ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Efeito do substrato e número de demãos na medição de refletância solar de tintas

Effect of substrate and number of coats on solar reflectance measurement of inks

João Victor Brochier Gonçalves
UFSC | Florianópolis | Brasil | joao.brochiergoncalves@gmail.com
Deivis Luis Marinoski
UFSC | Florianópolis | Brasil | deivis.marinoski@ufsc.br
Saulo Guths
UFSC | Florianópolis | Brasil | Saulo.guths@gmail.com

Resumo

A refletância solar é uma propriedade que influencia o desempenho térmico das edificações. Neste trabalho foi avaliada a influência de quatro substratos e do número de demãos de tintas na refletância solar da superfície. Para realizar os ensaios foram selecionadas três tintas tipo spray (branca, prata e verde), aplicadas sobre quatro substratos (cerâmica, fibrocimento, alumínio e lixa). O método foi dividido em: preparação e pintura das amostras, medição da refletância solar e análise dos resultados. A verificação da refletância solar foi determinada com base na norma ASTM E903 e uso de um espectrofotômetro UV-VIS-NIR. As amostras foram avaliadas na condição de superfície natural (sem pintura) e com aplicação de tinta (uma, duas e três demãos). Os resultados mostram que o número de demãos aplicados na superfície e o tipo de substrato afetam significativamente o resultado da refletância. Considerando todas as amostras analisadas a variação absoluta máxima da primeira para a segunda demão de tinta chegou a 0.35, e da segunda para a terceira demão 0.19.

Palavras-chave: Refletância Solar. Medição. Substratos. Tintas.

Abstract

Solar reflectance is a property that influences the thermal performance of buildings. In this work, the influence of four substrates and the number of paint coats on the solar reflectance of the surface was evaluated. To carry out the tests, three spray colours were selected (white, silver and green), applied to four substrate (ceramic, fibre cement, aluminium and sandpaper). The method was organised into: preparation and painting of samples, measurement of solar reflectance and analysis of results. The solar reflectance verification was determined based on the ASTM E903 standard and the use of a spectrophotometer UV-VIS-NIR. The samples were evaluated in the natural surface condition (unpainted) and with paint application (one, two and three coats). The results show that the number of coats applied to the surface and the type of substrate significantly affect the reflectance result. Considering all the samples analysed, the maximum absolute variation from the first to the second coat of paint reached 0.35, and from the second to the third coat 0.19.

Keywords: Solar Reflectance. Measurements. Substrates. Inks.

GONÇALVES, J.V.B; MARINOSKI, D.L.; GUTHS, S. Efeito do substrato e número de demãos na medição de refletância solar de tintas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Na caracterização de materiais a avaliação da refletância solar é importante, especialmente nos contextos de conforto térmico e eficiência energética de edificações. A refletância solar é uma propriedade da superfície dos componentes construtivos que está relacionada com a transmissão de calor.

Em 2022, 51% da eletricidade consumida no Brasil estava associada aos setores residencial, comercial e público, em grande parte utilizada na manutenção e controle térmico de edifícios [1]. A eficiência energética é altamente influenciada pelas características das fachadas [2]. Estas estão cada vez mais integradas aos códigos de construção e às normas vigentes, o que permite selecionar melhor os acabamentos de forma a elevar a eficiência energética das edificações. A refletância solar tem influência no desempenho térmico das coberturas, e consequentemente na carga térmica e custos com condicionamento de ar das residências. [3].

Nos últimos anos, alguns pesquisadores no Brasil têm se dedicado ao estudo da avaliação de refletância solar de diferentes materiais aplicados ao envelope construtivo. [4,5,6].

As tintas são amplamente utilizadas em construções (pisos, fachadas, coberturas) para proteção e decoração. No Brasil, os produtos com aplicação arquitetônica são uma parte significativa do mercado de tintas [7]. As tintas estão disponíveis em diversas cores com diferentes composições químicas que podem alterar suas propriedades, como a refletância solar.

Este estudo avalia como o número de demãos e a mudança do substrato afetam o resultado da refletância solar, contribuindo para o entendimento do uso das tintas com aplicação arquitetônica e melhoria do desempenho térmico das edificações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em três fases: pintura das amostras, medição de propriedades de refletância solar e análise dos resultados.

ESCOLHA DAS TINTAS E DOS SUBSTRATOS

Para realizar os ensaios foram selecionadas três tintas comerciais tipo spray de uso geral, (nas cores branca, prata e verde) conforme ilustrado na Figura 1, aplicadas sobre quatro substratos (Tabela 1), totalizando 40 amostras.

