

DESEMPENHO DO REVESTIMENTO ZINCADO EM TELHADO ECOLÓGICO¹

*André Tarcizo de Oliveira Vieira²
João Henrique Echternacht³
José Ricardo de Oliveira³
Lescy Romulo Braga Junior⁴*

Resumo

Programas de Conservação de Energia fazem uso de técnicas de isolamento de instalações para redução da temperatura interna. A utilização de cobertura vegetal em telhados é parte integrante da cultura de diferentes civilizações. Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do revestimento de telhas zincadas em contato direto com cobertura vegetal, sem uso de qualquer material impermeabilizante ou manta protetiva. Para o estudo foram construídos dois módulos em chapas zincadas. Um módulo foi utilizado como referência e o outro foi recoberto. A cobertura vegetal foi utilizada a gramínia conhecida como grama esmeralda (*Paspalum notatum*). Para monitoramento da eficiência da cobertura vegetal foi utilizado um sistema de medição de temperatura. Após o período de acompanhamento foram desmontadas as coberturas e analisada a espessura de revestimento de zinco. As observações no período indicam uma melhora no conforto térmico do módulo recoberto com a gramínea, comprovando a literatura existente sobre o assunto. As análises do revestimento de zinco indicaram que não houve desgaste perceptível, tornando a utilização de cobertura vegetal direta sobre telhas de chapa zincada uma alternativa economicamente viável.

Palavras chaves: Ecotelhado; Cobertura vegetal; Telha galvanizada.

ACTING OF THE COATING ZINC-COATED AT ECOLOGICAL ROOF

Abstract

Programs of Conservation of Energy make use of techniques of isolation of facilities for reduction of the temperature it interns. The use of vegetable covering in roofs is integral part of the culture of different civilizations. This work had for objective to evaluate the acting of the coating of tiles zinc-coated on direct contact with vegetable covering, without use of any material impermeable or protective blanket. For the study two modules were built with foils zinc-coated. A module was used as reference and the other was covered. The vegetable covering is composed of well-known gramínia as gram emerald (*Paspalum notatum*). For observation of the efficiency of the vegetable covering a system of temperature measuring was used. After the accompaniment period the coverings were dismantled and analyzed the thickness of coating of zinc. The observations at the period indicate an improvement at the thermal comfort of the module covered with the gramínea, checking the existent literature on the subject. The analyses of the coating of zinc indicated that there was not perceptible waste, turning the use of direct vegetable covering viable as an economical alternative.

Key words: Ecological roof; Vegetable cover; Galvanized shingle.

¹ *Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Coordenador de Projetos Especiais da CSN*

³ *MSc – Engenheiro Especialista da CSN*

⁴ *Supervisor de Distribuição de Utilidades da CSN*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Telhado Ecológico / Telhado verde / Ecotelhado

Na Babilônia os famosos jardins suspensos romperam séculos de história e até hoje são lembrados pelo seu esplendor. Muitos séculos se passaram e essa tendência volta a se espalhar por cidades mundo a fora na atualidade.

Também chamado de ecotelhado, este se caracteriza por ser um telhado vivo com plantas que podem ser desde as ornamentais até as de consumo alimentar. No Brasil o maior telhado verde é o da prefeitura da capital paulista. Essa biocobertura ajuda na preservação deste prédio público, traz um belo visual a quem o observa dos prédios vizinhos e também ameniza a temperatura trazendo equilíbrio térmico.

Na Alemanha um dos maiores telhados verdes é o do Aeroporto de Frankfurt que possui 45 mil metros quadrados de folhagem desde 1990. O telhado verde deste aeroporto ajuda a abafar o barulho dos aviões. Já na Basileia, Suíça este tipo de cobertura é obrigatório nos novos edifícios públicos e privados. Um dos maiores telhados verdes do mundo é o da *Ford Motor Company* nos Estados Unidos que possui 4,2 hectares de ervas-pinheiras.

