



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

cb3e.ufsc.br

Relatório de avaliação do espectrômetro portátil ALTA II

**Cláudia Donald Pereira; Deivis Luis Marinoski;
Roberto Lamberts; Saulo Güths; Eneir Ghisi**

Florianópolis, maio de 2015





SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. O EQUIPAMENTO ALTA II	5
2.1. Características do ALTA II	5
2.2. Instruções básicas para uso do ALTA II	6
3. EXPERIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO ALTA II.....	8
3.1. Método dos experimentos.....	9
3.1.1. Repetibilidade e exatidão.....	10
3.1.2. Influência da luminosidade do ambiente	11
3.1.3. Influência da rugosidade da superfície.....	12
3.2. Resultados dos experimentos	13
3.2.1. Análise da repetibilidade e exatidão dos resultados.....	13
3.2.2. Análise da influência da luminosidade do ambiente nos resultados	21
3.2.3. Análise da influência da rugosidade da superfície nos resultados.....	23
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS.....	27



1. INTRODUÇÃO

Edificações de qualidade devem favorecer as atividades desempenhadas por seus usuários, proporcionando conforto ambiental. Quando determinado edifício gera as condições ambientais desejadas por seus ocupantes, com baixo consumo de energia, pode-se dizer que ele é eficiente energeticamente. Grande parte da energia consumida nas edificações é destinada à garantia do conforto térmico, através do condicionamento artificial de ar. No ano de 2005, o condicionamento ambiental já representava 20% do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro e 47% no setor comercial (ELETROBRÁS; PROCEL, 2009).

Diversas estratégias para melhoria do desempenho térmico das edificações estão disponíveis a fim de minimizar essa parcela do consumo que é destinada ao condicionamento de ar. A envoltória das edificações tem papel essencial nessa discussão, pois ela é o elemento de separação entre o ambiente interno e o externo. Dessa forma, os componentes da envoltória são determinantes do clima interno da edificação e afetam a demanda por condicionamento artificial.

A escolha de materiais adequados, que possam beneficiar o desempenho térmico e a eficiência energética das edificações, baseia-se no conhecimento das suas propriedades térmicas e sua indicação a cada tipo de clima. Uma das propriedades com grande impacto no desempenho térmico da envoltória é a refletância solar.

A radiação solar é uma das principais fontes de calor das edificações. Observa-se esta condição especialmente no Brasil, que tem a maior parte de seu vasto território sujeito à intensa e abundante insolação durante a maior parte do ano. Logo, o impacto da incidência de radiação solar na carga térmica de um edifício depende das propriedades de suas superfícies externas.

A energia radiante que atinge uma superfície opaca é parte refletida e parte absorvida. A parcela da radiação que será refletida depende da propriedade da superfície chamada refletância e a parcela absorvida depende da absorptância. A soma dessas duas parcelas é igual ao total incidente, portanto, basta conhecer uma dessas duas propriedades da superfície opaca para também determinar a outra.

A radiação solar se propaga na forma de ondas eletromagnéticas. O espectro eletromagnético é classificado em faixas, de acordo com o comprimento da onda e uma porção central desse espectro corresponde à radiação solar (Figura 1). O Sol emite radiação com mais intensidade nos comprimentos de onda de 0,3 μm a 2,5 μm aproximadamente (Figura 2). Parte dessa radiação é emitida como luz visível que, além de produzir calor, é capaz de sensibilizar o

olho humano. O restante da radiação solar é emitido como radiação ultravioleta e infravermelha (de onda curta), que não são percebidas como luz, mas sim como calor.

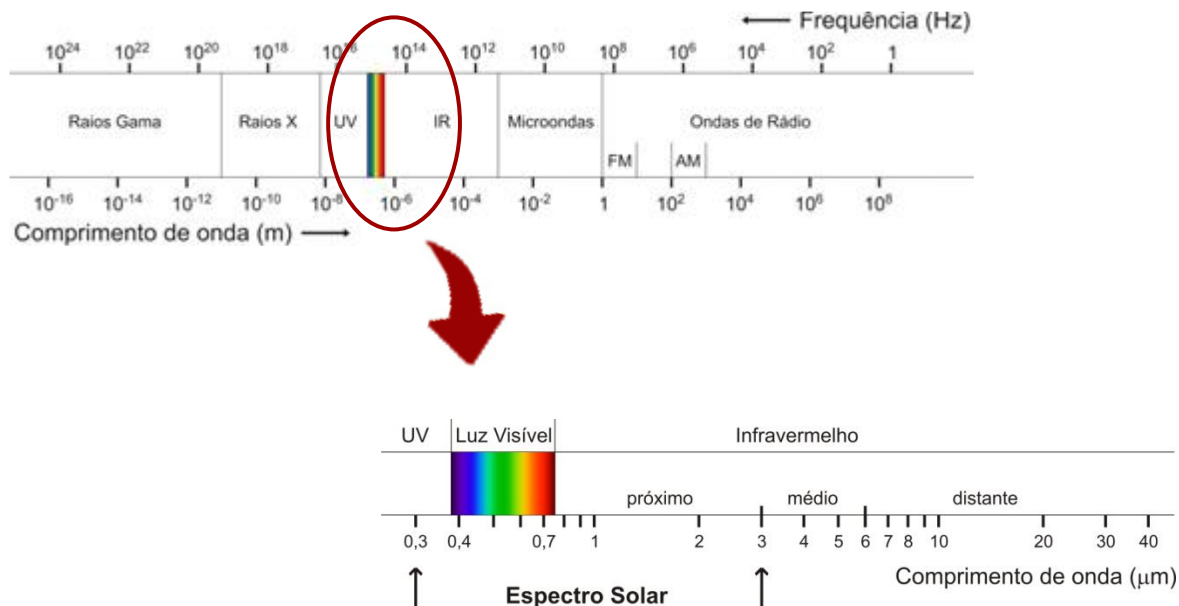


Figura 1 – Espectro eletromagnético e espectro solar.
(Fonte: Adaptado de PEREIRA, 2014)

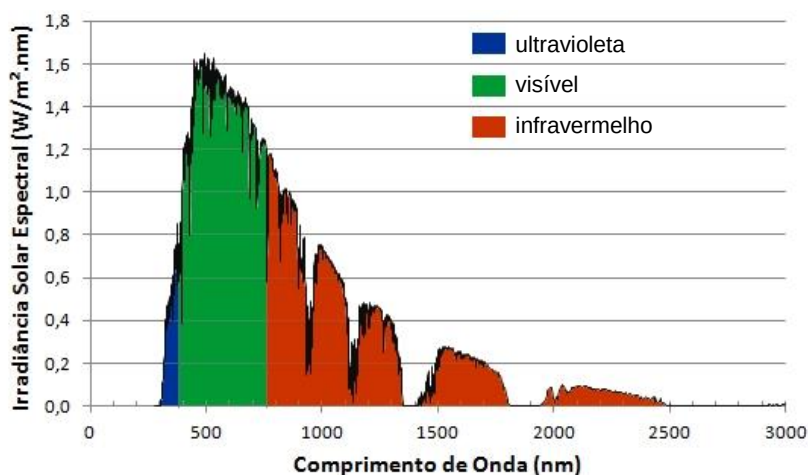


Figura 2 – Irradiação solar espectral. (Fonte: PEREIRA, 2014)

A absorptância à radiação solar é definida na NBR 15220 como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005). Da mesma forma, a refletância à radiação solar corresponde ao quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar



incidente sobre esta mesma superfície. Os valores de refletância e absorptância variam de zero a um (ou de 0 a 100%).

Para indicar a refletância solar ou a absorptância solar de cada superfície é necessário realizar medições e alguns equipamentos e métodos foram desenvolvidos com esse propósito. A *American Society for Testing and Materials* (ASTM) apresenta três métodos para medição de refletância solar de superfícies.

A ASTM E903 (ASTM, 2012a) *“Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres”* indica o uso de espectrofotômetro com esfera integradora para medições de refletância espectral em laboratório. Este método é o mais adequado e preciso para medições em pequenas superfícies planas e homogêneas. Os valores de refletância espectral obtidos com espectrofotômetro precisam ser ajustados a um espectro solar padrão para o cálculo da refletância solar.

A ASTM C1549 (ASTM, 2009) *“Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer”* regulamenta o uso de um refletômetro solar portátil para medição da refletância solar. Ele é indicado para medições de superfícies planas opacas, podendo ser homogêneas ou heterogêneas, com dimensões maiores que 3 x 3 cm. O equipamento permite a realização de medições em laboratório ou em campo. Testes realizados com o refletômetro indicam uma incerteza absoluta de até 3% nos seus resultados.

