

ABORDAGENS DA DETERMINAÇÃO DA EMISSIVIDADE DE
SUPERFÍCIES NATURAIS E DA IRRADIÂNCIA
AMBIENTAL NO INFRAVERMELHO TERMAL

Admilson da Penha Pacheco e Ícaro Vitorello
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
C.P. 515 - São José dos Campos - SP
Departamento de Geofísica Espacial

RESUMO

Este trabalho apresenta procedimentos experimentais para a determinação em campo da emissividade de superfícies naturais e da irradiância ambiental, na faixa espectral do infravermelho termal. Estes dois parâmetros são essenciais em trabalhos de sensoriamento remoto termal e neste estudo são determinados a partir de medidas de temperatura radiométrica do alvo terrestre por um radiômetro termal que opera entre 8 a 14 μm , de uma cavidade cônica cuja parede interna é altamente refletora para simular uma cavidade de corpo negro e de uma ou duas superfícies de referência de emissividades conhecidas. Diversas alternativas de abordagem e resultados preliminares para diversos alvos da superfície terrestre são apresentados e discutidos.

1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento da emissividade é importante não só por ser um fator essencial na estimativa de temperaturas de superfícies terrestres a partir de dados de sensoriamento remoto, mas também porque é um parâmetro físico importante dentre as propriedades específicas da matéria. Diversos trabalhos tem mostrado que o conteúdo de umidade em solos pode ser determinado a partir de valores correspondentes de temperaturas radiométricas. Taylor (1979) evidenciou que solos contendo alta percentagem de quartzo, apresentavam temperaturas radiométricas com decréscimo de 6°C comparadas com solos orgânicos à mesma temperatura termodinâmica. A emissividade e a temperatura absoluta são parâmetros funcionais que caracterizam a temperatura radiométrica obtida a partir de radiômetros que operam no infravermelho termal. Fuchs e Tanner (1968), obtiveram para solos arenosos, emissividades de 0,90 para 0,7% de água e 0,94 para 8,4% de água. O que mostra, neste caso, um aumento da emissividade com o

teor de água. Os procedimentos de determinação da emissividade existentes na literatura fundamentam-se na utilização de radiômetros infravermelho, em laboratórios e campo. Em laboratório, sob condições controladas, a determinação da emissividade é facilitada; entretanto, em campo a determinação da emissividade é mais difícil, já que alterações na radiação ambiental podem influir consideravelmente no registro das temperaturas radiométricas. Assim, torna-se necessário minimizar os efeitos das radiancias provenientes do ambiente sobre o alvo investigado ou, encontrar uma forma de medi-las para eliminar a incerteza no sinal detectado.

2 - PROCEDIMENTOS

Considerando que se tem, em campo, uma superfície em equilíbrio termodinâmico e que a radiancia detectada por um radiômetro infravermelho de faixa espectral de 8 a 14 microns, é expressa em função da aproximação da lei de Stefan-Boltzmann, pode-se admitir que:

$$\sigma T_{\alpha}^4 = \epsilon \sigma T_s^4 + (1 - \epsilon) E \quad (1)$$

onde

T_{α} = temperatura radiométrica em Kelvins

σ = constante de Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$

ϵ = emissividade direcional da superfície na faixa espectral do radiômetro

T_s = temperatura termodinâmica da superfície em Kelvins

E = irradiância ambiental em W/m^2 .

De acordo com a equação citada anteriormente, a determinação experimental da emissividade de uma superfície natural é estabelecida a partir da obtenção das temperaturas radiométricas e termodinâmicas da superfície e da irradiância ambiental. A temperatura radiométrica é obtida, diretamente com o radiômetro infravermelho PRT-5 posicionado na direção da normal à superfície, numa altura fixada de acordo com o seu campo de visada (20 ou 2 graus) e com a dimensão do alvo em estudo. Para se determinar a temperatura termodinâmica da superfície, rejeita-se a utilização dos termômetros de contato, por estes serem impróprios e imprecisos no tratamento de alvo naturais. Utiliza-se o radiômetro infravermelho PRT-5 conectado com o alvo por intermédio de um cone