Hoje na Europa em muitos países os telhados verdes se tornaram uma necessidade para se cumprir as exigências ambientais, estes podem ser visto desde os centros urbanos até em instalações nas fazendas.

O telhado ecológico é um telhado vivo que possui muitas vantagens que os telhados "comuns" não possuem. Entre suas vantagens estão: devolve o verde a áreas urbanas, proporcionando continuidade ao ecossistema; diminui as enchentes urbanas, porque o telhado vivo retém a água da chuva em seu substrato; age como um filtro, retendo as impurezas do ar urbano, tornando-o mais respirável; diminui o calor urbano, gerado pelo reflexo dos raios infravermelhos comuns em áreas asfaltadas e grandes massas de concreto.

Embora o custo inicial de um telhado vivo seja maior que o convencional, torna-se mais barato considerando as vantagens adicionais como melhor isolamento acústico e térmico do ambiente.

De manutenção extremamente simples, pois as plantas são perenes, não necessitando de rega ou poda. O telhado verde combate as ilhas de calor que se formam nas cidades grandes por causa da falta de áreas verdes e excesso de áreas com solo impermeabilizado devido ao uso de asfalto e concreto nas edificações. A regra da escala que vale para o problema das enchentes também vale para as ilhas de calor: um telhado verde não faz milagres, mas um conjunto de telhados-jardins pode ajudar a reduzir a temperatura em áreas densamente construídas. Podemos utilizar telhado verde num *shopping center*, numa universidade ou numa indústria.

1.2 Aços Galvanizados

A galvanização é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço contra a corrosão. A proteção do aço pelo revestimento de zinco se desenvolve por meio de dois mecanismos: proteção por barreira exercida pela camada de revestimento e proteção galvânica ou de sacrifício, que ocorre na exposição simultânea do par aço-zinco.

A CSN produz bobinas galvanizadas pelo processo de imersão a quente, em linhas contínuas, desde 1973 e esta capacitada a fornecer esse produto para mais severas aplicações, envolvendo todos os processos de fabricação e onde for exigido elevado



grau de conformabilidade, soldabilidade e também nos processos que envolvem pré e pós pintura.

O aço galvanizado da CSN, de acordo com suas características, podem ser classificados nos seguintes grupos:

- aços para uso geral;
- aços para estampagem;
- aços estruturais;
- aços de alta resistência e alta conformabilidade;
- aços *bake-hardening*;
- Galvanew®; e
- CSN galvalume .

Para o presente trabalho foi utilizado um aço estrutural de alta resistência mecânica, indicados principalmente para usos planos e aplicações que requeiram dobramentos simples, corrugados ou conformações leves, como silos, perfis estruturais para construção civil e estruturas de ônibus.

1.2.1 Ensaio de corrosão atmosférica

Para avaliação de resistência à corrosão, os aços galvanizados são submetidos a ensaios de corrosão atmosférica.