Materiais como cerâmica e fibrocimento são comumente utilizados na construção civil com aplicações em coberturas, revestimentos, e elementos de vedação. O alumínio é um material metálico largamente utilizado em elementos como esquadrias e revestimentos de fachada. Já no caso da lixa ferro, este material foi selecionado como substrato para representar uma condição de acabamento de reboco em argamassa de paredes com maior rugosidade.

Tabela 1 - Substratos analisados

Substrato	Material	Dimensões (mm)	Espessura (mm)
Cerâmica	Pastilha cerâmica	70 x 70	6,0
Alumínio	Chapa de alumínio	90 x 90	0,7
Fibrocimento	Pastilha de fibrocimento	90 x 90	8,0
Lixa ferro	Lixa gramatura 40	90 x 90	1,4

Fonte: os autores

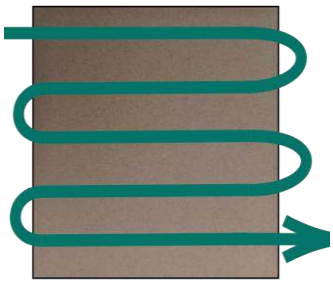
MÉTODO DE APLICAÇÃO DA TINTA

O método de aplicação da pintura envolveu movimentos em faixas paralelas (Figura 1), mantendo uma distância constante de 20 cm durante o processo. A pintura foi realizada para preparar amostras com uma (1D), duas (2D) e três (3D) demãos para cada substrato analisado. A secagem das amostras entre demãos ocorreu através de processo natural ao longo de um intervalo mínimo de 24 horas.

MEDIÇÃO DE REFLETÂNCIA

A norma ASTM E903 recomenda o uso de espectrofotômetro com esfera integradora para medição da refletância [8]. Neste estudo foi utilizado um espectrofotômetro (Figura 2) com esfera integradora de 150 mm. O uso do equipamento é indicado particularmente para medições em superfícies planas e homogêneas. A norma ASTM E903 especifica que as medições devem abranger a faixa de comprimento de onda (λ) de 300 a 2500 nm.

Figura 1: Método de pintura empregado.



Fonte: os autores

Figura 2: Espectrofotômetro Perkin Elmer modelo Lambda 1050



Fonte: Perkin Elmer

RESULTADOS

PINTURA DAS AMOSTRAS

No Quadro 1, são exibidas as amostras de referência dos quatro substratos.

No Quadro 2 temos as amostras após a aplicação de cada demão em cada uma das cores.

Quadro 1 - Amostras de referência (sem pintura).

Amostra	Cerâmica	Fibrocimento	Alumínio	Lixa
Sem acabamento				

RESULTADOS DA CERÂMICA

A Figura 3 apresenta as curvas espectrais de refletância das amostras cerâmicas após aplicação de cada uma das demãos de tinta e a curva de referência da cerâmica (CerREF) sem acabamento. As curvas, mostram o aumento significativo da refletância na aplicação de cada demão adicional de tinta **branca** (Fig. 3.a). Essa elevação da refletância inicia na região do IV (2000 nm) atingindo seu pico na região do VIS, por volta do comprimento 400 nm e caindo acentuadamente na faixa UV.

Quadro 2 – Amostras após aplicação de cada uma das demãos de tinta.

Cor \ Número de demãos		1D	2D	3D
Cerâmica	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Fibrocimento	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Alumínio	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			
Lixa	Branco (B)			
	Prata (P)			
	Verde (V)			

Fonte: os autores.

Também na Figura 3, observamos que as curvas da refletância para a tinta **prata** (Fig. 3.b) apresentaram um padrão mais horizontal. Para a primeira demão, a curva ficou aproximadamente na faixa de 50 a 60% e na segunda demão entre 70 e 90%. Já na terceira demão, o ganho de refletância foi pequeno e a curva manteve o mesmo formato praticamente ao longo de toda a faixa. O formato das curvas para a tinta **verde** (Fig. 3.c) para as três demãos se mostrou muito próximo ao da referência ao longo de quase toda faixa IV (de 900 a 2500 nm). Abaixo de 900 nm, as curvas das três amostras com pintura caem significativamente, se mantendo inferior a 10% praticamente ao longo de toda a faixa VIS e UV.

A Tabela 2 apresenta os valores absolutos de refletância solar das amostras de cerâmica na condição sem pintura (CerREF) e para 1D, 2D e 3D.