de alumínio com cavidade de corpo negro em seu vértice. Nesta situação a temperatura radiométrica registrada pelo radiômetro é equivalente a temperatura absoluta da superfície. Entretanto, é necessário que a face interna do cone seja extremamente refletora e que a relação entre a área da cavidade e a área da base do cone seja bem pequena para que o cone comporte-se como uma boa aproximação de um corpo negro. Outras alternativas podem ser utilizadas para se alcançar o mesmo objetivo, como por exemplo, utilizar um cone de isopor revestido com folha alumínio, utilizar uma panela de alumínio com furo central no fundo ou uma caixa de isopor revestida com folha de alumínio. Estas opções são soluções caseiras que podem trazer resultados confiáveis na estimativa de temperaturas absolutas de superfícies naturais a partir de determinações radiométricas. Para se determinar a irradiância ambiental, geralmente utiliza-se uma superfície de referência de alta ou baixa emissividade sobre o alvo estudado, visando desta forma simular as potências externas provenientes do ambiente. Utilizando-se a equação (1) para uma superfície de referência de emissividade conhecida obtém-se a irradiância ambiental em função das temperaturas radiométrica e absoluta da superfície de referência. O procedimento de determinação destas temperaturas é análogo ao descrito anteriormente, acrescentando que a temperatura absoluta da superfície pode ser obtida com a utilização de termômetros de contato. Utilizando a mesma fundamentação teórica e experimental pode-se determinar a irradiância ambiental utilizando-se consecutivamente duas superfícies de referência, de alta e baixa emissividade respectivamente. A irradiância, de forma complementar, pode ser obtida apontando-se o radiômetro na direção do céu. Combs et al. (1965) utilizaram este procedimento para determinar a irradiância ambiental e conseguiram obter com razoável precisão a emissividade de algumas amostras de solos do Arizona.

A emissividade pode ser modelada teóricamente a partir da equação (1) numa forma mais simplificada. Para isto é necessário assumir que a fração de radiação emitida pela superfície é muito maior do que a fração de radiação refletida, isto é, o alvo comporta-se aproximadamente como um corpo negro. Neste caso pode-se admitir, que:

$$\varepsilon = \frac{T^4}{T_s^4} \quad (2)$$

e obter-se experimentalmente a emissividade de uma superfície terrestre a partir de duas determinações radiométricas, já que a temperatura termodinâmica da superfície pode ser obtida por um radiômetro infravermelho conectado por uma

aproximação de corpo negro na forma de cone ou caixa. Este procedimento não é muito eficaz devido ao fato de não levar em consideração a radiação refletida pela superfície, entretanto para alvos de alta emissividade é considerado bastante confiável.

Considerando que se tem um mesmo alvo em temperaturas termodinâmicas diferentes (T_x e T_y), com emissividades (ϵ_x e ϵ_y) aproximadamente iguais nas temperaturas citadas anteriormente e que a irradiância ambiental não varia no intervalo de duas determinações radiométricas consecutivas. Pode-se admitir de acordo com a equação (1) e com a formulação de Bramson (1968), que a emissividade da superfície pode ser expressa por:

$$\epsilon = \frac{T_{\alpha x}^4 - T_{\alpha y}^4}{T_x^4 - T_y^4} \quad (3)$$

onde

T_x e T_y são as temperaturas termodinâmica da superfície e $T_{\alpha x}$ e $T_{\alpha y}$ as suas temperaturas radiométricas.

O procedimento experimental de determinação das variáveis da equação (3) é análogo aos descritos anteriormente, entretanto utiliza-se um aquecedor térmico para manter o alvo teste em duas temperaturas termodinâmica distintas. É indispensável que estas temperaturas não apresentem grandes diferenças, já que as emissividades da superfície nestas temperaturas são assumidas como constante de acordo com o modelo teórico proposto.

Segue-se na Tabela 1 alguns resultados preliminares obtidos a partir do primeiro procedimento abordado.