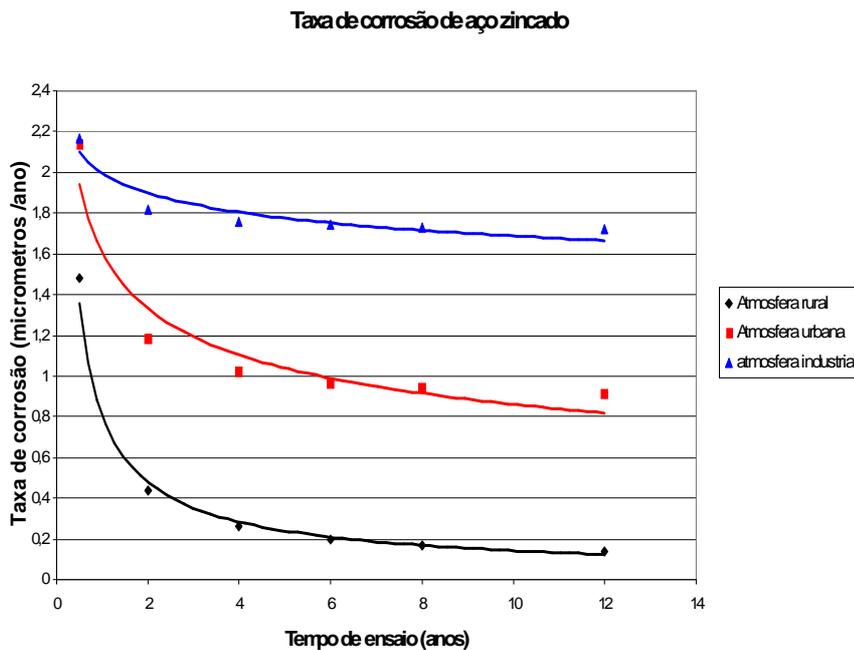


Figura 1- Taxa de corrosão de aços revestidos com zinco em função da agressividade do meio.⁽¹⁾

A Figura 1 apresenta o gráfico relativo ao ensaio de corrosão atmosférica dos aços zincados em 3 diferentes ambientes corrosivos, relacionando a taxa de corrosão em função do tempo em anos.

Conforme pode ser observado na Figura 1, verifica-se que a taxa de corrosão do zinco é dependente da agressividade do meio ao qual é exposto. Por exemplo, para os ambientes analisados nesta figura, a relação das taxas de corrosão entre as atmosferas industrial e rural é de aproximadamente 11 vezes, para tempos de ensaio de 4 anos a 12 anos. Os gráficos da Figura 1 e da Figura 2 são capazes de fornecer uma estimativa de vida útil para uma determinada atmosfera, em função da espessura ou massa do revestimento de zinco.

Vida útil da camada de zinco em relação ao meio ambiente

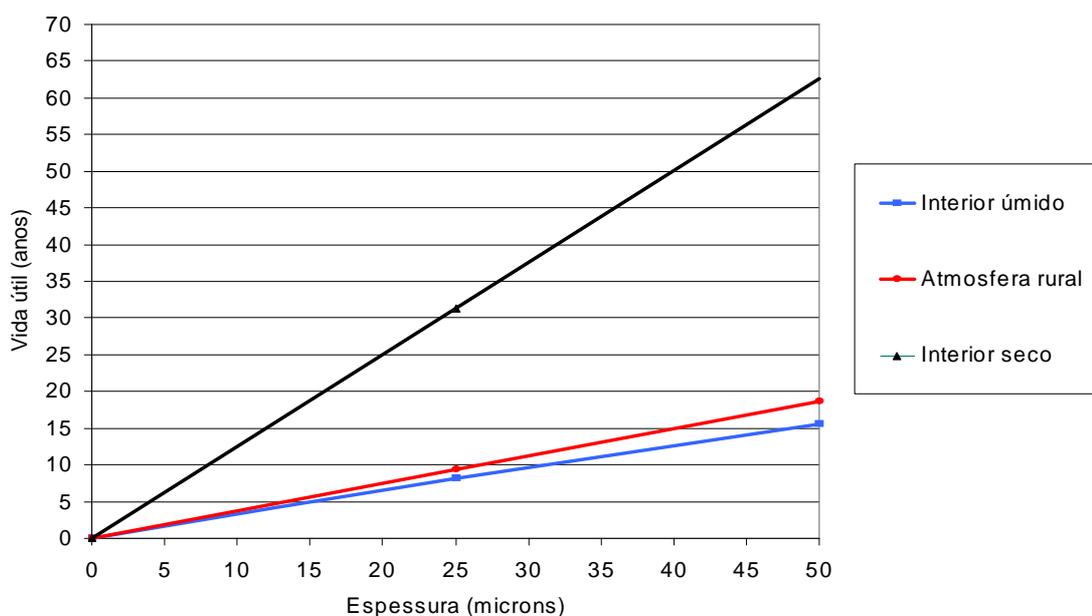


Figura 2: Gráfico relativo a vida útil de aços revestidos com zinco em função da agressividade do meio e espessura de revestimento.⁽¹⁾

