tais como telhas de barro, de concreto, de asfalto e metálicas. Os resultados do conjunto de laboratórios atestaram que os procedimentos propostos podem ser utilizados e replicados com precisão aceitável, dando suporte às práticas de projeção de envelhecimento afim de acelerar a avaliação e o desempenho de coberturas refletivas. Sendo assim, os resultados obtidos para a temperatura superficial da telha cerâmica na presente pesquisa podem apontar para a mesma direção de vários estudos realizados ao redor do mundo.

Os resultados apontaram que no período noturno a cobertura verde manteve sua temperatura superficial mais estável se comparada às outras duas, sendo que as demais perderam calor mais rapidamente para o ambiente. No período diurno os telhados de comparação aqueceram mais rapidamente que a CVe. Esta, por sua vez, manteve sua temperatura superficial mais próxima da temperatura do ar tanto no período noturno quanto

no período diurno. Tais resultados corroboram os encontrados por Scherba et al. (2011), segundo os quais as CVes contribuem de forma significativa no período noturno, no qual a intensidade das ICUs é mais intensa.

Alguns autores citam a refletância da vegetação como sendo menor que a da telha cerâmica (30% e 78,8%, respectivamente (FERREIRA e PRADO, 2003; ALEXANDRI e JONES, 2006), o que poderia sugerir menores valores de temperatura superficial nas telhas cerâmicas. Contudo, itens como o sombreamento e cor das plantas, a umidade da evapotranspiração e a composição do substrato são fatores que muito provavelmente interferiram no desempenho da temperatura superficial da vegetação, tornando-a a temperatura mais próxima da temperatura do ar. No experimento da presente pesquisa e considerando todo o período analisado, a temperatura superficial média da cobertura verde foi de 16,44°C, menor inclusive que a do próprio ar (17,57°C), não obstante estatisticamente não haver diferenças consideráveis entre esses dois valores.

Embora a presença de água na CVe através da evapotranspiração e do seu substrato possam sugerir que essa técnica seja mais interessante em cidades quentes e secas e não em cidades como Curitiba – com clima subtropical úmido mesotérmico sem estações secas e por ser a capital mais fria do Brasil (INMET, 2016) – salienta-se que os fatores como as altas taxas de impermeabilização dos centros urbanos e o calor antropogênico são comuns a praticamente todos os centros urbanos, independente do clima e, portanto, sujeitos aos efeitos das ICUs. Alexandri e Jones (2006), através de simulações computacionais, relatam que ainda em cidades úmidas como Hong Kong as CVes apresentam ganhos ambientais.

O maior pico de temperatura da CVe foi de 19,90°C obtido aproximadamente às 18h, enquanto os maiores picos das coberturas cerâmica e de fibrocimento foram 44,80°C e 38,20° respectivamente, obtidos próximos às 14h. Conforme relatado por Ahrens (1993) e Roriz (2008), há um balanço positivo de energia de 2 a 4 horas a mais além do meio-dia, o que se comprovou nas coberturas cerâmica e de fibrocimento. Contudo, para a CVe observou-se um retardo no ganho de energia solar, pois o maior pico aconteceu cerca de 8h após o horário de maior incidência de radiação solar. Em pesquisa de Saiz et al. (2006), na qual se compara a conservação de energia de telhados reflexivos e CVes através de projeções computacionais, demonstrou-se que o pico de temperatura superficial da cobertura verde foi aproximadamente 7°C mais baixa do que a de um telhado branco. Embora no experimento desta dissertação não tenha sido feita a comparação

com um telhado branco, cabe ressaltar que o maior pico de temperatura superficial da CVe foi 24,9° inferior ao da cerâmica e 18,3°C inferior à cobertura de fibrocimento.

Como visto nos resultados anteriormente apresentados, as coberturas cerâmica e de fibrocimento foram as que mais aqueceram durante o dia e as que mais rapidamente perderam calor à noite, o que converge com o relatado por Roriz (2008), segundo o qual quanto mais alta for a temperatura superficial, maiores serão as taxas de perdas de calor. Já a CVe manteve mais estáveis suas temperaturas superficiais, tanto de dia quanto à noite, o que condiz com autores como Lopes (2007), Susca et al. (2011) e Berardi et al. (2013), segundo os quais a resistência térmica da CVe é um fator de amenização de sua temperatura superficial.