Visando enfatizar as abordagens descritas, segue-se na Figura 1 um esquema de representação do processo de determinação experimental das temperaturas radiométrica e termodinâmica utilizados em todos os procedimentos apresentados.

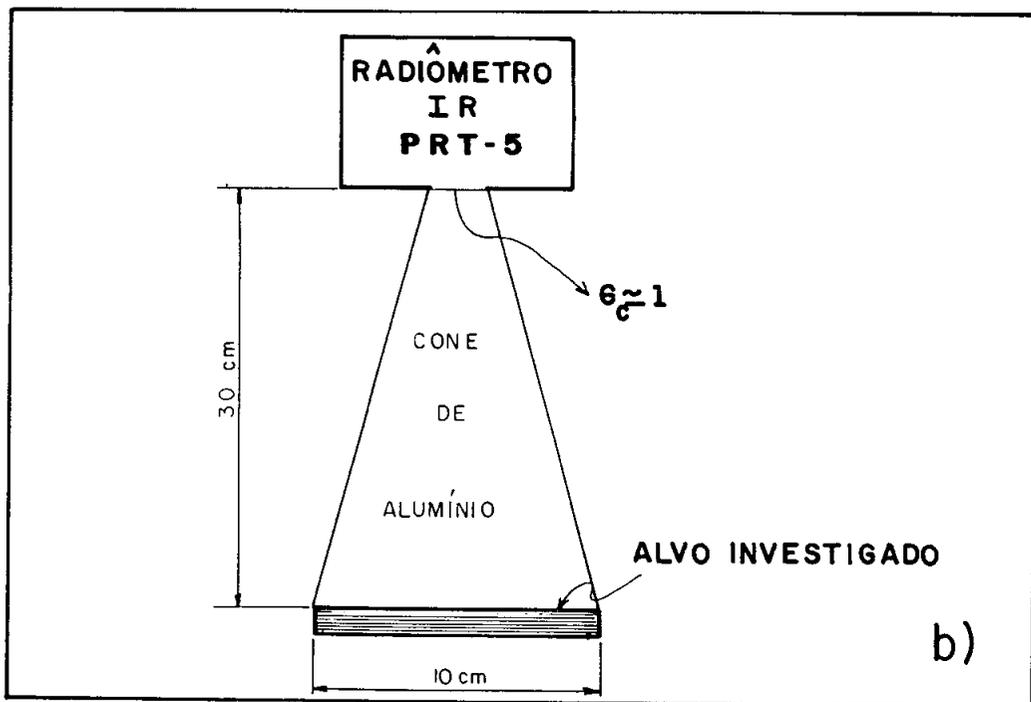
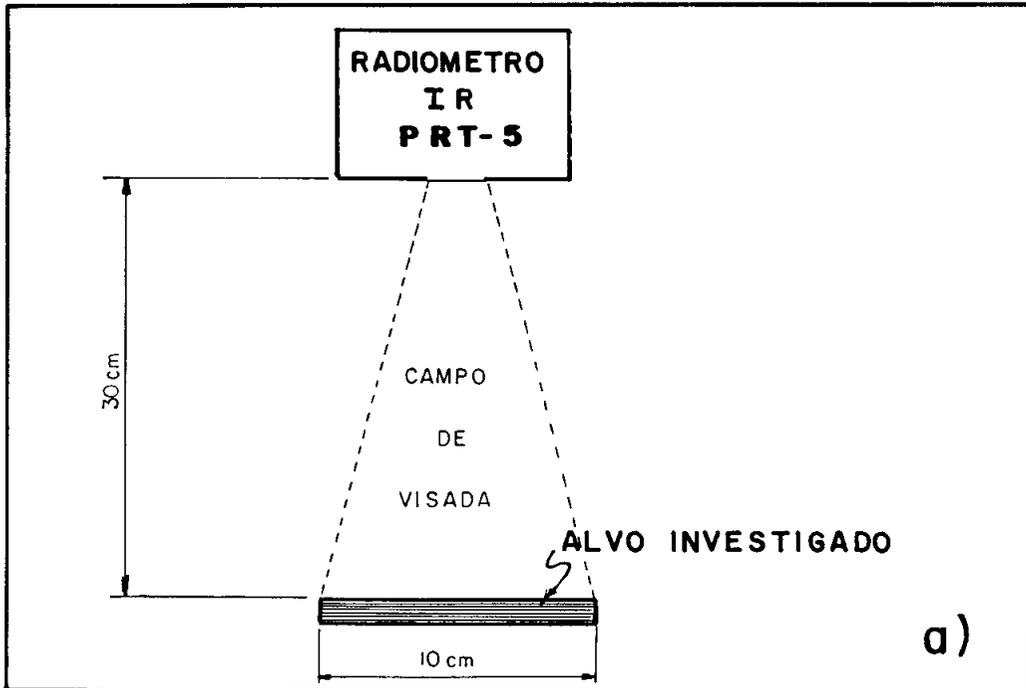