A Tabela 1 apresenta a estimativa de vida útil de aço zincado Z275 utilizado no presente trabalho para várias situações, tomando-se como base as informações obtidas no trabalho de Panossian,⁽⁴⁾ o qual ainda utilizou outros trabalhos para obter informações sobre a relação da taxa de corrosão em ambiente interno e externo.^(2,3) Neste caso, tomando-se como base estudos realizados de corrosão de aços zincado para a construção civil, em virtude da variação nas taxas de corrosão observadas para os vários ambientes de edificações, a taxa de corrosão do lado interno das edificações (região abrigada/*indoor*) pode variar de 1/5 a 1/10⁽²⁾ daquela observada no lado externo (região não abrigada/*outdoor*). Alguns autores^(2,3) têm atribuído esta diferença ao fato de que, na condição não abrigada, os produtos de corrosão (de natureza protetora) formados sobre a superfície da chapa zincada, são constantemente lixiviados e expostos de forma mais direta aos agentes corrosivos, fazendo com que ocorra uma diminuição na resistência à corrosão. Com isso, a Tabela 1, foi elaborada considerando este fator de variação de vida útil com os dados fornecidos pelas fontes acima citadas.

A Tabela 1 apresenta a estimativa de vida útil de aço zincado (aço base + revestimento de zinco) com revestimento Z275 (20 μm), de forma generalizada, em algumas atmosferas em condições de exposição em ambiente interno a uma edificação.

Tabela 1 - Estimativa de Vida Útil - Situação de exposição em ambiente interno da edificação⁽⁴⁾

Tipo De Atmosfera	Espessura da chapa de aço (mm)	Relação Taxa Cor. Amb. Int./ Amb. Ext.*		Vida Útil do Aço Base (anos)	Vida Útil do revestimento de Zinco (anos)	Vida Útil Total (Aço Base + Revestimento) anos
		Min	1/5	0,5	24	24,5
Marinha	0,65	Max	1/10	1	48	49
		Min	1/5	15	61	76
Rural	0,65	Max	1/10	30	122	152
		Min	1/5	6	21	27
Industrial	0,65	Max	1/10	12	42	55
		Min	1/5	16	77	94
Urbana	0,65	Max	1/10	32	155	187

Na impossibilidade de se prever o comportamento do material zincado para cada uma das cidades brasileiras, adotou-se algumas cidades como referência para poder-se estimar a vida útil de outras regiões com características semelhantes. Nas Tabelas de 2 a 4 podem ser encontrados os dados ambientais utilizados como referência bem como a estimativa de vida útil para várias atmosferas.

1.2.2 Estimativa de vida útil para atmosfera marinha

Tabela 2 – Dados de Referência- Arraial do Cabo (RJ), Ubatuba (SP), Fortaleza (CE)⁽⁵⁾

Cidade	Dados Ambientais					Taxas de Corrosão	
	T (°C)	Umi.Rel (%)	Precip. (mm/ano)	SO ₂ (mg/m ² .d)	Cl ⁻ (mg/m ² .d)	Ferro $\mu\text{m}/\text{ano}$	Zinco $\mu\text{m}/\text{ano}$
Arraial do Cabo	24,5	78,0	820,0	6,6	235,1	400,7	2,9
Ubatuba	22,2	79,3	1682,7	2,56	113,2	444,3	2,2
Fortaleza	26,5	73,0	1601,0	insuficiente	> 300,0	107,9	5,8

1.2.3 Estimativa de vida útil para atmosfera rural

Tabela 3 – Dados de Referência- Caratinga (MG), Belém (PA), Brasília (DF), Porto Velho (RO)⁽⁵⁾

