



## ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DE ABSORTÂNCIA ATRAVÉS DO ESPECTRÔMETRO ALTA II

**Juliana M. Sangoi (1); Greici Ramos (2); Roberto Lamberts (3)**

(1) Acadêmica de Engenharia Civil, julimaysangoi@hotmail.com

(2) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, greici@labeee.ufsc.br

(3) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, lamberts@labeee.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721 5184

### RESUMO

O espectrômetro Alta II é um instrumento muito usado em laboratórios para medição de absorção solar, por ser um equipamento de baixo custo, fácil operação e oferecer resultados bastante próximos aos do espectrofômetro. No entanto, o aparelho é muito sensível ao meio, o que acaba gerando resultados variáveis. Este trabalho tem por objetivo analisar os diferentes fatores que interferem no procedimento de medição de absorção com o Alta II. A análise foi feita através da comparação dos valores obtidos com o espectrômetro para uma mesma superfície em diferentes situações: em ambiente interno e externo e nas mesmas condições, mas por operador sem experiência e por operador experiente. A partir da comparação dos resultados, encontraram-se diferenças de até 20% entre os valores de medições feitas em ambientes e em dias diferentes. A análise do estudo mostra que os valores obtidos com o Alta II podem variar dependendo da pessoa que faz a medição, devido à oscilação que o equipamento apresenta ao medir a voltagem em alguns comprimentos de onda. Isso faz com que sejam obtidos valores diferentes para medições feitas nas mesmas condições, mas em dias diferentes. Em todas as análises as cores mais escuras apresentaram leituras mais estáveis, o que faz com que seus valores finais de absorção sejam menos variáveis.

Palavras-chave: absorção solar, medição, espectrômetro portátil.

## 1. INTRODUÇÃO

A absorância solar é uma propriedade dos elementos construtivos que relaciona a taxa de radiação solar absorvida por uma superfície com a taxa de radiação solar incidente sobre essa mesma superfície (ABNT, 2005a). Essa propriedade exerce grande influência no ganho de calor das edificações, sendo que de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (2009), é pré-requisito para níveis A e B da envoltória que a absorância de paredes e coberturas seja menor que 0,4.

Um dos instrumentos mais utilizados para medição de absorância solar é o espectrômetro portátil ALTA II, por ser, segundo Dornelles (2008), um equipamento de baixo custo, fácil operação e oferecer resultados bastante próximos aos do espectrofotômetro. No entanto, os resultados obtidos com esse aparelho para uma mesma amostra em diferentes medições são variáveis, principalmente em razão da influência da iluminação do ambiente em que a medição é realizada.

Segundo Santos, Marinoski e Lamberts (2009), a melhor forma de medição da absorância é a utilização de uma câmara escura que vede completamente a infiltração de luz. No entanto, essa condição ideal nem sempre pode ser atendida, visto que por vezes não é possível obter uma amostra de edifícios já construídos para análise em laboratório. Na etapa de inspeção do edifício para obtenção da Etiqueta de Conservação de Energia, em muitos casos não estão disponíveis amostras de revestimentos de edificações existentes, devendo-se realizar a medida diretamente sobre o edifício, em ambiente externo. Estas medições estão sujeitas a maior dispersão nos valores finais de absorância devido à radiação solar ser mais intensa neste ambiente. Outro fator que influencia o resultado do ALTA II é o operador que realiza a medição. Os valores de voltagem indicados pelo instrumento não são fixos, sendo influenciados pela força com que os botões do aparelho são pressionados, pela distância entre o sensor do equipamento e a amostra, pela captação de luz externa pelo sensor, entre outros. Se o operador (inspetor) não atentar para esses fatores na execução da medição ou na interpretação das leituras, o valor de absorância obtido pode não ser preciso.

Desse modo, este artigo discute a influência da técnica do operador no processo de medição com o ALTA II, e os cuidados e condições ideais de medição para a obtenção de valores confiáveis de absorância.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar as influências decorrentes do operador nas medições de absorância solar de superfícies opacas com o uso do espectrômetro portátil ALTA II, e avaliar a sua relevância nos procedimentos de inspeção.