Dos resultados do experimento deste estudo, salienta-se aquele obtido para o desempenho da cobertura cerâmica, atestando o que vários estudos comprovam sobre a alteração dos índices de refletância dos materiais ao longo de sua vida útil (LEVINSON et al., 2005; SUEHRCKE et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; MARQUES et al., 2013; SLEIMAN et al., 2015). Dessa forma, faz-se um contraponto às características das CVes, tendo em vista que estas, por suas características técnicas, têm maior capacidade de armazenamento térmico e pouco diminuem seu índice de refletância ao longo dos anos, como as demais coberturas, podendo-se, dessa forma, serem mais eficientes na mitigação dos efeitos das ICUs. Também como resultado é possível inferir que não basta a instalação de materiais frescos ou materiais de alta refletância se não houver a sua manutenção periódica para manter eficiente os seus índices de refletância.

Não se descarta a hipótese de ter havido uma possível interferência no desempenho da temperatura superficial dos três materiais avaliados em virtude da proximidade entre eles. A disposição entre os protótipos de cerâmica e de fibrocimento pode ter sido um fator que influenciou em seus comportamentos térmicos. Embora não tenha sido possível confirmar experimentalmente, existe a possibilidade do material fibrocimento ter contribuído, através de algum dos processos de transferência de calor, com a variação das temperaturas medidas no material cerâmico, permitindo que este apresentasse comportamento térmico próximo ao do material de fibrocimento e picos de temperatura maiores em determinados períodos. Porém, tal hipótese de influência precisa ser vista com cautela, pois os dois protótipos de cobertura estavam próximos, mas não em total contato direto, o que demandaria estudos mais específicos para a confirmação da interação

térmica desses dois materiais. Também a estrutura revestida de alumínio utilizada para proteger os termopares pode ter representado uma barreira desfavorecendo a influência de um material no outro na coleta dos dados de temperatura. Já a influência da CVE no comportamento térmico dos materiais fibrocimento e cerâmico pode ter sido mais efetiva, pois em vários trabalhos técnicos relatam-se que a presença da vegetação contribui para amenização das temperaturas em centros urbanos (BASS et al., 2002; ALEXANDRI e JONES, 2006). Sendo assim, baseando-se na premissa do desempenho térmico da CVE nos centros urbanos, é possível inferir que houve influência da vegetação na atenuação da temperatura do entorno tendo-se em vista inclusive sua maior área ocupada no experimento. Contudo, a magnitude dessa influência não foi mensurada no experimento e novos estudos poderiam confirmar essa possibilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos materiais das coberturas estudadas foi possível observar o desempenho de uma das variáveis do comportamento térmico dos materiais de cobertura, ou seja, a temperatura superficial. Constatou-se através da medição dessa variável como os materiais recebem a radiação direta e indireta do sol durante o dia, armazenam o calor e à noite o liberam, sobreaquecendo o ambiente urbano, em relação às zonas suburbanas ou rurais. Tal desempenho ocorreu nos três telhados e de forma mais acentuada nas telhas cerâmica e de fibrocimento e menos acentuada na cobertura verde.

Sendo assim, dentre os diferentes tipos de coberturas avaliados, a cobertura verde foi a que apresentou o melhor desempenho térmico no quesito temperatura superficial. Suas temperaturas superficiais foram as mais baixas e mais estáveis do experimento, portanto seria a mais indicada para a mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbano.

A cobertura verde apresentou uma inércia térmica maior que as outras duas coberturas, confirmando uma de suas mais relevantes qualidades, ou seja, a sua capacidade de ter menos oscilações entre os ganhos e as perdas de calor, favorecendo a economia de energia do edifício, tanto para seu resfriamento quanto para seu aquecimento, além de contribuir para a estabilidade da temperatura na mesoescala e no microclima do entorno do edifício e, conseqüentemente, da cidade.

A utilização de telhas cerâmicas usadas, com características superficiais como escurecimento do material,

aparecimento de manchas causadas por poluição atmosférica e fungos e a porosidade acentuada pelo envelhecimento, possivelmente contribuiu para elevar a temperatura superficial desses materiais diminuindo suas qualidades térmicas e assemelhando-se ao fibrocimento.