Cidades	Dados Ambientais					taxas de Corrosão	
	T (°C)	Umi.Rel (%)	Precip. (mm/ano)	SO ₂ (mg/m ² .d)	Cl ⁻ (mg/m ² .d)	Ferro $\mu\text{m}/\text{ano}$	Zinco $\mu\text{m}/\text{ano}$
Caratinga	21,2	74,7	1041,7	1,2	6,8	7,4	0,5
Belém	21,2	74,7	1041,7	1,2	Insuficiente	7,4	0,5
Brasília	20,4	68,3	1371,7	Insuficiente	"	5,0	0,8

1.2.4- Estimativa de Vida Útil para Atmosfera Industrial

Tabela 4 – Dados de Referência- Ipatinga (MG) e Cubatão (SP)⁽⁵⁾

Cidades	Dados Ambientais					Taxas de Corrosão	
	T (°C)	Umi.Rel (%)	Precip. (mm/ano)	SO ₂ (mg/m ² .d)	Cl ⁻ (mg/m ² .d)	Ferro $\mu\text{m}/\text{ano}$	Zinco $\mu\text{m}/\text{ano}$
Ipatinga	23,3	90,0	1311,7	23,3	7,3	30,9	0,7
Cubatão	22,8	74,0	976,0	53,8	7,6	78,9	0,9

Os resultados apresentados neste trabalho mostram a coerência existente entre as fontes citadas, onde podemos obter de uma forma generalizada o desempenho de aços zincados no que diz respeito a resistência à corrosão para aplicação na construção de edificações em condições de exposição direta ao ambiente corrosivo (parte externa das edificações) quanto em condições de exposição abrigadas (parte interna das edificações), condição esta semelhante as condições que são submetidas as estruturas de ônibus.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram construídas dois módulos metálicos com as dimensões 1,5x1,5x1,5 metro, utilizando-se aço galvanizado Z 275 , com 0,80 mm de espessura, fabricado na linha de galvanização número 2 da CSN.

A chapa galvanizada foi corrugada em forma de telhas em corrugadeira no interior da CSN.

Como cobertura viva foi utilizada a gramínea conhecida como grama esmeralda (*Paspalum notatum*) por ser resistente às intempéries de fácil manutenção. O substrato orgânico, aplicado no telhado, foi composto de uma camada de terra homogênea de cerca de 15 cm de espessura. A cobertura foi disposta diretamente sobre a estrutura metálica, sem uso de qualquer isolante ou impermeabilizante, necessariamente aplicados em coberturas de alvenaria.

Não foi utilizado sistema de drenagem, como geomanta, no experimento. A drenagem se deu naturalmente pelas canaletas da chapa corrugadas. O telhado foi disposto em ângulo de 20°, em relação ao solo, para garantir um bom escoamento de água, sem arraste de material orgânico ou substratos.

Para monitorar as temperaturas durante os ensaios, foi montado um sistema de medição de temperatura constituído por três termômetros digitais: sendo o primeiro medindo a temperatura ambiente, o segundo a temperatura no interior do módulo sem cobertura verde e o último medindo a temperatura no interior do módulo com a cobertura verde.

O estudo foi conduzido durante os meses de setembro de 2008 a março de 2009, fazendo-se leituras diárias em três horários diferente, sendo a primeira medida as 8 horas, a segundo as 12 horas e a terceira as 17 horas, assim abrangendo os horários e os meses mais quentes no ano.

Além do monitoramento da temperatura, foi também acompanhado o comportamento de adaptação da gramínea as condições ambientes, na ausência de qualquer manuseio ou manutenção.

Apos o intervalo considerado para as medições, o sistema foi desmontado e as telhas recolhidas para análise laboratoriais, onde foi avaliado o revestimento de zinco.