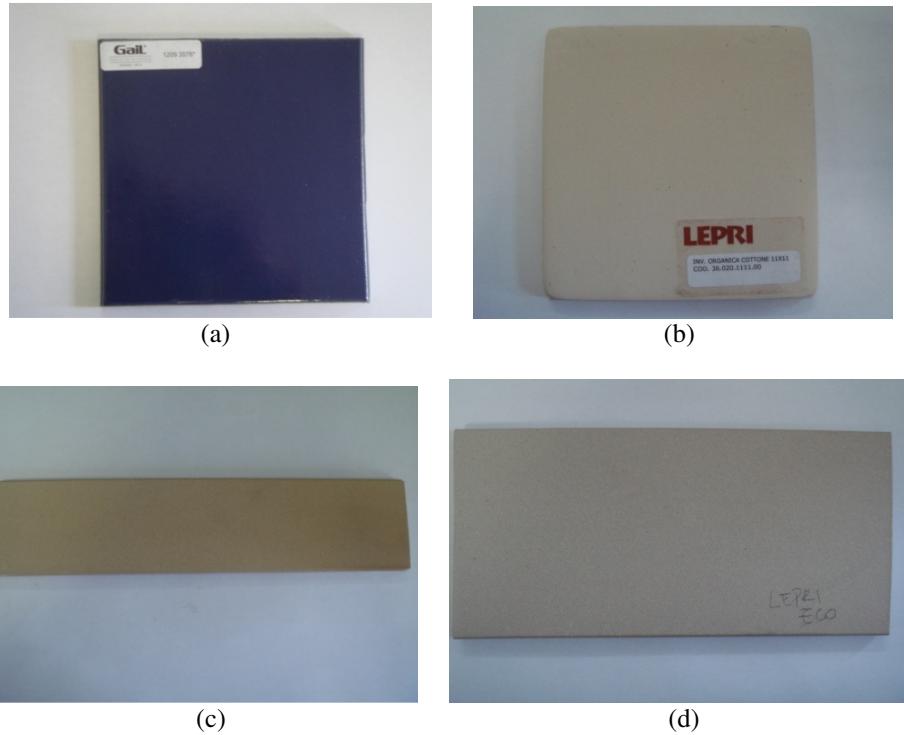
## 3. MÉTODO

Foram realizadas medidas de absorância solar em tintas, cerâmicas e telhas metálicas, através do espectrômetro portátil ALTA II, em diferentes condições de medição.

### 3.1 Materiais analisados

#### 3.1.1. Pastilhas cerâmicas

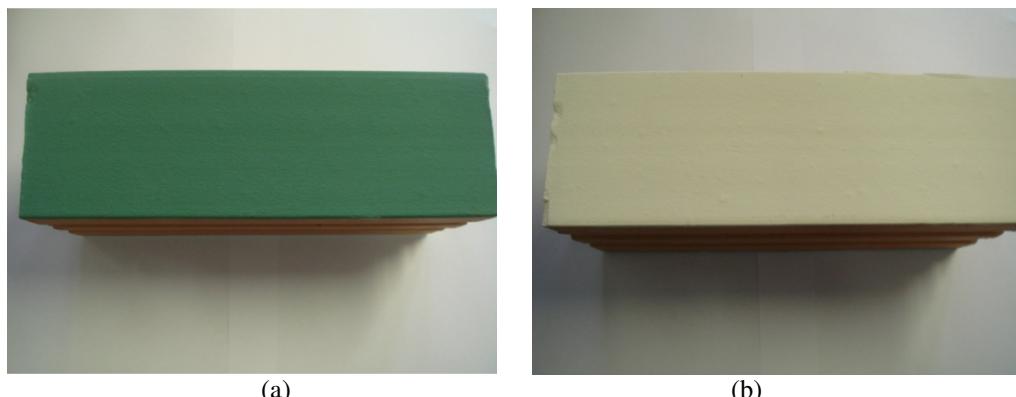
Foram analisadas quatro pastilhas cerâmicas para fachadas, sendo duas cerâmicas da marca Gail, das cores “Azul Cobalto” e “Amêndoas” e duas da marca Lepri, das cores “Cottone” e “Bege” (Figura 1).