A ASTM E1918 (ASTM, 2006) *“Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field”* apresenta método para avaliações em campo utilizando um piranômetro. Para a aplicação deste método, a superfície analisada precisa possuir pelo menos 4 m de diâmetro e baixa inclinação (menor que 9,5°). Este é o único dos métodos que pode ser adotado no caso de avaliação de superfícies com curvaturas.

Esses três métodos normalizados para medição de refletância indicam o uso de equipamentos que costumam ter preço elevado e/ou exigem especialidade para seu manuseio e operação. Como consequência, é comum a adoção de valores de absorptância e refletância solar com base apenas nas cores dos materiais, seguindo tabelas de normas e livros técnicos. Porém, essa solução acarreta muitos erros e incertezas, sendo necessário buscar melhores alternativas.

Algumas pesquisas têm sido realizadas no Brasil adotando como alternativa para avaliação da refletância solar o espectrômetro ALTA II (DORNELLES, 2008; SANTOS et al., 2009;



SANGOI et al., 2010; MUNIZ; PEZZUTO, 2014). Este equipamento apresenta como principais benefícios o fato de ser portátil (permite uso em campo) e o custo reduzido, muito inferior ao de um espectrofotômetro ou de um refletômetro. Porém, sua precisão é limitada. Assim, este relatório apresenta um estudo que teve como objetivo avaliar com maior profundidade a qualidade dos resultados das medições realizadas com o espectrômetro ALTA II.

2. O EQUIPAMENTO ALTA II

O ALTA II é um equipamento para medição de refletância espectral desenvolvido pelo *Lunar and Planetary Institute*, de Houston – Texas, e atualmente é comercializado pela empresa Vernier Software & Technology. Ele foi criado como uma ferramenta didática para ensino sobre cor, luz e espectroscopia em escolas de ensino médio dos Estados Unidos. Entretanto, em anos recentes começou a ser utilizado por alguns pesquisadores brasileiros como alternativa aos métodos normalizados, que adotam equipamentos mais caros.

2.1. Características do ALTA II

Com o ALTA II, pode-se realizar medições correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda, entre 470 e 940 nm, sendo sete deles na região visível e quatro na região do infravermelho-próximo. Na parte superior do equipamento (Figura 3a) há um botão para ligar e desligar e onze botões de medição, um para cada comprimento de onda. Há também um *display* (tela), onde é apresentado o valor medido.

Na parte inferior do equipamento (Figura 3b) existe uma abertura com onze pequenas lâmpadas, dispostas em círculo. Cada lâmpada emite a energia correspondente a um comprimento de onda e é acionada por um dos botões. Ao pressionar um botão, acende-se a lâmpada correspondente, que emite certa quantidade de energia. Um sensor, localizado no centro da abertura inferior, detecta a quantidade de energia que é refletida.



Figura 3 – Equipamento ALTA II. (Fonte: MARINOSKI et al., 2013)

O equipamento gera um valor em milivolts (mV), que é exibido no *display*, a partir do qual é calculada a refletância espectral. Com os valores espectrais para os onze comprimentos de onda, calcula-se a refletância total para o intervalo. Tendo em vista a faixa limitada de comprimentos de onda abrangidos pelo ALTA II, é possível calcular apenas um valor representativo de refletância solar, pois ele não considera grande parte do espectro solar, especialmente o ultravioleta e a maior parte do infravermelho-próximo.

2.2. Instruções básicas para uso do ALTA II

O equipamento ALTA II é de fácil manuseio, porém, alguns cálculos são necessários para obter o resultado final. Além disso, alguns cuidados são indicados para minimizar imprecisões nos resultados, conforme detalhado a seguir.

Para a realização de medições, o equipamento deve ser posicionado sobre a amostra, de forma que esta cubra totalmente a abertura inferior. A amostra deve ser plana e permitir o contato total entre sua superfície e a superfície inferior do equipamento. Isso é essencial para que não se perca parte da energia que é emitida pelas lâmpadas e para que não haja interferência da iluminação do ambiente na medição. No caso de haver fuga ou infiltração de luz, a confiabilidade dos resultados fica comprometida.



Nas medições, o ALTA II fornece em seu *display* valores em milivolts, que devem ser convertidos para valores de refletância a partir de cálculos matemáticos. Para isso é necessário utilizar uma amostra de referência¹, com refletância espectral já conhecida para os onze comprimentos de onda do equipamento.

Seguem abaixo as instruções básicas para utilização do ALTA II:

1. Primeiramente o ALTA II é ligado e posicionado sobre a amostra de referência. O valor inicial que aparece no visor do equipamento é chamado voltagem de fundo, e é um dos dados necessários para o cálculo. Em seguida, cada botão referente aos comprimentos de onda do equipamento deve ser acionado (um por vez), sendo anotados manualmente os valores de voltagem da amostra de referência para todos os comprimentos de onda.
2. Após a medição da amostra de referência, são realizadas as medições na amostra em avaliação. O ALTA II é posicionado sobre a superfície da amostra e é medido o sinal (mV) de fundo. Depois, medem-se as voltagens da amostra para os onze comprimentos de onda do equipamento. Recomenda-se a realização de pelo menos três medições sequenciais para cada amostra.
3. A partir dos valores medidos, as refletâncias espectrais da amostra são calculadas para cada comprimento de onda através da Equação 1.

$$\rho_{\lambda, \text{amostra}} = \left(\frac{V_{\lambda, \text{amostra}} - V_{f, \text{amostra}}}{V_{\lambda, \text{ref}} - V_{f, \text{ref}}} \right) \times \rho_{\lambda, \text{ref}} \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde:

$\rho_{\lambda, \text{amostra}}$ é a Refletância da amostra para um determinado comprimento de onda λ (%);

$V_{\lambda, \text{amostra}}$ é a Voltagem da amostra medida no comprimento de onda λ (mV);

$V_{f, \text{amostra}}$ é a Voltagem de fundo da amostra (mV);

$V_{\lambda, \text{ref}}$ é a Voltagem da amostra de referência medida no comprimento de onda λ (mV);

$V_{f, \text{ref}}$ é a Voltagem de fundo da amostra de referência (mV);

$\rho_{\lambda, \text{ref}}$ é a Refletância da amostra de referência (já conhecida), no comprimento λ (%).

¹ A amostra de referência pode ser composta de qualquer material com superfície plana, tendo esta exigência: ter os valores de refletâncias espectrais previamente conhecidos através de medição em espectrofotômetro, conforme o método da norma ASTM E903.



Com as medições no ALTA II se obtém os valores de refletância espectral da amostra para cada um dos comprimentos de onda do equipamento, considerando uma energia constante ao longo de todo o espectro avaliado. Entretanto, a intensidade da radiação solar não é constante ao longo do espectro. Sendo assim, para a obtenção da refletância solar da amostra, os valores de refletância espectral obtidos devem ser ajustados de acordo com a intensidade da radiação solar para cada comprimento de onda, e integrados no intervalo medido. Esse ajuste é feito com base em dados de irradiação solar global espectral, fornecida a partir de um espectro solar padrão como o apresentado na ASTM G173 (ASTM, 2012b).

Para cada comprimento de onda, a refletância espectral deve ser multiplicada pela irradiação solar global espectral (do espectro solar padrão) e integrada para o intervalo de comprimento de onda desejado. A refletância solar ajustada ao espectro solar padrão é obtida calculando o quociente da soma das intensidades de irradiação refletida pela soma das intensidades de irradiação solar global. O cálculo deve seguir a Equação 2 (baseada na ASTM E903, 2012a).

$$\rho_{solar} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \rho_{\lambda i} \cdot E_{\lambda i} \cdot \Delta \lambda_i}{\sum_{i=1}^n E_{\lambda i} \cdot \Delta \lambda_i} \right) \cdot 100 \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde:

ρ_{solar} é a Refletância solar (%);

$\rho_{\lambda i}$ é a Refletância espectral no comprimento de onda λ_i (adimensional);

λ_i é o Comprimento de onda (nm);

$E_{\lambda i}$ é a Irradiação solar global espectral (W/m².nm).

3. EXPERIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DO ALTA II

Alguns experimentos foram desenvolvidos para analisar os equipamentos de medição de refletância do tipo ALTA II. Foram realizadas três sequências de experimentos, com os seguintes objetivos:

a) Avaliar a exatidão e a repetibilidade de resultados obtidos com alguns equipamentos ALTA II.

b) Avaliar a influência da luminosidade do ambiente sobre os resultados obtidos com equipamento ALTA II.

c) Avaliar a influência da rugosidade da superfície sobre os resultados obtidos com equipamento ALTA II.