Já a Figura 3.d) mostra a mudança percentual entre a referência e a primeira demão e entre demãos. No caso da cor branca, o aumento percentual a cada demão ficou próximo de 55%.

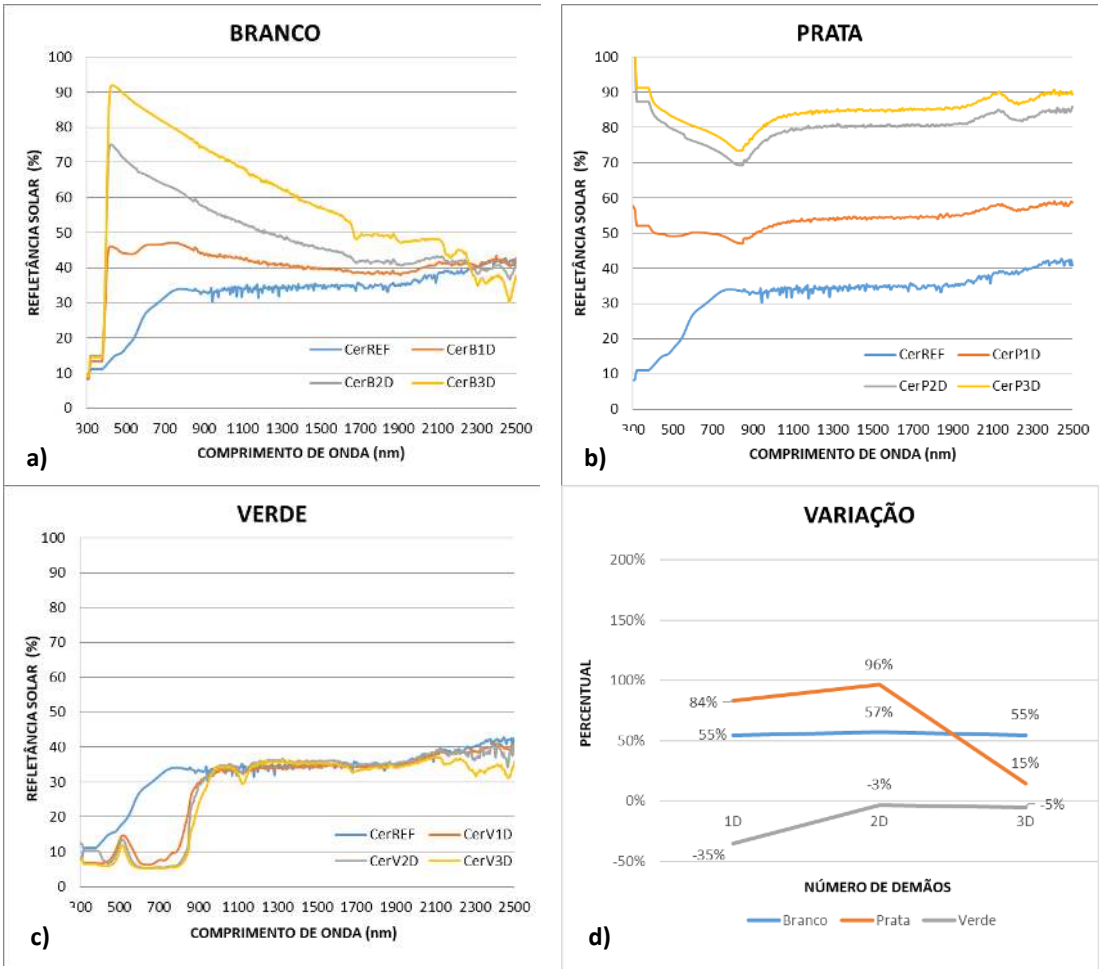
Tabela 2 - Refletância solar das amostras de cerâmica.

Amostra	Refletância solar			
	Sem pintura	1D	2D	3D
Cerâmica (REF)	0.277			
Cerâmica branca		0.429	0.586	0.738
Cerâmica prata		0.508	0.776	0.816
Cerâmica verde		0.179	0.170	0.155

Fonte: os autores.

Ainda na Figura 3.d), para o verde a primeira demão proporcionou uma redução de 35%, enquanto nas demãos seguintes a redução atingiu no máximo 5%. A cor prata apresentou variação acima de 80% entre a referência e a primeira e da primeira para a segunda demão, e um aumento menos significativo da segunda para a terceira demão (15%).