**Figura 1** – Amostras cerâmicas analisadas: Azul Cobalto (a), Cottone (b), Amêndoa (c) e Bege (d)

### 3.1.2. *Tintas*

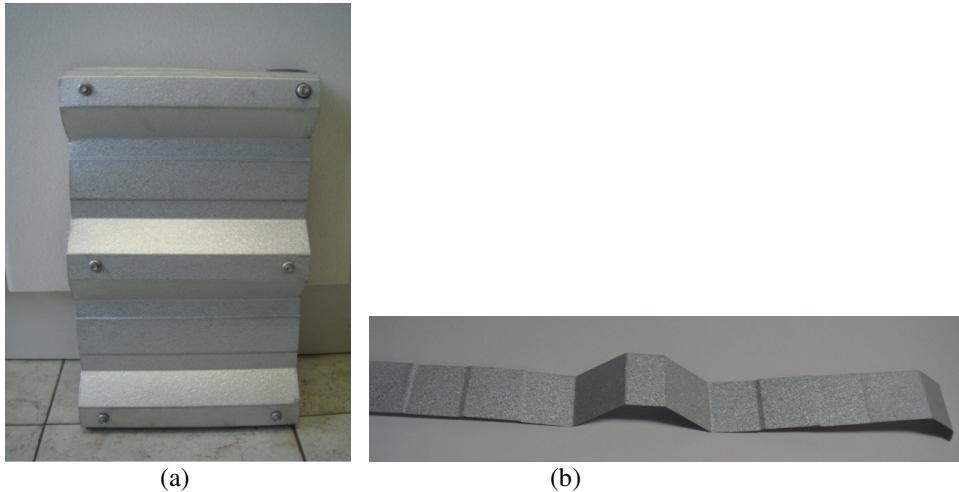
Foram analisadas tintas acrílicas foscas das cores Verde e Palha. Essas tintas foram aplicadas sobre tijolos cerâmicos, sendo feita primeiramente uma demão com tinta cinza clara como fundo, para evitar que a cor do tijolo interfira no resultado. A seguir foram aplicadas duas demãos das tintas sobre o fundo (Figura 2).



**Figura 2** – Amostras de tintas analisadas: Verde (a) e Palha (b)

### 3.1.3 *Telhas Metálicas*

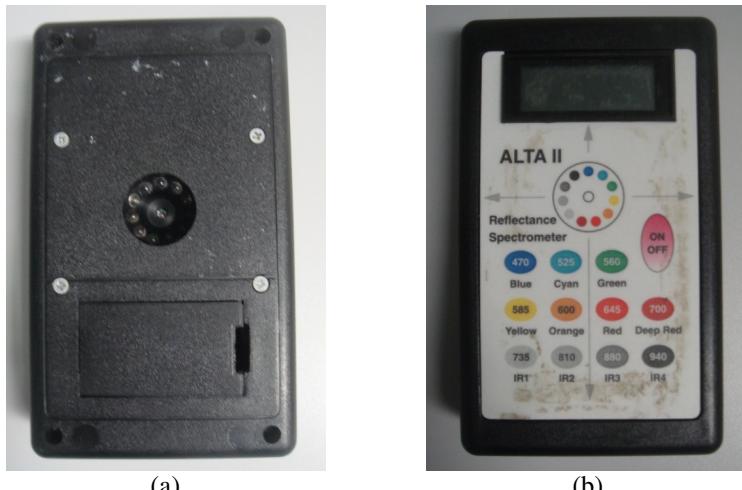
Foram testadas duas amostras de telhas metálicas trapezoidais de espessura 0,5mm, de Galvalume e Aluzinc (Figura 3).