3.1. Método dos experimentos

Os experimentos foram desenvolvidos considerando a realização de medições de refletância em algumas amostras pintadas com diferentes cores de acabamento e também a avaliação *in loco* das paredes de uma edificação real.

Para confecção das amostras, foram escolhidas tintas do tipo spray multiuso fosco nas cores: branco, amarelo, vermelho, azul e preto. Cada tinta foi aplicada, com três demãos, em chapas de alumínio de 10 cm x 10 cm (Figura 4). Todas as tintas foram aplicadas utilizando spray (sem necessidade de diluição), a fim de obter pinturas homogêneas, com acabamento semelhante e com o mínimo de rugosidade.

No caso das superfícies da edificação, foram escolhidas paredes externas de um condomínio residencial, com revestimento texturizado em duas cores: salmão e bege (Figura 5).

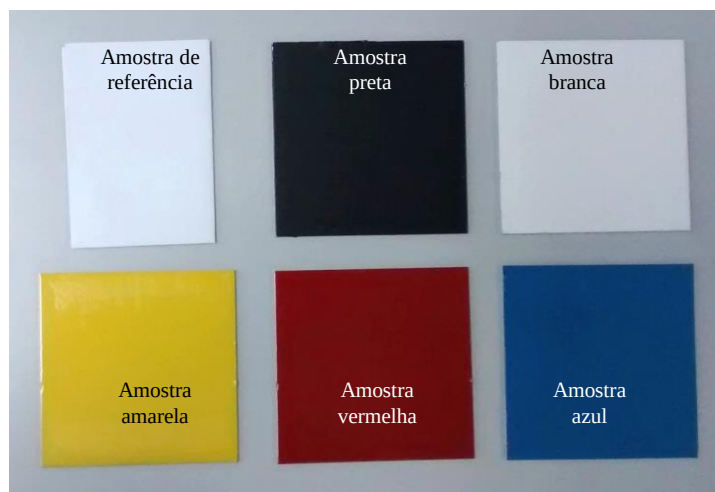


Figura 4 – Amostras utilizadas para teste do equipamento ALTA II.



Figura 5 – Superfícies da edificação analisadas em teste do equipamento ALTA II.

Conforme já mencionado, para o cálculo da refletância das superfícies a partir das medições no ALTA II, é necessária também a medição de uma amostra de referência, com refletância espectral já conhecida para os comprimentos de onda do equipamento. Como referência foi usada uma folha de papel branco de 75 g/m², dobrada, que teve a refletância medida previamente em espectrofotômetro modelo Lambda 1050.

Os resultados de cada medição, fornecidos pelo ALTA II em mV, foram convertidos para valores de refletância, em porcentagem, realizando-se os cálculos informados na seção 2.2.

3.1.1. Repetibilidade e exatidão

Alguns testes foram realizados a fim de verificar a exatidão e a repetibilidade dos resultados do ALTA II. Para isso, foram testados cinco equipamentos (ID: 25010, 25011, 25013, 25016, 25019) selecionados de forma aleatória. Com estes cinco equipamentos, foram realizadas medições das cinco amostras de diferentes cores (Figura 4). Cada amostra foi medida cinco vezes com cada equipamento, totalizando 125 medições.

A fim de verificar a repetibilidade dos dados obtidos com o equipamento ALTA II, calculou-se o desvio padrão das cinco medições de cada amostra. Quanto menor o desvio padrão, maior é a capacidade do equipamento de apresentar o mesmo resultado para uma medição feita repetidas vezes.

Posteriormente, com os valores medidos, foram calculadas as refletâncias espectrais, ou seja, as refletâncias em cada comprimento de onda do equipamento, seguindo a Equação 1 descrita na Seção 2.2. A partir desses valores, foram calculadas as médias das cinco medições, obtendo-se as refletâncias espectrais médias para cada amostra, nos onze comprimentos de onda do equipamento.



Por fim, com os valores de refletâncias espectrais médias, calculou-se um único valor de refletância solar para cada amostra em cada equipamento. Tais valores foram comparados à refletância solar obtida, para cada amostra, com um espectrofotômetro. Com isso foi possível indicar a exatidão do equipamento ALTA II, ou seja, a conformidade de suas medições com relação a valores de referência.

3.1.2. Influência da luminosidade do ambiente

Por ser portátil, o equipamento ALTA II tem sido muito utilizado em medições em campo, ou seja, medições de paredes e outras superfícies de edificações já construídas. Nas medições em campo, diferente do que ocorre em laboratório, não há controle do ambiente e podem existir fatores do entorno interferindo nas medições.

No caso das medições de refletância com o ALTA II, é essencial garantir que não haja infiltração de luz entre o equipamento e a superfície avaliada. Nas medições realizadas em superfícies que estão expostas à luminosidade excessiva, como quando há incidência de radiação solar direta, é possível que ocorra a infiltração de luz indesejada, comprometendo a confiabilidade dos resultados.

Para testar essa influência da luminosidade, foram realizadas medições das cinco amostras de diferentes cores (Figura 4) em três condições:

- Durante o dia, expostas ao sol sem nenhuma proteção;
- Durante o dia, expostas ao sol, mas com proteção para barrar a infiltração de luz;
- Durante a noite, com pouca luminosidade.

A proteção utilizada para barrar a infiltração de luz foi um tecido preto, grosso e opaco, colocado em volta do equipamento, conforme mostrado na Figura 6. Nestes testes foi utilizado apenas um equipamento ALTA II (ID 25013), e cada amostra foi medida cinco vezes em cada uma das três condições, totalizando 75 medições.

Com os resultados obtidos, calculou-se a média das cinco medições de cada amostra, em cada comprimento de onda, obtendo-se as refletâncias espectrais médias para cada amostra em cada condição. Tais valores foram comparados às refletâncias de referência, obtidas com o espectrofotômetro em condições controladas de laboratório, e verificaram-se as diferenças entre elas.



Figura 6 – Proteção da base (tecido escuro) utilizada em medições com o ALTA II.

3.1.3. Influência da rugosidade da superfície

Apesar de ser indicado essencialmente para medições em superfícies planas, em algumas situações o ALTA II tem sido utilizado para realizar medições em superfícies rugosas, como pinturas texturizadas e pedras rústicas, utilizadas em revestimentos externos. Por isso, foram realizados testes de medição em duas superfícies rugosas. Foram realizadas medições das duas superfícies com pinturas texturizadas (Figura 5) em três condições:

- Durante o dia, expostas ao sol sem nenhuma proteção;
- Durante o dia, expostas ao sol, mas com proteção para barrar a infiltração de luz;
- Durante a noite, com pouca luminosidade.

Nestes testes foi utilizado apenas um equipamento ALTA II (ID 25013), e cada superfície foi medida cinco vezes em cada uma das três condições, totalizando 30 medições. A proteção para barrar a infiltração de luz foi o mesmo tecido preto utilizado no experimento anterior (Figura 6).

A partir das medições nas duas superfícies, calcularam-se as refletâncias espectrais médias nos onze comprimentos de onda, em cada condição de exposição. Esses valores foram comparados entre si. Por se tratar de paredes de uma edificação já construída, não foi possível analisar tais superfícies em laboratório através do espectrofotômetro.



3.2. Resultados dos experimentos

Os testes acima descritos foram realizados a fim de verificar a exatidão e a repetibilidade do equipamento ALTA II, além de verificar a influência da luminosidade e da rugosidade nas medições. Os resultados são apontados e analisados a seguir.

3.2.1. Análise da repetibilidade e exatidão dos resultados

Foram realizadas cinco medições de cada amostra, utilizando cinco diferentes equipamentos ALTA II. A partir dos valores obtidos nas leituras em mV (milivolts), calculou-se o desvio padrão, que representa a variação do resultado de uma medição na mesma amostra realizada repetidas vezes. A média dos valores em mV obtida com cada equipamento (nos diferentes comprimentos de onda) são apresentadas na Tabela 1 e os seus respectivos desvios padrão são indicados na Tabela 2.

Verificou-se que há maior desvio padrão (menor repetibilidade) para as leituras em amostras com refletâncias mais elevadas. Todos os equipamentos ALTA II apresentaram maiores valores de desvio padrão nas leituras da amostra de cor branca e menores desvios na amostra de cor preta.

Não houve um canal (comprimento de onda) específico que claramente tenha apresentado menor repetibilidade que os outros. Avaliando a cor branca e preta (extremos), nota-se que para a cor branca o maior desvio foi de 7,54 mV (intervalo de 771-1034 mV, exceto fundo), já na cor preta o maior desvio foi de 0,84 mV (intervalo de 46-171 mV, exceto fundo).