Figura 3: Refletância solar das amostras de cerâmica após cada demão.



Fonte: os autores.

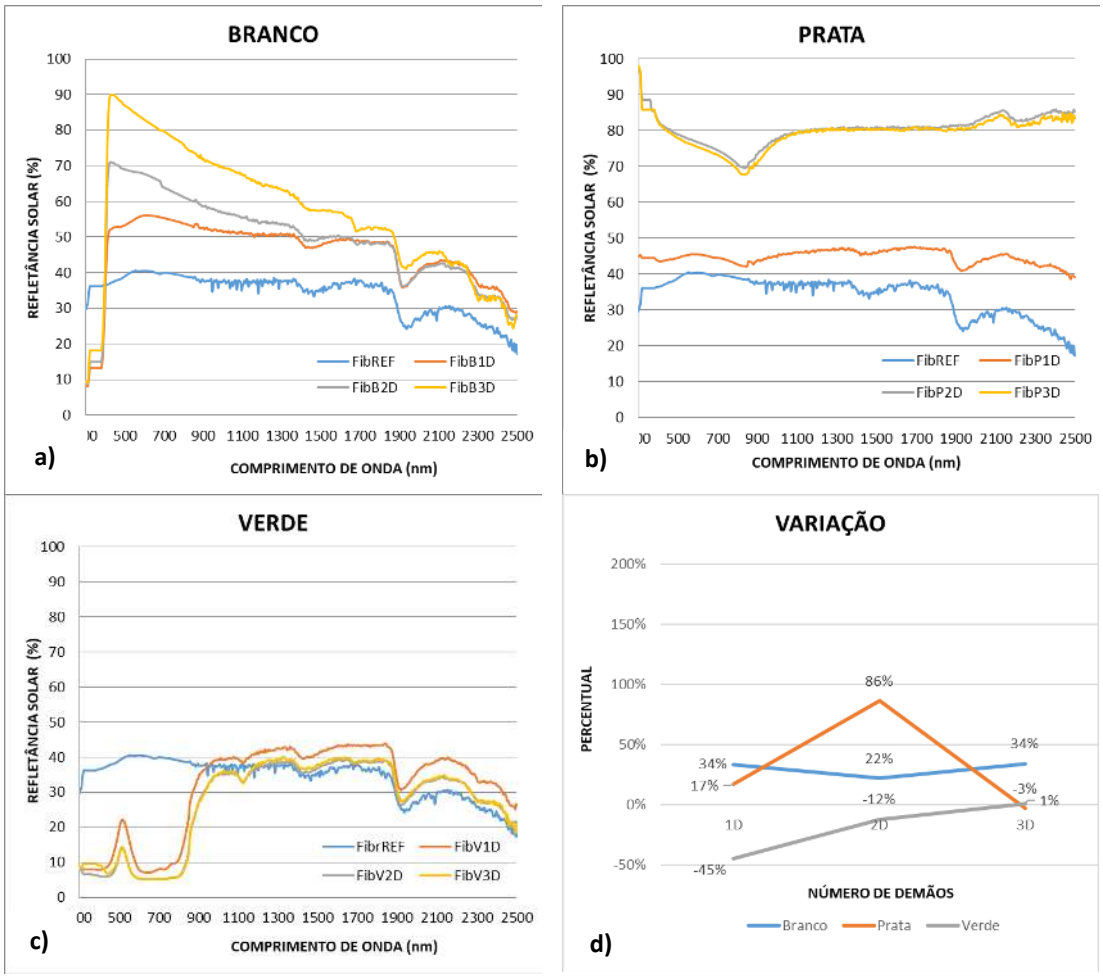
RESULTADOS DO FIBROCIMENTO

A Figura 4 apresenta as curvas espectrais da refletância das amostras de fibrocimento após aplicação de cada uma das demãos de tinta. Pode ser vista a curva de referência de fibrocimento sem acabamento (FibREF), onde os valores de refletância ficam na faixa de 30 a 40% no UV, VIS e no IV até o comprimento de onda próximo a 1900 nm. A partir deste ponto a refletância cai até próximo de 20% (λ = 2500 nm).