**Figura 3** – Amostras de telhas metálicas: Aluzinc (a) e Galvalume (b)

### 3.2 Procedimentos de medição com o ALTA II

O espectrômetro ALTA II foi desenvolvido pelo Lunar and Planetary Institute, no Texas. Na base do equipamento (Figura 4a) encontra-se um orifício circular com 11 lâmpadas, cada uma correspondente a um comprimento de onda: 470nm (Blue), 525nm (Cyan), 560nm (Green), 585nm (Yellow), 600nm (Orange), 645nm (Red) e 700nm (Deep Red), na região do visível, e 735nm (IR1), 810nm (IR2), 880nm (IR3) e 940nm (IR4) na região do infravermelho. Na parte frontal do aparelho (Figura 4b) encontram-se 11 botões que, quando pressionados, acendem a lâmpada correspondente, emitindo energia. No centro do orifício há um sensor que capta a energia refletida, cujo valor em mili volts (mV) é indicado em uma tela na parte frontal do equipamento. Quando ligado, mesmo sem pressionar nenhum botão, o instrumento indica uma leitura que é conhecida como “dark voltage” ou voltagem de fundo (SANTOS; MARINOSKI; LAMBERTS, 2009).



**Figura 4** - Base (a) e frente (b) do espectrômetro ALTA II

O procedimento de medição, de acordo com Santos, Marinoski e Lamberts (2009), consiste em obter as voltagens para cada comprimento de onda e a voltagem de fundo para a amostra a ser analisada e para uma amostra de referência (folha de papel branco comum Ripax 75g/m<sup>2</sup>). Para cada amostra, inclusive a de referência, foram realizadas três leituras de voltagem para cada comprimento de onda, adotando-se o valor médio. Os cálculos de refletância para cada comprimento de onda e a correção do valor de absorção a partir do espectro solar padrão foram feitos de acordo com Santos, Marinoski e Lamberts (2009).

### 3.2.1 Análise do operador

Inicialmente, as amostras foram medidas por operador sem experiência<sup>1</sup>, seguindo o procedimento descrito anteriormente. Os experimentos foram realizados em ambiente interno, e não foram tomados cuidados em relação à vedação do equipamento contra a infiltração de radiação; apenas colocou-se o aparelho sobre a amostra e realizou-se a medição.

Durante alguns meses foram realizadas diversas medidas de absorção e o operador adquiriu experiência no processo. Foram realizadas novas medições das amostras, nas mesmas condições anteriores (ambiente interno e sem vedação). Nas novas medições foram tomados os seguintes cuidados durante o procedimento, não observados anteriormente:

- Pressionar o aparelho de maneira uniforme, não deixando que fique “bambo” sobre a amostra;
- Evitar diferenças de altura entre o sensor e a amostra, evitando que a radiação emitida pelo equipamento se espalhe ou que infiltre luz pelas bordas;
- Pressionar os botões de cada comprimento de onda até que o valor da voltagem estabilize;
- Para os comprimentos de onda 560nm (Green), 585nm (Yellow) e 600nm (Orange), os valores de voltagem diminuem continuamente, devendo ser adotado o maior valor lido;
- Para o comprimento de onda 940nm (IR4), o valor de voltagem aumenta continuamente, devendo ser adotado o valor verificado logo nos primeiros sinais de estabilização;
- Verificar se a bateria do equipamento está com a carga completa;
- Dobrar a folha de papel branco (amostra de referência) para evitar que a superfície sob ela interfira no resultado.

### 3.2.2. Ambiente de Inspeção

Como para a inspeção de edifícios construídos é comum a necessidade de se realizar medições de absorção em ambiente externo, as amostras de tintas e cerâmicas foram medidas em ambiente interno (ideal) e externo para avaliação das possíveis variações ocorridas em inspeções in loco.

As medições internas foram feitas em ambiente fechado, dentro do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, protegidos da iluminação direta. As medições em ambiente externo foram realizadas no estacionamento do Departamento de Engenharia Civil da UFSC, em Florianópolis, latitude 27°35'S, sem exposição solar direta.