Com os valores medidos no ALTA II, em mV, foram calculadas as refletâncias espectrais médias de cada amostra, para cada um dos comprimentos de onda do equipamento. A Tabela 3 mostra os valores médios de refletância em cada comprimento de onda e a Tabela 4 apresenta o desvio padrão para o respectivo resultado. O resultado do máximo desvio encontrado na Tabela 4 expressa mais claramente como a variação em mV dada pela repetição das leituras tem baixa influência sobre os resultados finais da refletância. Nota-se na Tabela 4 que o maior desvio ocorre na tinta branca e não passa de 0,82% (absoluto, em uma escala de 0-100%).



**Tabela 1 – Média das medições em mV
das cinco leituras em cada comprimento de onda.**

Amostra	Equipamento ID	Canal / Comprimento de onda (nm)											
		470	525	560	585	600	645	700	735	810	880	940	Fundo
Branco	Alta 25010	882	1007	977	970	1000	932	868	837	960	899	850	131
	Alta 25011	858	990	1034	938	1007	967	831	808	894	892	845	52
	Alta 25013	890	1016	1000	889	1001	914	863	904	889	858	870	82
	Alta 25016	913	984	1002	771	1001	958	914	850	883	897	857	21
	Alta 25019	851	993	985	989	935	938	868	870	957	886	860	18
Amarelo	Alta 25010	183	606	644	685	750	714	651	624	695	662	635	130
	Alta 25011	108	566	661	667	751	738	613	613	653	661	634	52
	Alta 25013	141	612	679	646	771	715	667	686	644	652	663	82
	Alta 25016	65	550	626	530	737	724	666	631	612	654	634	19
	Alta 25019	77	581	640	691	683	725	648	639	681	649	653	18
Vermelho	Alta 25010	149	152	174	250	374	502	477	488	527	505	495	131
	Alta 25011	81	84	122	208	352	515	442	480	480	505	501	52
	Alta 25013	111	124	178	220	368	513	486	505	483	494	517	82
	Alta 25016	34	39	66	140	303	474	454	463	442	466	467	20
	Alta 25019	48	50	100	193	265	498	460	456	493	484	502	18
Azul	Alta 25010	430	294	224	188	178	202	217	480	477	508	488	131
	Alta 25011	392	247	184	126	117	155	151	460	422	503	485	52
	Alta 25013	430	291	207	155	149	193	192	136	437	510	522	82
	Alta 25016	387	206	133	69	72	109	120	456	386	470	462	19
	Alta 25019	378	198	160	99	83	130	135	71	432	489	492	18
Preto	Alta 25010	159	163	168	165	164	157	159	164	171	165	166	131
	Alta 25011	96	100	116	101	110	112	90	98	97	108	106	52
	Alta 25013	134	141	144	126	129	148	121	127	136	134	146	82
	Alta 25016	51	55	53	46	53	51	48	56	61	63	70	21
	Alta 25019	62	68	84	79	74	79	62	67	70	75	75	18



**Tabela 2 – Desvio Padrão (considerando as medições em mV)
das cinco leituras em cada comprimento de onda.**

Amostra	Equipamento ID	Canal / Comprimento de onda (nm)												Máximo	
		470	525	560	585	600	645	700	735	810	880	940	Fundo		
Branco	Alta 25010	0,55	1,58	3,19	2,70	1,92	2,59	1,14	2,61	2,17	6,76	3,54	0,45	6,76	
	Alta 25011	0,55	1,22	1,48	3,11	1,67	1,00	1,30	4,09	1,67	2,30	1,64	0,55	4,09	
	Alta 25013	2,19	2,92	1,67	2,30	2,83	1,82	2,17	1,00	2,17	2,39	2,39	0,00	2,92	7,54
	Alta 25016	7,54	5,39	5,63	2,35	2,61	2,24	2,17	3,11	4,16	6,06	6,22	0,00	7,54	
	Alta 25019	1,22	2,19	4,04	1,30	0,89	1,30	1,00	1,73	2,49	2,07	2,51	0,00	4,04	
Amarelo	Alta 25010	0,55	0,71	0,89	0,71	0,45	0,45	0,45	0,84	0,89	0,71	0,55	0,55	0,89	
	Alta 25011	0,45	0,84	1,64	0,89	0,71	0,71	0,84	1,22	0,84	1,30	1,10	0,00	1,64	
	Alta 25013	0,45	0,84	1,95	1,67	1,48	1,00	0,45	2,68	0,84	1,34	0,89	0,00	2,68	3,11
	Alta 25016	0,00	0,45	1,22	1,14	1,10	1,64	1,79	3,05	1,00	3,11	2,35	0,55	3,11	
	Alta 25019	0,55	0,89	2,30	2,51	1,52	1,73	0,89	1,87	2,51	2,00	1,95	0,00	2,51	
Vermelho	Alta 25010	0,55	0,00	0,45	0,45	0,45	0,89	0,45	0,71	0,71	0,89	3,70	0,00	3,70	
	Alta 25011	0,89	0,55	0,55	0,89	0,55	0,45	0,45	0,45	0,55	0,55	0,71	0,00	0,89	
	Alta 25013	0,45	0,55	0,00	0,45	0,45	0,45	0,71	0,00	0,55	1,30	0,89	0,00	1,30	4,97
	Alta 25016	0,00	0,45	0,45	0,55	0,71	0,71	0,71	1,22	1,10	1,52	4,97	0,00	4,97	
	Alta 25019	0,55	0,45	0,55	1,10	1,14	0,55	1,10	1,34	1,67	2,05	1,00	0,00	2,05	
Azul	Alta 25010	0,00	0,00	0,45	0,00	0,45	0,55	0,00	0,84	0,45	1,41	0,45	1,10	1,41	
	Alta 25011	0,45	0,71	0,71	0,45	0,00	0,55	0,55	0,55	0,55	1,14	0,84	1,79	1,79	
	Alta 25013	0,45	0,00	0,55	0,55	0,00	0,00	0,00	0,45	0,55	0,84	0,71	0,89	0,89	1,79
	Alta 25016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,55	0,45	0,45	0,00	1,52	
	Alta 25019	1,52	0,84	0,45	0,00	0,45	0,55	0,55	0,00	0,55	1,52	1,67	1,10	1,67	
Preto	Alta 25010	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,45	0,45	0,00	0,55	0,45	0,45	0,00	0,55	
	Alta 25011	0,00	0,45	0,00	0,55	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45	0,71	0,00	0,00	0,71	
	Alta 25013	0,55	0,55	0,84	0,00	0,00	0,45	0,45	0,55	0,55	0,55	0,45	0,00	0,84	0,84
	Alta 25016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,55	
	Alta 25019	0,84	0,45	0,84	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,71	0,00	0,84	