Assim como ocorreu com o substrato cerâmico, a Figura 4 mostra que as curvas espectrais de refletância têm uma elevação significativa com a aplicação de cada demão adicional de tinta **branca** (Fig. 4.a). Olhando a partir do fim da curva, essa elevação inicia no comprimento 2500 nm (na região do IV), atingindo seu pico na região do visível e caindo acentuadamente na faixa UV. Na Figura 4, novamente observamos que as curvas espectrais da refletância para a tinta **prata** (Fig. 4.b) tiveram um comportamento horizontal principalmente na faixa do IV, de 1000 a 2500 nm. Na primeira demão, a curva permanece na faixa de 40 a 50%, apresentando uma variação

não muito acentuada em relação à referência. Com a adição da segunda demão de tinta, a refletância é alterada significativamente, saltando para a faixa de 70 a 90%. Porém com a aplicação da terceira demão praticamente não houve alteração dos valores, ocorrendo uma sobreposição com a curva da segunda demão.

Figura 4: Refletância solar das amostras de fibrocimento após cada demão.



Fonte: os autores.

Novamente, mesmo com a mudança para o substrato de fibrocimento, o formato das curvas espectrais de refletância para a tinta **verde** (Fig. 4.c) nas três demãos se manteve muito próximo à referência ao longo de quase toda faixa IV. Já ao longo da faixa VIS e UV, as curvas das três amostras com pintura se mantiveram abaixo de 10%, exceto na ocorrência de um pico em torno do comprimento de 500 nm.

Tabela 3 - Refletância solar das amostras de fibrocimento.

Amostra	Refletância solar			
	Sem pintura	1D	2D	3D
Fibrocimento (REF)	0.381			
Fibrocimento branca		0.509	0.594	0.725
Fibrocimento prata		0.447	0.776	0.766
Fibrocimento verde		0.211	0.165	0.170

Fonte: os autores.

A Tabela 3 apresenta os valores absolutos de refletância solar das amostras de fibrocimento na condição sem pintura (FibREF) para 1D, 2D e 3D. Já o gráfico de **variação** (Fig. 4.d) mostra o percentual em relação a referência e entre demãos. É

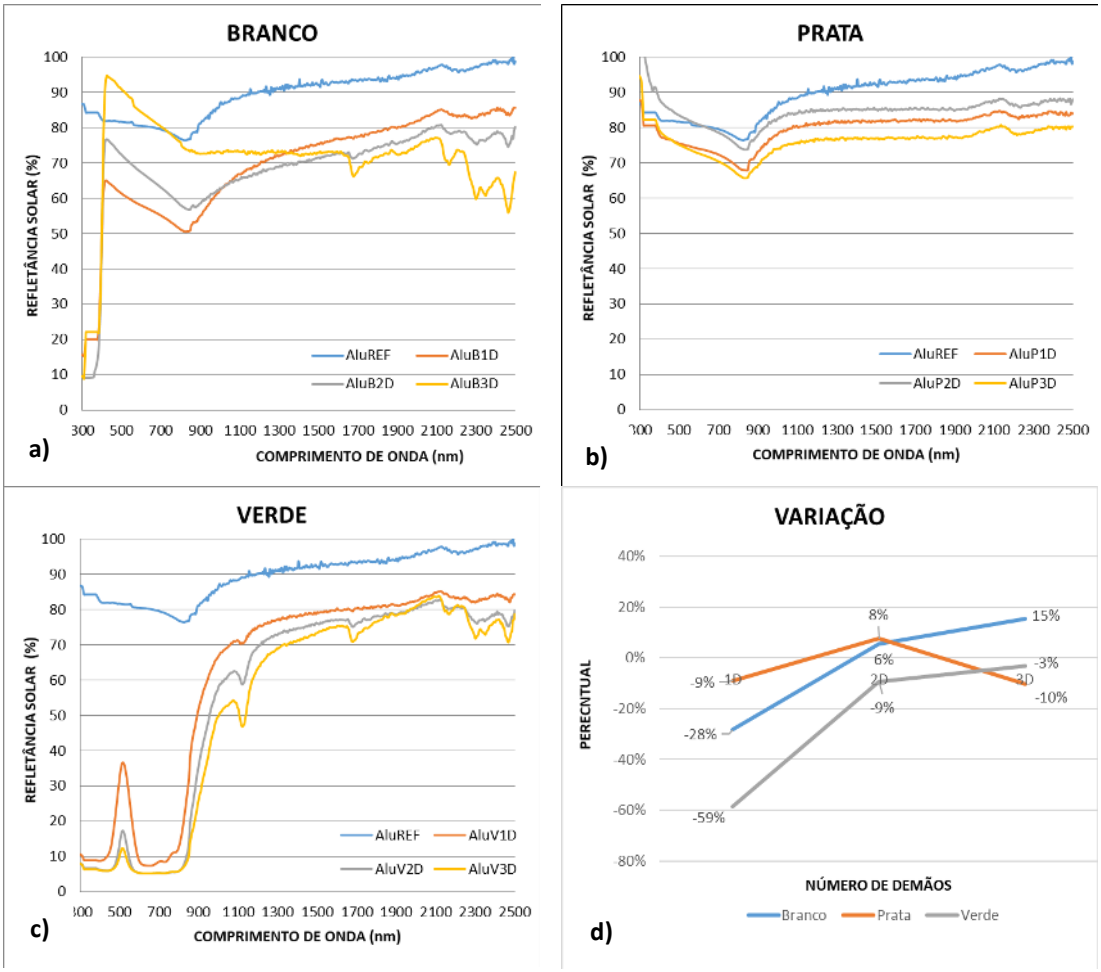
possível observar que a aplicação da primeira demão no caso da tinta branca e prata, elevou a refletância em relação ao substrato original. Já no caso da cor verde, ocorreu uma redução. Avaliando a refletância entre demãos, a maior variação na tinta branca ocorreu com a terceira demão de tinta (34%). Para a cor prata a maior elevação (86%), ocorreu com a aplicação da segunda demão. E para a cor verde, não houve alteração significativa após a terceira demão (-3%).