No ambiente externo, por haver maior intensidade de luz, os valores de voltagem e de fundo variavam consideravelmente durante a medição. Por isso, optou-se por utilizar algum tipo de vedação que minimizasse a infiltração de luz no sensor, pois sem vedação os resultados não seriam precisos. Para os tijolos cerâmicos, a medição foi feita dentro de uma câmara escura, que consiste em uma caixa de papelão preta com uma abertura frontal, ficando exposta apenas a frente do aparelho. Esta é a condição ideal de medição, entretanto, não é possível utilizá-la durante a inspeção de edifícios. Por isso, para as cerâmicas e para as telhas, a vedação foi feita com um tecido preto, que embora não seja tão eficiente quanto à câmara escura, reduz a infiltração de luz, proporcionando resultados menos imprecisos do que sem nenhum tipo de vedação.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Comparação entre medições feitas nas mesmas condições, mas em dias diferentes, pelo mesmo operador

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os valores obtidos nas medições feitas por operador sem experiência e por operador experiente, ambas em ambiente interno e sem vedação.

---

<sup>1</sup> Para efeitos deste artigo, considera-se operador sem experiência aquele que possui conhecimento técnico e que recebeu treinamento específico, sem, contudo, possuir conhecimento prático na realização das medições.

**Tabela 1** – Absortâncias das amostras analisadas por operador sem experiência e por operador experiente

Amostra	1 <sup>a</sup> medição - Operador sem experiência	2 <sup>a</sup> medição - Operador experiente	Diferença absoluta	Diferença %
Cerâmica Azul Cobalto	0,801	0,823	-0,022	-2,7%
Cerâmica Amêndoaa	0,459	0,534	-0,075	-16,3%
Cerâmica Cottone	0,328	0,368	-0,04	-12,2%
Cerâmica Bege	0,460	0,517	-0,057	-12,4%
Tinta Verde	0,834	0,829	0,005	0,6%
Tinta Palha	0,242	0,195	0,047	19,4%
Telha aluzinc	0,443	0,458	-0,015	-3,4%
Telha galvalume	0,549	0,485	0,064	11,7%

Observa-se que as menores diferenças (2,7 e 0,6%) entre os resultados são percebidas nas amostras de cores escuras (cerâmica azul cobalto e tinta verde). Durante a medição, estas amostras apresentam leituras de voltagens bem mais estáveis do que as amostras de cores claras, o que garante menos erros durante as medidas e resulta em uma absorção final mais precisa.

As amostras de cores claras apresentaram maiores variações entre os valores obtidos. O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos estabelece uma absorção limite de 0,4, que, por ser um valor baixo, exige maior atenção durante o procedimento de medição para que a envoltória seja avaliada corretamente.

Para avaliar melhor a influência do operador nos resultados, foi feita uma terceira medição das cerâmicas Amêndoaa, Bege e Cottone por operador experiente, nas mesmas condições anteriores. A comparação entre os resultados obtidos é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2** – Absortâncias das cerâmicas Amêndoaa, Bege e Cottone analisadas por operador sem experiência e por operador experiente

Amostra	1 <sup>a</sup> medição - Operador sem experiência	2 <sup>a</sup> medição - Operador experiente	3 <sup>a</sup> medição - Operador experiente	Diferença absoluta entre 1 e 2	Diferença % entre 1 e 2	Diferença absoluta entre 2 e 3	Diferença % entre 2 e 3
Cerâmica Amêndoaa	0,459	0,534	0,513	-0,075	-16,3%	0,021	3,9%
Cerâmica Bege	0,460	0,517	0,499	-0,057	-12,4%	0,018	3,5%
Cerâmica Cottone	0,328	0,368	0,369	-0,040	-12,2%	-0,001	-0,3%

Podemos observar que as variações entre as medições feitas por operador sem experiência, diferença máxima de 16,3%, foram bem maiores que entre as medições feitas por operador experiente, diferença máxima de 3,9%, mostrando a importância da experiência e treinamento do operador.