**Tabela 3 – Média da refletância (variando de 0-100%)
das cinco leituras em cada comprimento de onda.**

Amostra	Equipamento ID	Canal / Comprimento de onda (nm)										
		470	525	560	585	600	645	700	735	810	880	940
Branco	Alta 25010	90,7	91,9	88,9	87,5	86,3	88,6	88,8	84,4	85,9	85,1	84,5
	Alta 25011	90,8	90,3	86,9	83,4	83,5	84,8	85,3	79,2	83,9	80,8	81,0
	Alta 25013	87,2	87,1	85,9	82,5	81,8	83,6	83,7	84,9	83,4	78,6	78,5
	Alta 25016	88,7	90,9	89,7	89,1	86,7	87,2	86,8	84,0	87,3	84,7	83,6
	Alta 25019	86,9	87,2	83,7	82,2	82,2	83,3	82,6	84,0	83,0	78,3	78,1
Amarelo	Alta 25010	6,3	49,9	54,0	57,8	61,6	64,6	62,7	59,0	58,4	58,9	59,2
	Alta 25011	6,3	49,5	53,9	57,8	61,2	63,6	61,4	58,8	59,9	58,6	59,5
	Alta 25013	6,4	49,4	55,8	57,6	61,3	63,7	62,7	62,4	58,1	57,8	57,9
	Alta 25016	4,6	50,1	55,5	60,6	63,6	65,6	62,9	61,9	60,1	61,3	61,4
	Alta 25019	6,1	50,3	53,9	57,0	59,6	64,1	61,3	61,2	58,6	56,9	58,9
Vermelho	Alta 25010	2,2	2,2	4,5	12,4	24,2	41,1	41,7	42,7	41,0	41,4	42,8
	Alta 25011	3,3	3,1	6,2	14,7	26,3	42,9	42,7	44,9	42,7	43,6	45,9
	Alta 25013	3,1	3,9	9,0	14,1	25,4	43,3	43,3	43,7	41,4	41,7	43,3
	Alta 25016	1,4	1,8	4,2	14,2	25,0	42,2	42,2	44,8	42,7	43,0	44,6
	Alta 25019	3,1	2,9	7,1	14,8	22,1	43,5	43,0	43,2	42,0	42,0	44,9
Azul	Alta 25010	36,1	17,1	9,8	5,9	4,6	7,9	10,4	41,7	35,8	41,8	41,9
	Alta 25011	38,2	18,7	11,6	6,9	5,7	9,6	10,7	42,8	36,8	43,4	44,2
	Alta 25013	37,6	19,5	11,7	7,4	6,0	11,2	11,8	5,6	36,8	43,3	43,8
	Alta 25016	36,6	17,6	10,4	5,9	4,7	8,4	9,8	44,3	37,2	43,6	44,3
	Alta 25019	37,5	16,1	12,3	6,9	5,8	10,2	11,3	5,2	36,7	42,4	44,0
Preto	Alta 25010	3,4	3,4	3,9	3,6	3,3	2,9	3,3	3,9	4,2	3,7	4,1
	Alta 25011	5,0	4,6	5,7	4,6	5,1	5,5	4,2	4,8	4,5	5,4	5,5
	Alta 25013	5,6	5,5	5,8	4,5	4,2	6,7	4,2	4,7	5,6	5,2	6,4
	Alta 25016	3,0	3,2	2,9	3,0	2,9	2,8	2,6	3,6	4,1	4,1	5,0
	Alta 25019	4,6	4,5	5,7	5,1	5,0	5,5	4,2	4,8	4,6	5,2	5,3



**Tabela 4 – Desvio Padrão (considerando as refletâncias variando de 0-100%)
das cinco leituras em cada comprimento de onda.**

Amostra	Equipamento ID	Canal / Comprimento de onda (nm)											Máximo
		470	525	560	585	600	645	700	735	810	880	940	
Branco	Alta 25010	0,07	0,20	0,36	0,32	0,23	0,32	0,18	0,35	0,23	0,79	0,46	0,79
	Alta 25011	0,08	0,13	0,12	0,29	0,14	0,11	0,14	0,44	0,19	0,22	0,17	0,44
	Alta 25013	0,24	0,27	0,16	0,24	0,25	0,18	0,23	0,10	0,22	0,24	0,24	0,27 0,82
	Alta 25016	0,82	0,58	0,59	0,31	0,24	0,23	0,23	0,28	0,48	0,60	0,62	0,82
	Alta 25019	0,13	0,20	0,35	0,11	0,08	0,12	0,10	0,17	0,22	0,19	0,23	0,35
Amarelo	Alta 25010	0,13	0,09	0,11	0,09	0,08	0,09	0,10	0,11	0,09	0,06	0,05	0,13
	Alta 25011	0,05	0,08	0,15	0,08	0,06	0,07	0,09	0,13	0,08	0,13	0,11	0,15
	Alta 25013	0,05	0,08	0,18	0,17	0,13	0,10	0,05	0,28	0,09	0,14	0,09	0,28 0,28
	Alta 25016	0,18	0,16	0,20	0,14	0,13	0,17	0,17	0,27	0,18	0,26	0,19	0,27
	Alta 25019	0,06	0,08	0,20	0,21	0,14	0,16	0,09	0,18	0,22	0,18	0,18	0,22
Vermelho	Alta 25010	0,07	0,00	0,05	0,05	0,04	0,10	0,05	0,08	0,07	0,10	0,43	0,43
	Alta 25011	0,10	0,05	0,05	0,08	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,10
	Alta 25013	0,05	0,05	0,00	0,05	0,04	0,04	0,08	0,00	0,06	0,13	0,09	0,13 0,59
	Alta 25016	0,09	0,10	0,08	0,15	0,13	0,14	0,15	0,15	0,20	0,23	0,59	0,59
	Alta 25019	0,06	0,04	0,05	0,09	0,10	0,05	0,11	0,13	0,15	0,18	0,09	0,18
Azul	Alta 25010	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,06	0,00	0,10	0,05	0,16	0,05	0,16
	Alta 25011	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,09	0,09	0,07	0,08	0,14	0,14	0,14
	Alta 25013	0,05	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,08	0,07	0,08 0,16
	Alta 25016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,06	0,04	0,04	0,15
	Alta 25019	0,16	0,07	0,04	0,00	0,04	0,05	0,05	0,00	0,05	0,14	0,16	0,16
Preto	Alta 25010	0,05	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,00	0,06	0,05	0,05	0,06
	Alta 25011	0,00	0,04	0,00	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,07	0,00	0,07
	Alta 25013	0,06	0,05	0,08	0,00	0,00	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,08 0,15
	Alta 25016	0,11	0,10	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15
	Alta 25019	0,09	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,09

Na Figura 7 podem ser observadas as curvas espectrais das cinco amostras avaliadas pelo ALTA II os valores de refletância de referência, medidos com espectrofotômetro nas mesmas amostras.

Em geral, as curvas espectrais dos equipamentos ALTA II alcançaram uma boa aproximação com a curva do espectrofotômetro, considerando os onze comprimentos de onda. Apenas no caso da amostra azul houve uma divergência relevante: no comprimento de onda de 735 nm, em três dos equipamentos, os valores foram bem superiores ao de referência.



Posteriormente foi obtido o valor da refletância solar total para cada amostra medida em cada equipamento (Figura 8). Tais dados foram comparados à refletância solar obtida no espectrofotômetro para cada amostra. Com isso foi possível indicar a exatidão dos equipamentos ALTA II, ou seja, a conformidade de seus resultados com relação a valores de referência.

Os resultados obtidos a partir equipamentos ALTA II indicam uma boa aproximação com os valores de referência obtidos no espectrofotômetro para os mesmos comprimentos de onda (470 a 940nm). Nesta faixa, as diferenças entre a refletância determinada pelos equipamentos ALTA II e pelo espectrofotômetro foram de no máximo 2,80% (absoluto, considerando a refletância variando de 0-100%).

Entretanto, a refletância solar deve considerar uma faixa mais ampla (UV, visível e infravermelho próximo). Quando se compara os resultados dos equipamentos ALTA II e a refletância solar total do espectrofotômetro, de 300 a 2500nm, as diferenças chegam a 10,12% (absoluto, considerando a refletância variando de 0-100%). Tal diferença é resultado principalmente da variação da refletância nos comprimentos de onda do infravermelho.

A partir da incerteza máxima encontrada na análise de repetibilidade (0,82%) e na comparação com o valor de referência do espectrofotômetro (10,12%), o erro máximo considerado pode ser dado pela soma quadrática das incertezas, resultando em $\pm 10,15\%$ (absoluto, considerando a refletância variando de 0-100%)

A Figura 9 mostra gráficos comparando as refletâncias espectrais medidas nos equipamentos ALTA II com as medições no espectrofotômetro em todo o espectro solar. Nota-se que as superfícies podem refletir a radiação solar de forma diferenciada na parcela infravermelha do espectro. Por exemplo, a superfície com a pintura branca apresentou elevada refletância na parcela visível, mas um declínio de tal valor ao longo do infravermelho. Na amostra preta, os valores de refletância são quase constantes ao longo do espectro solar. E no caso da pintura amarela, vermelha e azul, a refletância tem oscilações (para mais ou para menos) em alguns comprimentos do infravermelho.