RESULTADOS DO ALUMÍNIO

As curvas espectrais da refletância das amostras de alumínio para as cores branca, prata e verde em cada uma das demãos (1D, 2D e 3D) são apresentadas na Figura 5, que também mostra curva de referência sem pintura (AluREF), a qual tem valores de refletância acima de 80 % em praticamente toda extensão do espectro avaliado.

A Figura 5 mostra que no final da faixa do IV (1700 a 2500 nm) os valores espectrais de refletância para a tinta **branca** (Fig. 5.a) apresentam uma redução à medida que se aplica a segunda e terceira demãos. Mas por volta do comprimento 1200 a 1300 nm, há uma inversão nesta tendência. A partir daí, os valores de refletância aumentam a cada demão ao longo da faixa do VIS atingindo um pico aproximadamente em 400 nm, e tendo uma queda abrupta na faixa do UV.

Figura 5: Refletância solar das amostras de alumínio após cada demão.



Fonte: os autores.

Para a tinta **prata** (Fig. 5.b), as curvas espectrais das três demãos apresentaram o mesmo formato da curva de referência do substrato sem pintura (AluREF). Observa-se

também que os valores da refletância espectral para cada uma das demãos (1D, 2D e 3D) ficaram muito próximos entre si, mas abaixo da curva do substrato sem pintura. No geral, as curvas das amostras com pintura tiveram valores de refletância aproximadamente entre 70 e 90% ao longo de toda a faixa do VIS e IV. Na faixa UV, os valores permaneceram acima de 80%.

Assim como nas outras cores, o comportamento das curvas das amostras com pintura **verde** (Fig. 5.c) foi semelhante entre si ao longo de praticamente toda a faixa analisada. Em alguns trechos do espectro foi possível observar que a refletância diminui a cada nova demão, como por exemplo na faixa entre 900 e 1700 nm. Cabe destacar que na maior parte da faixa do IV (1100 a 2500 nm), o resultado para as três demãos se mantém acima de 50%. Abaixo de 800 nm, o valor da refletância se mantém próximo a 10%, exceto por volta do comprimento 500 nm onde ocorre um pico nas três demãos. Também é possível identificar que na faixa UV e VIS as curvas da segunda e terceira demãos praticamente se sobrepõem.

Os valores absolutos de refletância solar das amostras de alumínio são apresentados na Tabela 4. Já o gráfico de **variação** (Fig. 5.d) mostra a mudança percentual em relação a referência e entre demãos. É possível notar que no caso do branco houve redução de 28% da refletância original do substrato com a aplicação da primeira demão e posteriormente uma elevação com a aplicação de cada demão subsequente.

Tabela 4 - Refletância solar das amostras de alumínio.

Amostra	Refletância solar			
	Sem pintura	1D	2D	3D
Alumínio (REF)	0. 833			
Alumínio branca		0.596	0.643	0.77
Alumínio prata		0.758	0.821	0.73
Alumínio verde		0.345	0.266	0.24

Fonte: os autores.