A partir dessa análise, podemos buscar um valor de erro que possa ser tolerado entre as medições de uma mesma amostra. As cerâmicas Amêndoaa e Areia apresentaram em todas as medições valores de absorção próximos entre si, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3** - Diferenças entre as amostras Amêndoa e Areia para cada medição

	1 <sup>a</sup> medição - Operador sem experiência	2 <sup>a</sup> medição - Operador experiente	3 <sup>a</sup> medição - Operador experiente
<b>Diferença absoluta</b>	-0,001	0,017	0,014
<b>Diferença %</b>	-0,2%	3,2%	2,7%

A maior diferença encontrada entre as duas cerâmicas foi de 3,2%. As diferenças entre medições realizadas para uma mesma amostra por operador experiente não ultrapassam 3,9%, como mostrado na Tabela 2. Considerando que diferenças de até 5% podem ser aceitas, as cerâmicas Amêndoa e Bege possuem praticamente a mesma absorção. Esta diferença considera apenas o erro em relação ao operador, devendo também ser analisados os erros em relação ao ambiente (interno e externo) e do próprio equipamento.

#### **4.2 Comparação entre medições feitas em ambiente interno e externo, com vedação**

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para as medições em ambiente interno e externo das cerâmicas e das tintas, utilizando-se vedação para impedir a infiltração de luz. A influência do ambiente de medição é importante para análise dos fatores que interferem na inspeção in loco.

**Tabela 4** - Absorções das cerâmicas e tintas em medições realizadas em ambiente interno e externo

Amostra	Ambiente Interno	Ambiente Externo	Diferença absoluta	Diferença %
Cerâmica Azul Cobalto	0,823	0,825	-0,002	-0,2%
Cerâmica Amêndoa	0,518	0,509	0,009	1,7%
Cerâmica Cottone	0,387	0,308	0,079	20,4%
Cerâmica Areia	0,514	0,497	0,017	3,3%
Tinta Verde	0,842	0,836	0,006	0,7%
Tinta Palha	0,252	0,239	0,013	5,2%

Durante a medição, tanto em ambiente interno quanto externo, as amostras de cores escuras (cerâmica azul cobalto e tinta verde) apresentaram menores variações nos valores de voltagem, resultando em menores diferenças (0,2% e 0,7%) nos valores finais de absorção do que as amostras de cores claras.

A cerâmica Cottone possui a segunda menor absorção, mas apresentou a maior diferença entre as medições. A vedação dessa amostra foi feita com um tecido preto, que não impede perfeitamente a infiltração de luz. A tinta Palha, que possui a menor absorção, não apresentou uma diferença tão significativa entre as medições porque foi utilizada a câmara escura, cuja vedação é considerada ideal.

Sem a vedação do equipamento, os valores de voltagem e de fundo sofrem grandes alterações, dificultando a leitura. Assim, é imprescindível a utilização de algum tipo de vedação que impeça a infiltração de luz, sendo que quanto mais eficaz a vedação mais precisos serão os resultados.

Durante a inspeção de edifícios construídos, não é possível a utilização da câmara escura, devendo-se por isso utilizar a vedação com tecido preto ou outro material opaco. O cuidado com a vedação do equipamento deve ser ainda maior na análise de amostras de cores claras, que estão sujeitas a maiores variações nos resultados.

## 5. CONCLUSÕES

Evidenciou-se a importância do treinamento do operador que realiza a medição de absorância com o ALTA II. Embora seja um instrumento simples, seu uso requer alguns cuidados especiais. Durante os experimentos se observou que por várias vezes o valor de voltagem indicada não era estável. Deve-se buscar a leitura mais precisa possível, pois a interpretação errada dos valores indicados pelo equipamento pode gerar alterações no valor final de absorância.