3 DESENVOLVIMENTO

Como descrito anteriormente, foram montados dois módulos com paredes e telhados de chapa zincadas (Figura 3). Ambos os módulos apresentavam as mesmas dimensões.



Figura 3 – Módulos montados.

Em um dos módulos o telhado foi coberto com cobertura vegetal, composto de gramínia conhecida popularmente como grama esmeralda (*Paspalum notatum*).

A escolha pela grama esmeralda se deve a sua resistência à ação dos raios solares e sua robustez, não necessitando de manutenções freqüentes. A cobertura vegetal foi aplicada diretamente na telha galvanizada (Figura 4), sem uso de qualquer isolante ou manta protetiva.



Figura 4 – Detalhe da cobertura verde aplicada à telha galvanizada.

Foi montado um sistema de medição de temperatura (Figura 5), onde foram acompanhadas simultaneamente as temperaturas do meio ambiente, do interior do módulo com cobertura vegetal e do interior do módulo sem cobertura vegetal.

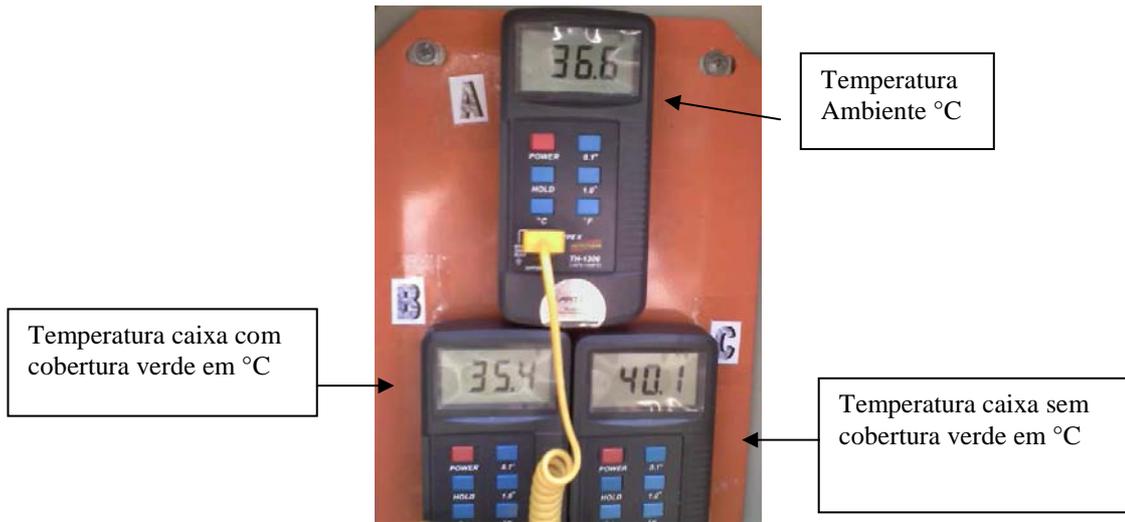


Figura 5 – Detalhe do sistema de medição de temperatura.

As medidas foram feitas no período de Setembro de 2008 a Março de 2009, abrangendo assim o período de verão na região sudeste, período onde as temperaturas atingem as maiores altas no ano. Na Figura 6 podem ser visto os valores de temperatura medidos ao longo do dia.