Ainda na Figura 5.d), no caso da tinta prata, a aplicação da primeira demão reduziu o valor da refletância em 9%, sendo seguido de uma elevação após aplicação da segunda demão (retornando quase ao valor original do substrato) e uma nova redução na terceira demão. Já para a cor verde, com aplicação de cada demão houve uma redução da refletância, sendo mais acentuada na primeira demão (-59%) e variando muito pouco da segunda para a terceira demão (-3%).

RESULTADOS DA LIXA

A Figura 6 mostra as curvas espectrais de refletância para lixa ferro nas cores branca, prata e verde para 1D, 2D e 3D. A curva de referência (LixREF) se mostrou quase uma linha reta com valores menores que 10% ao longo de todo espectro analisado.

No gráfico da cor **branca** (Fig. 6.a) mostra a elevação da refletância a cada nova demão a partir do final da faixa (2500 nm) até um pico aproximadamente em 400 nm e uma queda repentina na faixa UV.

De modo similar ao que aconteceu nos outros substratos, a tinta **prata** (Fig. 6.b) também apresentam uma característica de alinhamento mais horizontal em todo espectro. Para a primeira demão, a curva ficou na faixa de 30 a 40%. Já os valores da refletância na segunda e terceira demão foram muito similares, permanecendo em sua maior parte na faixa de 60 a 80%. No caso da cor **verde** (Fig. 6.c) aplicada sobre o

substrato lixa, é possível notar que todos os valores se mantiveram numa faixa estreita entre 4 e 10%. Há praticamente uma sobreposição entre as curvas, com uma ligeira elevação da refletância após aplicação da terceira demão.

A Tabela 5 resume os valores absolutos de refletância total para cada condição de amostra analisada no substrato lixa.

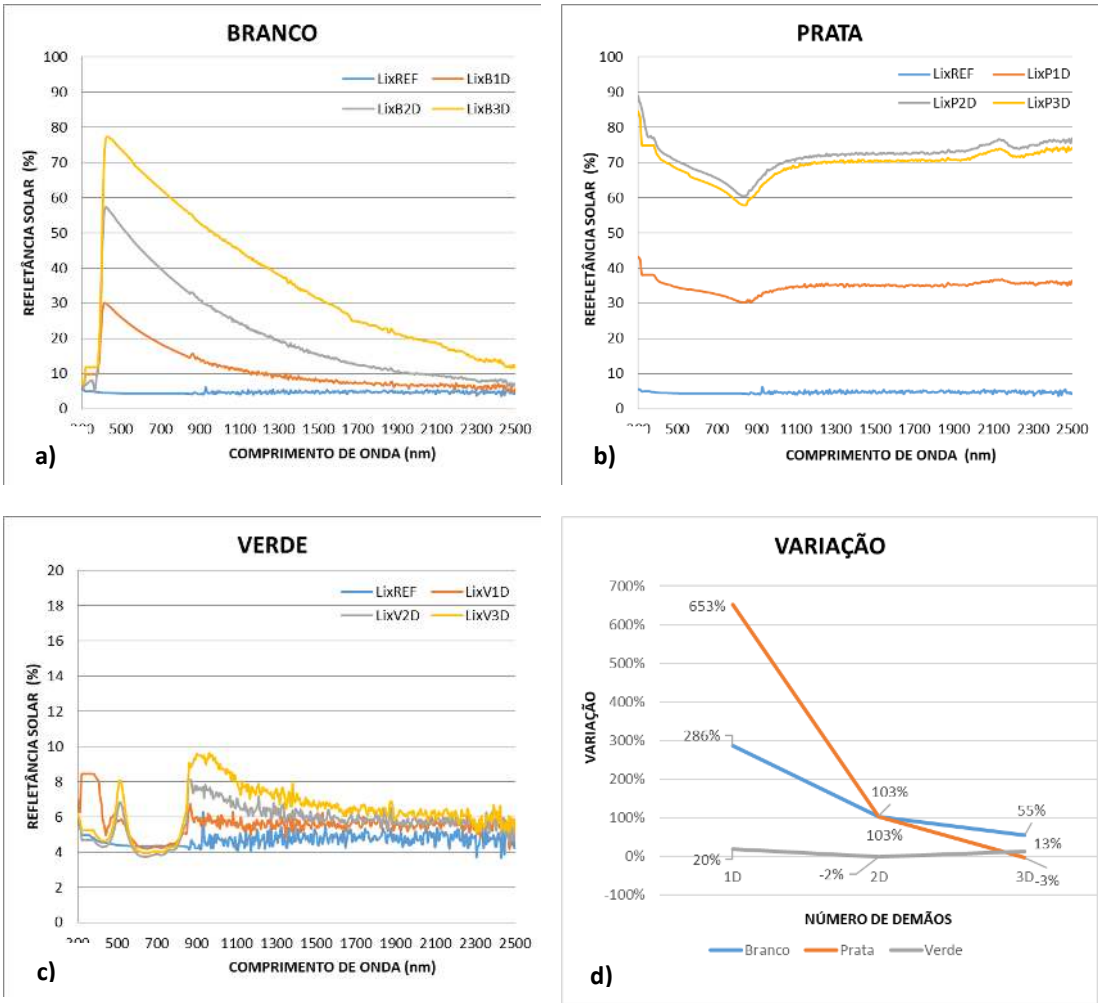
Já o gráfico de **variação** da Figura 6.d) mostra a alteração percentual em relação a referência e entre demãos. Considerando que o valor da refletância do substrato sem pintura é muito baixo (0,045), os ganhos com a primeira demão foram muito expressivos na tinta branca e prata (286 e 653%, respectivamente).