Alguns comprimentos de onda demoram um pouco para apresentar um valor estável de voltagem, por isso deve-se manter o botão pressionado até que o visor estabilize em um único valor. O valor da voltagem também é influenciado pela força com que se pressiona o aparelho. Ao se aplicar uma força menor sobre o botão, o aparelho emitirá radiação com menor intensidade, alterando o valor da voltagem refletida. Alguns comprimentos de onda, como Red (645nm), Deep Red (700nm) e alguns infravermelhos apresentaram maior sensibilidade ao pressionamento dos botões, o que pode fazer com que o operador assuma valores errados. Além disso, durante a medição o aparelho deve ser pressionado uniformemente sobre a amostra, evitando a infiltração de luz pelas bordas e diferenças de altura entre o sensor e a superfície medida, fazendo com que a radiação emitida se perca.

Algumas amostras, como as telhas metálicas, possuem superfícies irregulares que dificultam a medição, pois se o instrumento não estiver bem apoiado sobre a amostra pode ocorrer o espalhamento da radiação e infiltração de luz externa. Nesses casos, o operador deve ter a preocupação de garantir que o contato entre o orifício na base do aparelho e a superfície da amostra seja o mais perfeito possível.

Percebe-se que amostras de cores escuras (absorância alta) geram leituras de voltagem mais estáveis, mesmo para os comprimentos de onda citados anteriormente. Com isso, os resultados finais de absorância apresentam menores diferenças entre as medições.

Amostras de cores claras (absorância baixa) apresentam maiores variações nas voltagens, e consequentemente, maiores diferenças nos resultados. Como para melhor desempenho térmico das edificações buscam-se superfícies de absorância baixa, devem ser tomados cuidados ainda maiores durante a medição de absorância destas superfícies para uma correta avaliação da eficiência energética do edifício.

A folha de papel branca (amostra de referência), por possuir uma absorância muito baixa, apresenta valores de voltagem muito instáveis. Por ser usada como referência nos cálculos, alterações durante a sua medição podem influenciar nos resultados finais. Para garantir maior confiabilidade nas medidas de voltagem da folha branca, recomenda-se que sejam feitas três leituras para cada comprimento de onda, e se adote o valor médio. Esse procedimento foi indicado por Santos, Marinoski e Lamberts (2009) para as medidas das amostras analisadas, mas deve ser adotado também para a amostra de referência. Além disso, devido às variações dos valores de voltagem durante a medição, recomenda-se que se faça a medida da folha de papel branca a cada duas ou três amostras analisadas.

Quanto ao ambiente em que a medição é realizada, podemos observar que em ambiente externo a medição fica muito mais sensível e sujeita a erros. Devido à maior incidência de radiação, os valores de voltagem e de fundo indicados pelo equipamento não estabilizam em um único valor. Alguns cuidados do operador podem ajudar a corrigir essa situação, como pressionar o instrumento de maneira uniforme sobre a amostra, diminuindo o espaço entre ela e a base do aparelho, e consequentemente reduzindo a infiltração de luz. Entretanto, é importante ressaltar a necessidade de utilizar sempre algum tipo de vedação e evitar fazer a medição com exposição solar direta.

Quanto maior o conhecimento prático do inspetor sobre a realização de medições com o ALTA II, mais precisos serão os resultados obtidos, pois ele terá a preocupação em utilizar o melhor sistema de vedação possível, em escolher o ambiente de medição mais adequado, além de outros cuidados operacionais que foram citados anteriormente. Entretanto, ainda devem ser realizados mais testes para avaliação dos fatores que influenciam nas medições e para estabelecer critérios de aceitação das diferenças entre os valores obtidos.

## **6. REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-1: Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades**, Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005b.

DORNELLES, K. A. **Absortância Solar de superfícies opacas: Conceitos, Métodos de determinação e base de dados para tintas imobiliárias**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

**Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. 2009.

SANTOS, E.I.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS R. Influência do Ambiente de Medição sobre a Verificação da Absortância de Superfícies Opacas Utilizando um Espectrômetro Portátil. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal - RN, 2009, **Anais...** ENCAC 2009.

## **7. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento deste projeto.