A cobertura cerâmica apresentou uma temperatura superficial não compatível com as características térmicas de um material poroso, comumente descritas na literatura técnica. Foi o material que teve as maiores amplitudes térmicas diárias, seguido pelas telhas de fibrocimento. Esses dois materiais estatisticamente não apresentaram diferenças em suas temperaturas superficiais. Com base nos resultados apresentados nesta pesquisa, para a atenuação dos efeitos das ilhas de calor urbano não seriam os materiais mais indicados, se comparados às coberturas verdes.

Ao se avaliar o desempenho da temperatura superficial de três materiais de coberturas – telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento e coberturas verdes – constatou-se, tecnicamente, que estas últimas podem contribuir para a mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbano.

REFERÊNCIAS

AKBARI, H. **Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation**. 2005. Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/860475-UIH-WIq/860475.PDF>>. Acesso em: 30/12/2015.

ALEXANDRI, E.; JONES, P. **Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates**. *Building and Environment*, v. 43, p. 480-493, 2006.

ALMEIDA, M. A. M. **Coberturas naturadas e qualidade ambiental: uma contribuição em clima tropical úmido**. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, UFRJ, FAU, PROARQ, 2008.

AHRENS, A.D. **Essentials of Meteorology: an invitation to the atmosphere**. New York: West Publishing Company, 1993.

BASS, B.; KRAYENHOFF, S.; MARTILLI, A.; STULL, R. **Mitigating the Urban Heat Island with Green Roof Infrastructure**. Toronto: Adaptation & Impacts Research Group, Environment Canada at the University of Toronto, Institute for Environmental Studies, 2002.

BERARDI, U.; GHAFARIANHOSEINI, A.H.; GHAFARIANHOSEINI, A. **State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs**. Applied Energy, v.115, p. 411-428, 2013.

BERDAHL, P.; AKBARI, H.; LEVINSON, R.; MILLER, A.W. **Weathering of roofing materials – an overview**. Construction and Building Materials, v. 22. p. 423-433, 2006.

BUENO, A.D. **Transferência de Calor e Umidade em Telhas: Simulação e Análise Experimental**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; GÓIS, J.A. **Eficiência Energética em um Escritório Modelo Sustentável: O Caso do Escritório Verde da UTFPR**. In: Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 3., Recife. Anais... Recife, Brasil, 2011.

CASAGRANDE JUNIOR, E. F. **Projeto arquitetônico do Escritório Verde**. Curitiba: UTFPR, 2015. Projeto e informações repassadas aos Autores.

CATUZZO, H. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar**. O caso da Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CENTRO TECNOLÓGICO DA CERÂMICA E DO VIDRO (CTCV). **Estudo do comportamento térmico das coberturas com telhas cerâmicas**. Coimbra: Portugal, 2012.

COSTANZO, V; EVOLO, G.; MARLETTA, L. **Energy savings in buildings or UHI mitigation: Comparison between green roofs and cool roofs**. Energy and Buildings, v.114, p. 247-255, 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of strategies**. Urban Heat Island Basics. 2014. Disponível em: <<http://www.epa.gov/heatisd/resources/compendium>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

FERREIRA, F. L.; PRADO, R. T. A. **Mediação do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados nas coberturas de edifícios no Brasil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC/351.12.p. São Paulo: USP, 2003.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Temperaturas**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 22/02/2016.

KOSAREO, L.; RIES, R. **Comparative environmental life cycle assessment of green roofs**. Building and Environment, v.42, p. 2606-2613, 2006.

LEVINSON, R.; AKBARI, H.; KONOPACKI, S.; BRETZ, S. **Inclusion of cool roofs in nonresidential Title 24 prescriptive requirements**. Energy Policy, v. 33, p. 151-170, 2005.

LOPES, D. A. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos - SP, 2007.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2.ed. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981.

MAGALHÃES, M. V.; CINTRA, A. P. de U. **Dinâmica Demográfica do Paraná: tendências recentes, perspectivas e desafios**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n.122, p.263-291, jan./jun. 2012.

MARQUES, J.I.; LOPES NETO, J.P.; CUNHA, G.C.A. **Análise termo-infravermelha de diferentes telhas para construções rurais**. Revista Educação Agrícola Superior, v.28, n.2, p.96-101, 2013.