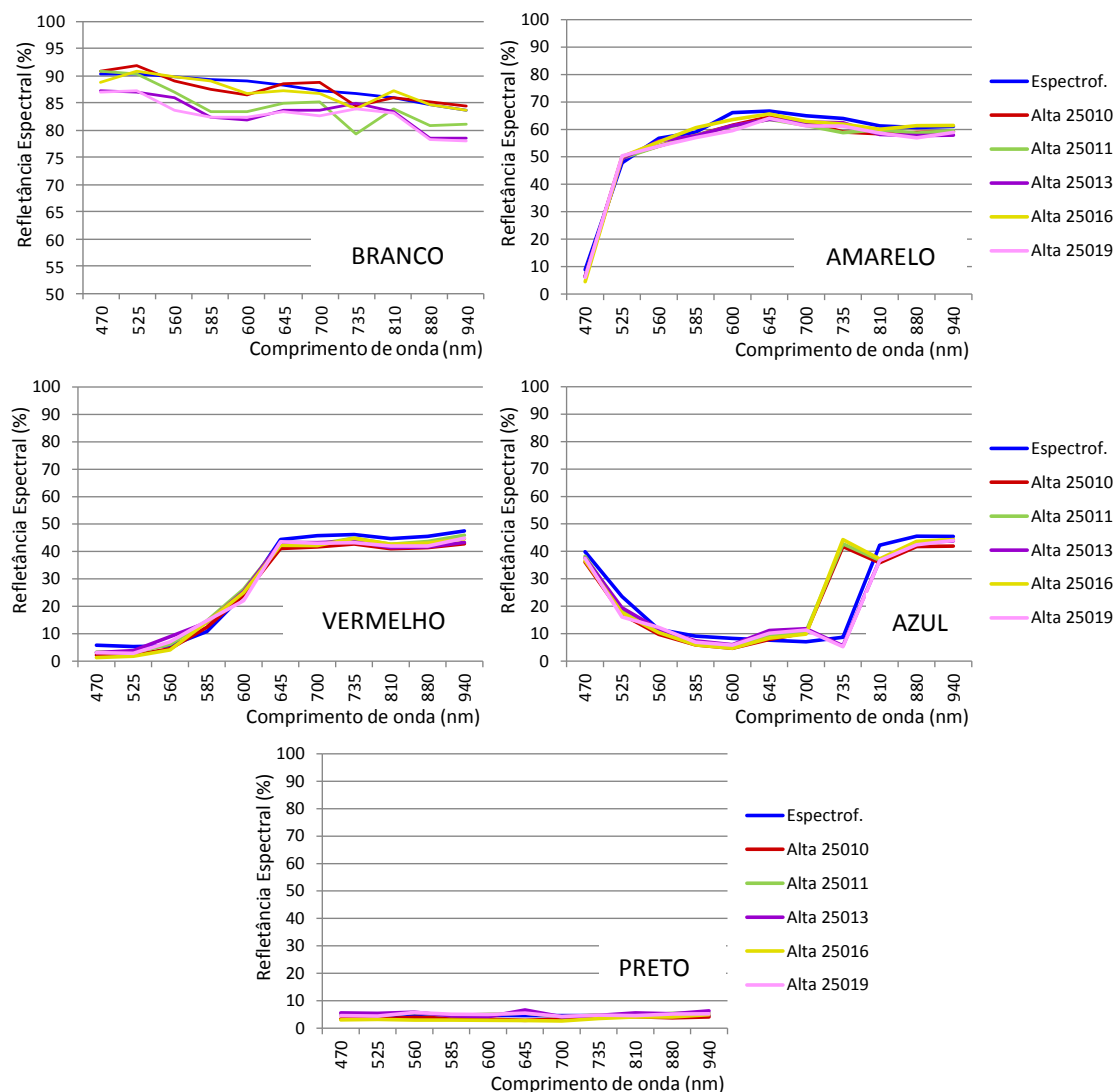


Figura 7 – Refletâncias espectrais das cinco amostras na faixa de medição do ALTA II.

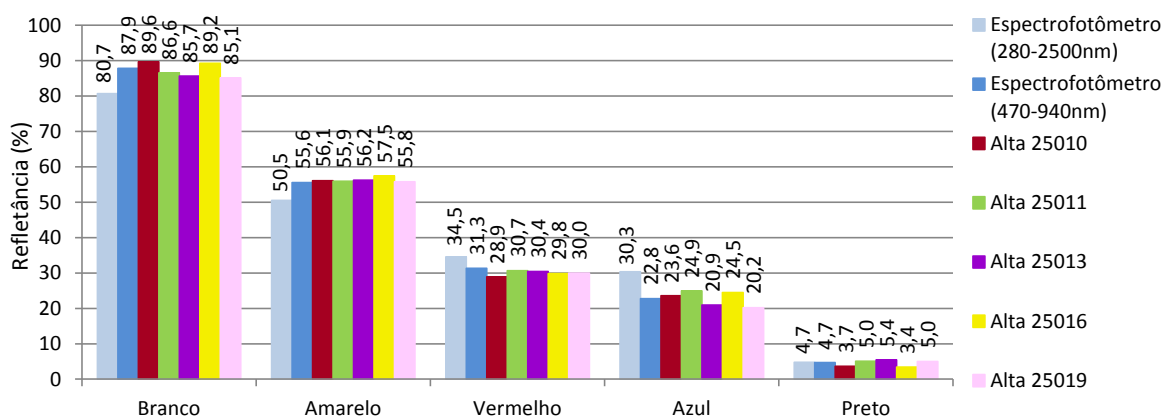


Figura 8 – Comparação dos resultados de refletância solar.

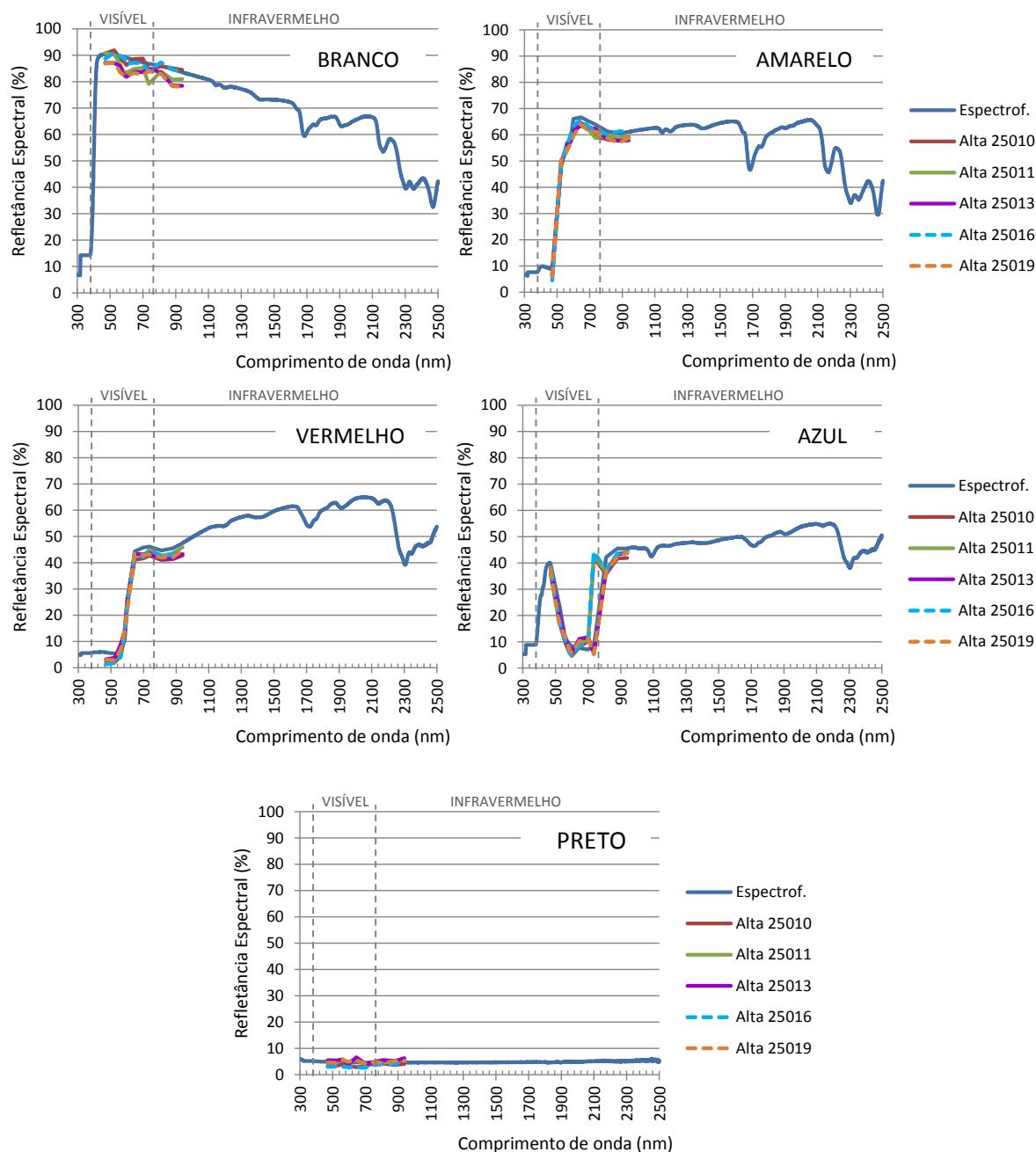


Figura 9 – Refletâncias espectrais das amostras

Observa-se que a variação da refletância espectral na faixa do infravermelho influencia diretamente o valor da refletância solar total das amostras. Sendo assim, a análise indica que valores obtidos a partir de medições com o equipamento ALTA II não deveriam ser considerados como “refletância solar”, pois o equipamento não cobre grande parte do espectro solar. Logo, os valores determinados com o equipamento podem ser considerados apenas como um indicativo da real refletância solar da superfície.