Fig. 1 - Representação esquemática do procedimento experimental de determinação das temperaturas abordadas numa visada de 20 graus.

(a) temperatura radiométrica do alvo; (b) temperatura termodinâmica do alvo para uma emissividade (ϵ_c) de cavidade aproximadamente igual a 1.

TABELA 1

RESULTADOS PRELIMINARES DA EMISSIVIDADE DE DIVERSOS ALVOS NATURAIS COMPARADOS
COM DADOS DA LITERATURA

SUPERFÍCIE	PROCEDIMENTO I	LITERATURA	REF.
	$\epsilon(n=10)$	ϵ	
Gramma	$0,97 \pm 0,015$	$0,97 (8 - 13 \mu\text{m})$	5
Areia úmida	$0,94 \pm 0,010$	$0,93 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Areia seca	$0,90 \pm 0,011$	$0,91 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Latossolo roxo	$0,95 \pm 0,016$	$0,92 - 0,98 (8 - 13 \mu\text{m})$	3
Latossolo vermelho	$0,96 \pm 0,012$		
Granito	$0,87 \pm 0,015$	$0,81 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Arenito rugoso	$0,92 \pm 0,014$	$0,93 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Arenito liso	$0,91 \pm 0,013$	$0,90 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Água	$0,97 \pm 0,011$	$0,99 (8 - 12 \mu\text{m})$	2
Folhagem (laranja)	$0,98 \pm 0,012$	$0,99 (8 - 14 \mu\text{m})$	3

3 - CONCLUSÃO

Diante do exposto anteriormente pode-se concluir que as abordagens apresentadas podem ser de grande utilidade no levantamento de sub-padrões de emissividade de alvos naturais, tornando-se auxiliar em aplicações de sensoriamento remoto em estudos relacionados com a agrometeorologia e com a geofísica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRAMSON, A. Infrared radiation. New York, NY, Plenum, 1968. 639 p.
- [2] BUETTNER, K.J.K.; KERN, C.D. The determination of infrared emissivities of terrestrial surfaces. Journal of Geophysical Research, 70(6): 1329-1337, Mar. 1965.
- [3] COGAN, J.L. Remote sensing of surface and near surface temperature from remotely piloted aircraft. Applied Optics, 24(7):1030-1036, Apr. 1985.
- [4] COMBS, A.C.; WEIKMANN, H.K.; MADER, C.; TEBO, C. Application of infrared thermometers to meteorology. Journal of Applied Meteorology, 15(4):253-262, Apr. 1965.
- [5] FUCHS, M.; TANNER, C.B. Infrared thermometry of vegetation. Agronomy Journal, 58(6):597-601, 1966.
- [6] FUCHS, M.; TANNER, C.B. Surface temperature measurements of bare soils. Journal of Applied Meteorology, 7(1):303-305, Apr. 1968.
- [7] TAYLOR, S.E. Measured emissivity of soils in the United States. Remote Sensing of Environment, 8(sf):359-364, 1979.