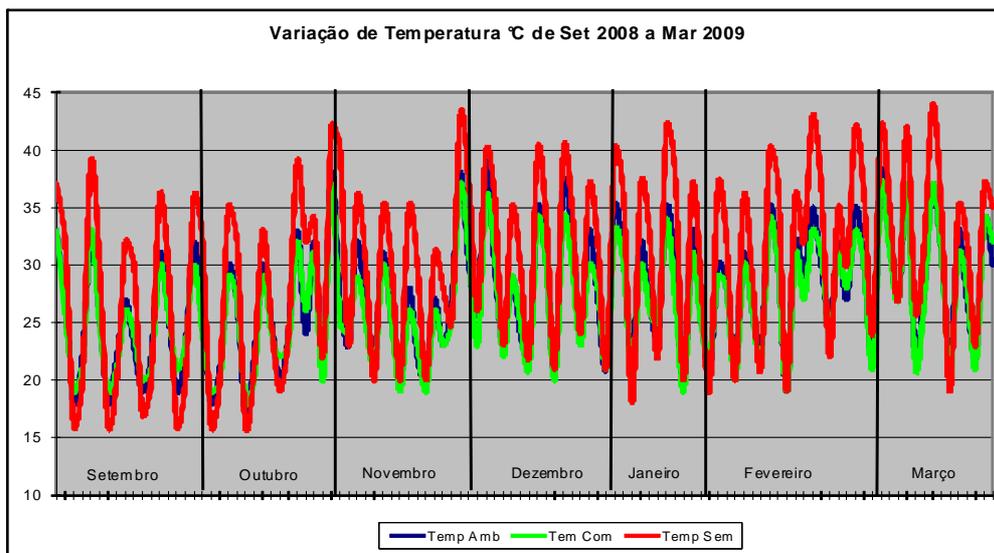


Figura 6 – Gráfico dos os valores de temperatura verificados no período.

4 CONCLUSÕES

Foi comprovado que há um efeito de amortecimento térmico no módulo com cobertura vegetal, onde a sua temperatura nunca toca os extremos de maior ou menor temperatura no período, quando comparado com a temperatura ambiente, e com o módulo sem cobertura vegetal.

Quando estratificamos os dados e obtemos os valores das médias das maiores temperaturas no período, este efeito é melhor observado (Figura 7), obtendo-se a diferença térmica aproximada de 5°C entre a temperatura do módulo com telhado vegetal em relação ao módulo sem cobertura vegetal.

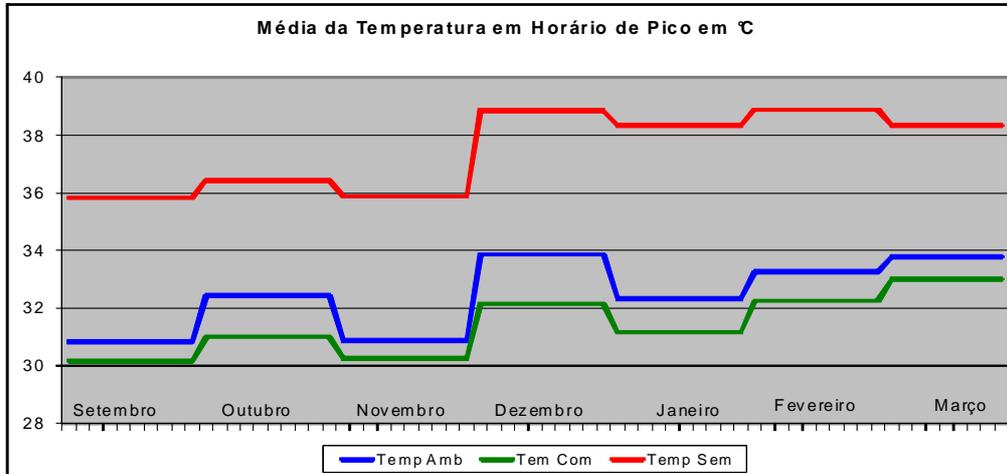


Figura 7 – Gráfico com os valores máximo de temperatura avaliada no período.

O efeito acima é esperado, visto que a cobertura vegetal evita o contato direto dos raios solares com a chapa metálica. Observamos também que a temperatura no interior do módulo com cobertura vegetal permaneceu, em média 1°C abaixo da temperatura ambiente. Após o período de avaliação, o sistema foi desmontado e avaliado as condições das telhas, feito análise no revestimento de zinco das telhas. Podemos ver na figura 08 que não houve variações significativas no revestimento de zinco na telha.