3.2.2. Análise da influência da luminosidade do ambiente nos resultados

A segunda etapa de experimentos consistiu em medições das amostras sob diferentes condições de iluminação. A Figura 10 mostra as refletâncias espectrais médias de cada amostra, nas três condições analisadas, e também os valores de refletância de referência obtidos em laboratório com espectrofotômetro.

Verifica-se que, nas três condições, foi possível obter curvas espectrais similares à curva do espectrofotômetro. Apenas na amostra amarela ocorreu um ponto com diferença significativa: no comprimento de onda de 940 nm, a medição realizada sob o sol, sem proteção, resultou em valor muito superior aos demais.

Também é possível verificar que as amostras mais claras (branca e amarela) foram as que obtiveram resultados com maior influência da luminosidade. Na amostra amarela, a maior diferença entre refletância espectral obtida em medição com o equipamento ALTA II e com o espectrofotômetro ocorreu na análise sob o sol sem proteção e foi de 17,5% no comprimento de onda 940 nm, seguido de 7,8% no comprimento de onda 645 nm. Na amostra branca, a maior diferença foi de 8,8%, no comprimento de onda 560 nm.

Mesmo com resultados muito semelhantes nas três condições, as medições noturnas foram as que apresentaram refletâncias mais próximas aos valores de referência em todas as amostras, com exceção da amostra preta. As medições realizadas sob o sol sem proteção foram as que apresentaram resultados mais distanciados da referência. A Figura 11 mostra um comparativo dos valores de refletância solar total para cada amostra avaliada.

A maior diferença entre valores de refletância solar obtidos com o equipamento ALTA II para a mesma amostra foi de 1,75% na amostra amarela (55,43% à noite e 53,68% sob o sol sem proteção). As menores diferenças ocorreram nos valores para a amostra preta (diferenças inferiores a 0,20%).

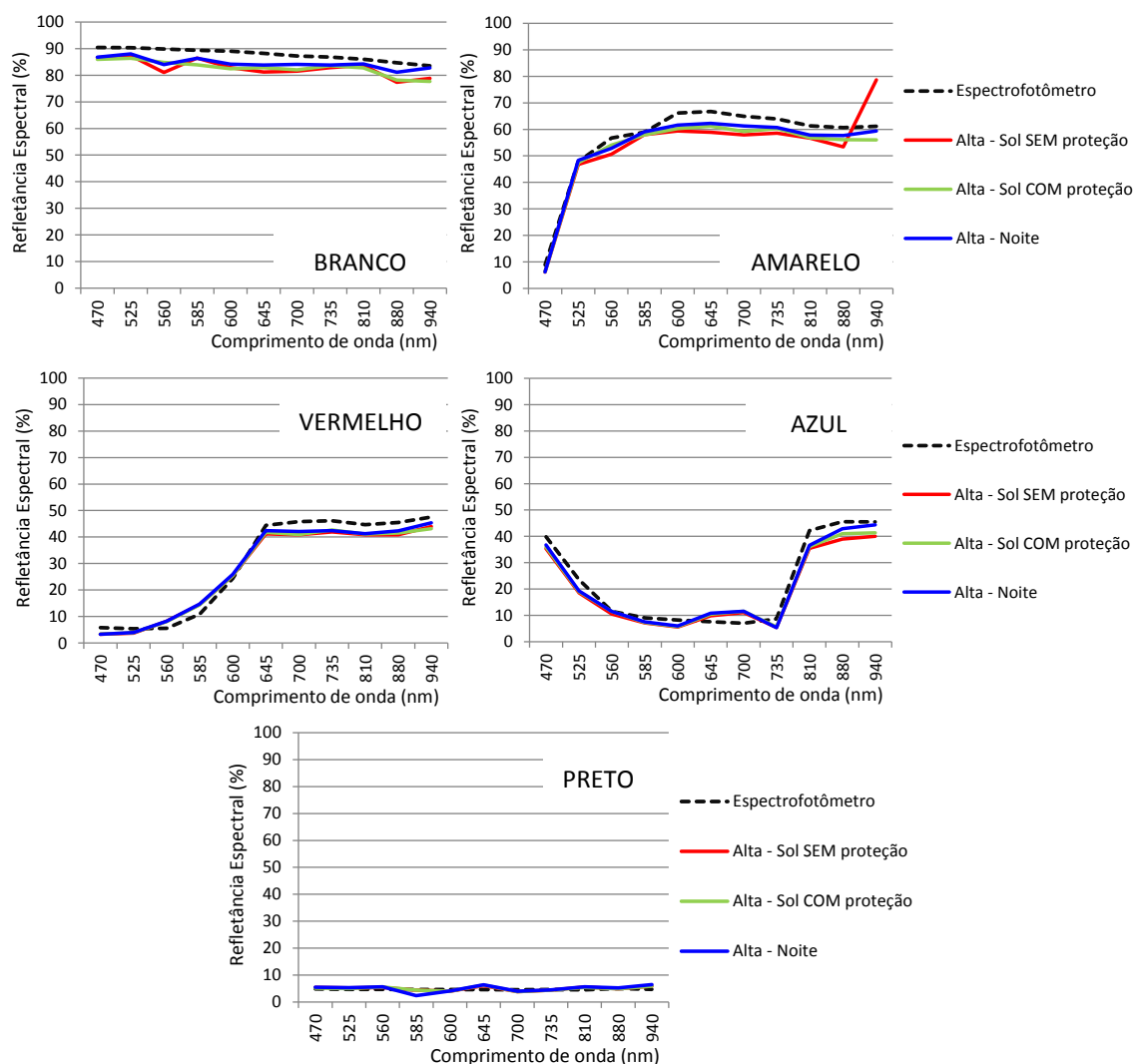


Figura 10 – Refletâncias espectrais das cinco amostras.

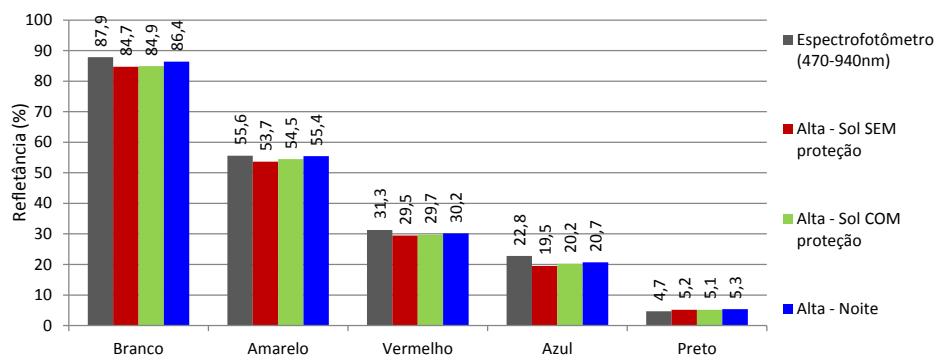


Figura 11 – Comparação dos resultados de refletância solar (integrada apenas nos comprimentos de onda de 470 a 940nm).



Essa análise demonstrou que de fato existe uma influência da luminosidade do ambiente nos resultados de medições realizadas com o equipamento ALTA II. Para amostras planas e lisas, como as analisadas aqui, e medições realizadas cuidadosamente, procurando evitar frestas entre amostra e equipamento, essa influência da luminosidade tem impacto pequeno nos valores de refletância. Porém esse impacto resulta em erros que, mesmo pequenos, devem ser evitados. Sendo assim, recomenda-se que as medições com o equipamento ALTA II sejam realizadas prioritariamente em ambiente sem insolação direta. Quando isso não for possível, deve-se utilizar algum tipo de proteção sobre o equipamento, minimizando a incidência da luz.