Tabela 5 - Refletância solar das amostras de lixa.

Amostra	Refletância solar			
	Sem pintura	1D	2D	3D
Lixa (REF)	0. 045			
Lixa branca		0.174	0.354	0.549
Lixa prata		0.339	0.689	0.665
Lixa verde		0.054	0.053	0.060

Fonte: os autores.

Figura 6: Refletância solar das amostras de lixa após cada demão.



Fonte: os autores.

Ainda na Figura 6.d), na segunda demão, a elevação da refletância para a cor branca e prata também foi alta (103% em ambas), e na terceira demão apenas a tinta branca teve mais um acréscimo (55%). Para a tinta verde, os maiores acréscimos ocorreram

na primeira e na terceira demão (20 e 13%, respectivamente), no entanto, em termos absolutos a variação positiva foi pequena, apenas 0,015 com três demãos.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a medição em laboratório da refletância solar de quatro substratos após aplicação de cada uma das três demãos de tinta nas cores branca, prata e verde. Embora a quantidade de substratos e de tintas empregadas nesta pesquisa tenha sido limitada a três demãos, é possível notar que existe uma alteração no valor final da refletância solar de uma mesma tinta dependendo da combinação entre o tipo de substrato e a quantidade de demãos aplicadas.

Considerando todas as amostras analisadas a variação absoluta máxima da primeira para a segunda demão de tinta chegou a 0.35, e da segunda para a terceira demão 0.19. Os resultados mostram que o número de demãos aplicados na superfície e o tipo de substrato afetam significativamente o resultado da refletância medida. Por exemplo para a tinta branca no substrato cerâmico a refletância absoluta com uma demão foi de 0,429 e com três demãos 0,738 (uma variação relativa de 72%).

Mais testes serão necessários para avaliar se a aplicação de um número maior de demãos (4D ou 5D) ainda teria algum efeito significativo sobre o valor da refletância solar final, especialmente no caso de cores claras aplicadas em substratos escuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelos recursos financeiros aplicados no financiamento dos projetos que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] EPE [Empresa de Pesquisa Energética] **Balanço Energético Nacional (BEN) 2023.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023

[2] BARBOSA, M. M.; SCHLICHTING, I.; BRACHT, M.; LOESER, B.; MARINOSKI, D. L.; GUTHS, S. Revestimentos cerâmicos de fachada: análise e caracterização de propriedades térmicas e ópticas. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 17., 2023, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

[3] SILVA, M. P. **Simulação termoenergética e análise econômica do uso de telhados de alta refletância solar em uma residência unifamiliar**. 2019. Dissertação. PPGEC/UFSC, Florianópolis, SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/215434>.

[4] KRELLING, A.F.; SILVA, M.P., SOUZA, R.V.; MARINOSKI, D.L.; GÜTHS, S. Análise laboratorial de propriedades ópticas e térmicas de dezesseis amostras de telhas disponíveis no mercado brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

[5] DORNELLES, K. A. **Biblioteca de absortância de telhas: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios**. São Carlos: IAU/USP, 2021. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/571>

[6] ANDRADE, M. M.. **Revestimentos frios para coberturas e fachadas no Brasil: caracterização e avaliação do desempenho térmico**. 2023. Dissertação USP, São Carlos, SP, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-06062023-155549/pt-br.php>.

[7] DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Tese de Doutorado. UNICAMP, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/429167>

[8] ASTM E903-12: **Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres**. ASTM International, 2012.