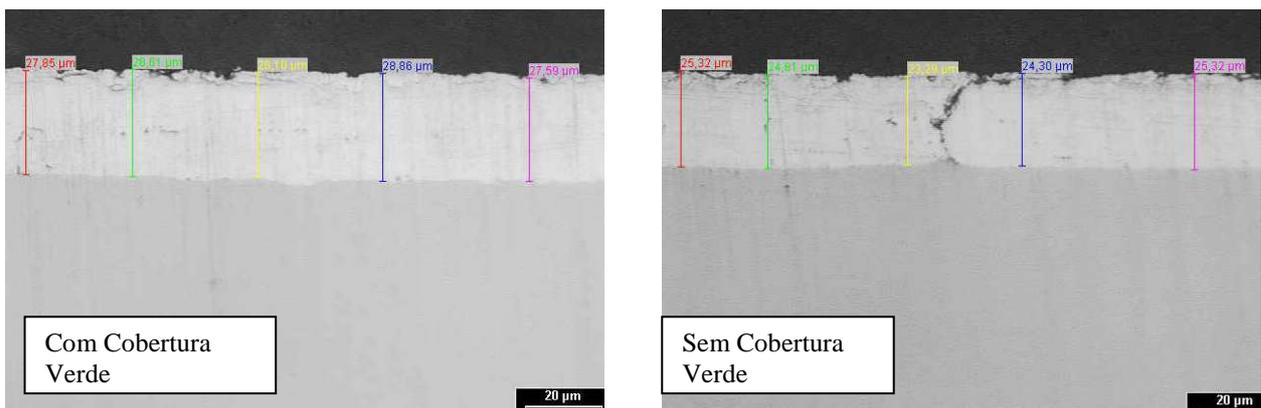


Figura 8 – Análise do perfil da camada de Zn nas telhas galvanizadas.

A cobertura vegetal promoveu um isolamento térmico no módulo, sendo de 1°C menor em comparação com a temperatura ambiente e 5°C menor em comparação a temperatura do módulo sem cobertura verde, vindo a promover um maior conforto térmico no interior de galpões que utilizem tal sistema.

Mesmo sem uso de manta protetiva, usualmente aplicada em coberturas vegetais, não houve ataque significativo da chapa zincada no período avaliado de sete meses.

A manutenção do telhado ecológico montado em base de telha zincada apresenta maior praticidade devido a facilidade de detecção de vazamento e troca das telhas, enquanto no caso dos telhados ecológicos tradicionais é necessário a retirada de todo sistema de cobertura viva para a detecção de vazamentos, o que onera bastante a manutenção.

REFERÊNCIAS

- 1 Ensaio de Corrosão Atmosférica em Aço Galvanizado CSN. Alberto Nei Carvalho Costa, Centro de Pesquisa da CSN , 2009 – Relatório Técnico.
- 2 TSUJIKAWA. S, Corrosion Evaluation for Zinc Coated Steel Sheet in Residential Housing, Graduate Scholl of Engineering, The University of Tokio, Tokio, Japan, Galvatech´98.
- 3 HONDA. Junji, Corrosion and Corrosion Prevention Technologies of Prefabricated House, Central Research Laboratory, Daiwa House Industry Co, Ltd. Nara City Japan, Galvatech´98.
- 4 PANASSIAN.Z, Corrosão e Proteção contra a Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas. IPT vol II p.430, São Paulo 1993.
- 5 MORCILLO.M, e outros, Corrosão e Proteção de Metais nas Atmosferas da Iberoamérica, Parte I – Mapas da Iberoamérica de Corrosividade atmosférica (Projeto MICAT, XV.1/CYTED), p 286, ano 1998.
- 6 [http: // ecobriefing.wordpress.com](http://ecobriefing.wordpress.com) , acessado em 20 de janeiro de 2010.