3.2.3. Análise da influência da rugosidade da superfície nos resultados

Os últimos experimentos realizados foram medições de duas paredes com pintura texturizadas, sob diferentes condições de iluminação. Entretanto, nesta etapa, não foi possível realizar todas as medições propostas. As medições noturnas e também as medições diurnas com proteção foram realizadas sem problemas. No entanto, no caso das medições diurnas sem proteção, não foi possível completar o experimento com as cinco medições em cada superfície. Como as paredes analisadas nesta etapa (Figura 5) eram texturizadas, a rugosidade não permitia o contato total entre a sua superfície e a superfície inferior do equipamento ALTA II. Isso significa que havia frestas permitindo a interferência da luz do ambiente no sensor localizado na base do equipamento. No período noturno, com pouca luminosidade, a infiltração de luz não foi suficiente para impedir as medições, apesar de ter possivelmente diminuído a precisão dos resultados. No período diurno com proteção, a influência da luz externa foi minimizada pela proteção utilizada (tecido escuro). Já nas medições diurnas sem proteção, a elevada infiltração de luz pela base do equipamento inviabilizou parcialmente as leituras.

Nessas medições sob o sol sem proteção, quando o procedimento de medição era iniciado, o valor mostrado no *display* do equipamento ALTA II ficava oscilando constantemente, sem estabilizar, de forma que não era possível fazer a leitura do valor. Após alguns instantes de oscilação no *display*, o equipamento desligava automaticamente. A leitura só foi possível em alguns períodos quando houve nebulosidade, diminuindo a insolação sobre o equipamento. Sendo assim, na condição diurna sem nenhuma proteção, foram registrados os dados apenas de uma medição em cada amostra (e não cinco medições), que ocorreu em momento de céu parcialmente nublado.

Na Figura 12 são apresentados os resultados do experimento. Para as condições noturna e diurna com proteção, são mostrados valores de refletância espectral média (média das cinco medições em cada comprimento de onda). Para a condição diurna sem proteção, são mostrados os valores de refletância espectral da única medição registrada.

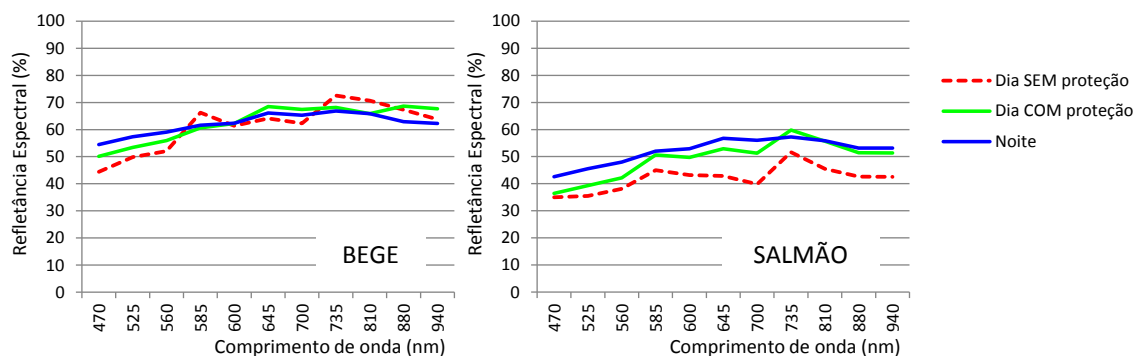


Figura 12 – Refletâncias espectrais das duas superfícies.

Percebe-se que, nas medições nas três condições, os resultados das superfícies rugosas apresentaram discrepâncias bem maiores que o ocorrido nas amostras planas. Nas duas superfícies, as curvas de refletância espectral da medição diurna com proteção e da medição noturna são mais próximas entre si, e a curva da medição diurna sem proteção é mais diferenciada.

A maior variação nos valores de refletância espectral da superfície bege foi de 10,1% no comprimento de onda 470nm (54,5% à noite e 44,4% durante o dia sem proteção). Já a maior diferença na refletância espectral da superfície salmão foi de 16,2% no comprimento de onda 700nm (56,0% à noite e 39,8% durante o dia sem proteção).

Apesar das maiores discrepâncias terem ocorrido com relação à medição diurna sem proteção, mesmo entre as outras duas condições houve disparidades consideráveis. Na superfície bege ocorreu diferença máxima de 5,7% nas refletâncias espectrais do comprimento de onda 880nm (62,9% à noite e 68,6% durante o dia com proteção). Na superfície salmão ocorreu diferença de 6,3% no comprimento de onda 525nm (45,6% à noite e 39,3% durante o dia com proteção).

Tais resultados mostram que nas medições realizadas com o equipamento ALTA II em superfícies rugosas, não é possível garantir resultados confiáveis. Por isso, não se recomenda o uso de tal equipamento para esses casos, independente da condição de iluminação do ambiente.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais o Brasil tem se adaptado à necessidade de construir edificações com melhor desempenho térmico, favorecendo a eficiência energética. Estão em vigência algumas normas e regulamentos que estabelecem parâmetros mínimos de desempenho e dão diretrizes construtivas para adequação das edificações à realidade climática do local.

Dentre as propriedades dos materiais de construção que são determinantes no desempenho térmico, a refletância solar tem relevância destacada para a maior parte do território brasileiro, sujeito à intensa e abundante insolação durante todo o ano.

Para a obtenção de dados confiáveis de refletância solar de materiais de construção, indica-se que sejam realizadas medições. Como alternativa aos métodos normalizados de medição de refletância, alguns pesquisadores brasileiros têm realizado estudos utilizando o espectrômetro portátil ALTA II.

Este trabalho foi desenvolvido a fim de avaliar os resultados obtidos com equipamentos ALTA II, e ainda verificar a influência da luminosidade do ambiente e da rugosidade da superfície sobre os valores obtidos com este equipamento.

Os experimentos demonstraram que os valores obtidos a partir de medições com o ALTA II não representam de fato a refletância solar das superfícies medidas, pois o equipamento não é capaz de fornecer dados da parcela infravermelha do espectro solar. Os resultados representam de forma satisfatória a refletância na parcela visível do espectro e de alguns comprimentos do infravermelho. Sendo assim, estes valores deveriam ser utilizados apenas como um indicativo da real refletância solar da superfície.

As análises realizadas neste estudo, considerando o espectro solar (300-2500 nm), mostraram que a partir da incerteza máxima encontrada na avaliação de repetibilidade (0,82%) e na comparação com o valor de referência do espectrofotômetro (10,12%), o erro máximo estimado pela soma quadrática das incertezas é de $\pm 10,15\%$ (considerando a refletância variando de 0-100%), ou, em termos absolutos, aproximadamente $\pm 0,10$ (para refletância variando de 0-1).

É importante destacar que as amostras utilizadas nesta avaliação foram obtidas com a aplicação de tintas convencionais, logo a incerteza estimada neste relatório não é válida para medições em superfícies com aplicações de materiais “frios” (*cool paints* ou *cool surfaces*).



Conclui-se, ainda, que a luminosidade do ambiente pode influenciar os resultados de medições realizadas com o espectrômetro portátil ALTA II, sendo essencial evitar frestas entre a amostra e a base do equipamento e priorizar ambientes sem insolação direta para as medições. Quando isso não for possível, deve-se utilizar algum tipo de proteção sobre o equipamento, minimizando a incidência da luz.

Por fim, pode-se afirmar também que o espectrômetro portátil ALTA II só deve ser utilizado para análise de superfícies planas e lisas. Para medições de superfícies rugosas, deve-se adotar o método normalizado mais adequado.



REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C1549 – 09**: Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer. ASTM International, 2009.

_____. **E903 – 12**: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. ASTM International, 2012a.

_____. **E1918 – 06**: Standard test method for measuring solar reflectance of horizontal and low-sloped surfaces in the field. ASTM International, 2006.

_____. **G173 – 03** (Reapproved 2012): Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface. ASTM International, 2012b.

DORNELLES, K. A. **Absortância Solar de Superfícies Opacas: Métodos de Determinação e Base de Dados para Tintas Látex Acrílica e PVA**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado. Campinas, 2008.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Relatório de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil – Sumário Executivo – Ano base 2005**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2009.

MARINOSKI, D. L.; ORIGE, L. P.; GUESSER, A.; GUTHS, S.; LAMBERTS, R. Análise comparativa de valores de refletância solar de superfícies opacas utilizando diferentes equipamentos de medição em laboratório. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2013, Brasília. **Anais...** Brasília, 2013.

MUNIZ, Lígia Parreira; PEZZUTO, Claudia Cotrim. Medições de refletância através do espectrômetro portátil ALTA II. In: XIX Encontro de Iniciação Científica, 2014, Campinas. **Anais...** Campinas: PUC, 2014.

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

SANGOI, Juliana M.; RAMOS, Greici; LAMBERTS, Roberto. Análise das medições de absorptância através do espectrômetro ALTA II. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010.

SANTOS, E. I.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Influência do ambiente de medição sobre a verificação da absorptância de superfícies opacas utilizando um espectrômetro portátil. In: X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais...** Natal: ANTAC, 2009.