MORAES, S.R.P.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R. **Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento-amianto e suas diferentes associações**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.1, p.89-92, 1999.

NASCIMENTO, W. C. Coberturas verdes no contexto da **Região Metropolitana de Curitiba – barreiras e potencialidades**. Dissertação de Mestrado, Curitiba, UFPR, PPGCC, 2008.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C.; KUHN, M. E. BASS, B. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada**. Peck and Associates. Canada Mortgage and Housing Corporation, Canada, 1999.

PEREIRA, C. D. **Influência da refletância e da emitância de superfícies externas no desempenho térmico de edificações**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

RORIZ, M. **Estimativas de valores horários de temperaturas e umidades do ar em função de normais climatológicas**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12., Fortaleza. Anais... Fortaleza: Entac, 2008.

SAIZ, S.; KENNEDY, C.; BASS, B.; PRESSNAIL, K. **Comparative life cycle assessment of standar and green roofs**. Environmental Science and Technology, v.40, p. 4312-4316, 2006.

SANTAMOURIS, M. **Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve confort in urban environments**. Solar Energy, v.103, p. 682-703, 2014.

SAVI, A.C. **Descrição da execução da cobertura verde no Escritório Verde da UTFPR**. Curitiba: UTFPR, 2015. Relato aos Autores.

SCHERBA, A.; SAILOR, D.J.; ROSENSTIEL, T.N.; WAMSER, C.C. **Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment**. Building and Environment, v.46, p. 2542-2551, 2011.

SILVEIRA, R.; MARINOSKI, D.L.; LAMBERTS, R. **Avaliação da absortância à radiação solar e temperatura superficial de telhas de fibrocimento utilizadas nas coberturas de edificações do Campus da UFSC**. XIV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, ENTAC, Juiz de Fora, 2012.

SLEIMAN, M. et al. **Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part II: Development of an accelerated aging method for roofing materials**. Solar Energy Materials & Solar Cells, v.122, p. 271-281, 2014.

SLEIMAN, M. et al. **Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part III: Interlaboratory study of na accelerated aging method for roofing materials**. Solar Energy Materials & Solar Cells, v. 143, p. 581-590, 2015.

SUSCA, T.; GAFFIN, S.R.; DELL'OSSO, G.R. **Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs**. Environmental Pollution, v.159, p. 2119-2126, 2011.

SUEHRCKE, H.; PETERSON, E.L.; SELBY, N. **Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate**. Energy and Buildings, v. 40, p. 2224-2235, 2008.

TAHA, H.; AKBARI, H.; ROSENFELD, A.; HUANG, J. **Residential Cooling Loads and the Urban Heat Island – the Effects of Albedo**. Building and Environment, v.23, n. 4, p. 271-283, 1988.

TAKEBAYASHI, H; MORIYAMA, M. - **Solar Energy**, v. 83, p. 1211-1223, 2009.

AUTORES

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6448-2809>

MATEUS PEDRO SCROCCARO. | Universidade Federal do Paraná | Centro Politécnico | Engenharia da Construção Civil | Curitiba, PR. Brasil | Correspondência para: Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 - Caixa Postal: 19011 | E-mail: mateuspedro97@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-2456>

CRISTINA DE ARAUJO LIMA, DRA. | Universidade Federal do Paraná | Centro Politécnico | Engenharia da Construção Civil | Curitiba, PR. Brasil | Correspondência para: Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 - Caixa Postal: 19011 | E-mail: cristinadearaujolima@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6492-7911>

SÉRGIO FERNANDO TAVARES, DR. | Universidade Federal do Paraná | Centro Politécnico | Engenharia da Construção Civil | Curitiba, PR. Brasil | Correspondência para: Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 - Caixa Postal: 19011 | E-mail: sergioft22@yahoo.com.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SCROCCARO, Mateus Pedro; LIMA, Cristina de Araujo; TAVARES, Sérgio Fernando. Coberturas Verdes e Convencionais e a Mitigação das Ilhas de Calor Urbano. **MIX Sustentável, [S.I.], v. 4, n. 3, p. 107-119, abr-set. 2018.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n3.107-119>.

DATA DE ENVIO: 15/01/2018

DATA DE ACEITE: 03/08/2018
