

# Estimativa da Difusividade Térmica do solo da estação Agrometeorológica da UFRJ sob duas diferentes condições de cobertura.

---

Marcio Cataldi<sup>1</sup>, UFRJ  
Renata Gonzales, CEFET-RJ  
Michelle de Lima Ribeiro<sup>1</sup>, UFRJ  
Célia Maria<sup>2</sup>, UFRJ  
Leonardo de Faria Peres<sup>1</sup>, UFRJ  
Daniele Rodrigues Ornelas de Lima<sup>1</sup>, UFRJ

## Resumo

Neste trabalho foram analisados dados de temperatura do solo em três profundidades diferentes (2, 5 e 10 cm) para duas parcelas sob condições de cobertura de solo distintas, solo com vegetação e solo sem vegetação. Os dados foram obtidos na estação agrometeorológica da cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no Rio de Janeiro, nos dias 18 e 19 de janeiro de 1999. A partir destes dados foram utilizados os métodos da fase e da amplitude, afim de se obter valores de difusividade térmica para os dois tipos de cobertura do solo.

## Introdução

A difusividade térmica pode ser classificada como a mudança em graus centígrados que ocorre em um segundo, quando o gradiente de temperatura muda 1°C por cm<sup>3</sup>. A difusividade térmica de um solo pode ser determinada tanto por medida direta de amostras ou pela computação a partir da amplitude ou do retardamento de fase em diferentes profundidades do solo [Mota, 1977].

Ela é um importante parâmetro de transporte de calor que afeta a distribuição da temperatura do solo (importante na taxa de crescimento das plantas e na taxa de decomposição de matéria orgânica e é requerida para a caracterização do microclima na superfície do solo) e a densidade do fluxo do calor no solo.[Santos et al., 1992]

O perfil de temperatura no solo pode ser obtido através da integração da equação de condução de calor, a qual depende da capacidade de calor volumétrica de cada tipo de solo, C e da difusividade térmica K, sendo:

$$C = \tilde{n} C_b \quad (\text{J m}^{-3} \text{ K}^{-1}) \quad (1)$$

$$K = k/C \quad (\text{m}^2 \text{ s}^{-1}) \quad (2)$$

Onde, k é a condutividade de calor aparente em W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>,  $\tilde{n}$  é a densidade do solo em Kg m<sup>-3</sup> e C<sub>b</sub> é o calor específico em J Kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [Alvalá et al., 1996].

Considerando a condução como um mecanismo primário responsável pela transferência de calor no solo, conclui-se que o estudo do parâmetro K pode ser feito com base nesta característica.

---

<sup>1</sup> Estudante de Graduação

<sup>2</sup> Professora do departamento de Meteorologia da UFRJ

Assim sendo, K pode ser estimado através das observações das temperaturas máximas e mínimas diárias de duas profundidades no perfil do solo, sob um determinado período de tempo.

## Metodologia

Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Estação Fundão – UFRJ (figura 1), situada na cidade do Rio de Janeiro, com coordenadas geográficas, 22°51'06'' S, de latitude e, 43°14'27'' W, de longitude. Foram obtidas temperaturas das diferentes profundidades do solo (2, 5 e 10 cm), para duas parcelas com diferentes coberturas vegetais. Uma parcela coberta com gramíneas e outra sem cobertura (solo nu). As medições foram horárias, desde as 8:00h até as 17:00h, dos dias 18/01/1999 e 19/01/1999, podendo-se caracterizar estes dias como dias típicos de verão na cidade do Rio de Janeiro..

Os valores do fluxo de calor (G) na superfície do solo foram estimados a partir da distribuição da temperatura na coluna do solo de acordo com a equação:

$$G = -K \bar{n} s \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)_{z=0}, \quad (3)$$

onde  $\bar{n}$  é a densidade da camada do solo; s é o calor específico e  $(\partial T / \partial z)$  é a variação da temperatura com a profundidade.

As constantes térmicas são muito importantes no processo de troca de calor nas camadas do solo. A determinação direta das constantes térmicas como a condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), a difusividade (K) e o calor específico (s) do solo é um processo difícil. [Santos et al., 1992].

A equação fundamental de condução de calor de Fourier em uma dimensão é dada pela relação:

$$\lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = s \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) \quad \text{ou} \quad \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) = K \left( \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

supondo que T, z e t representam a temperatura, profundidade e tempo, respectivamente. Assumindo que K é constante a equação acima pode ser solucionada para dadas condições inicial e limite. O procedimento mais simples consiste em aproximar a temperatura por uma função senoidal variando no tempo. Assim, uma medida da amplitude ou fase é suficiente para determinar o valor de K. [Santos et al., 1992].

Para este trabalho, foram utilizados os métodos da razão e da amplitude. Nos dois métodos foi utilizado para P (período de tempo cíclico das medições) o valor 32400 s (9 horas de observações). Pelo método da amplitude, o valor de K é determinado a partir da razão entre as variações máximas e mínimas diárias de temperatura (R1 e R2) em duas profundidades z1 e z2.

$$K = (\pi/P) \left( (z_2 - z_1)^2 / \ln(R_1/R_2) \right) \text{ em cm}^2/\text{s} \quad (5)$$

Pelo método da fase, os valores de K são calculados pela defasagem entre os tempos de ocorrência de temperatura máxima em segundos (L) às profundidades z1 e z2, onde:

$$K = (P/4\pi L^2) (z_2 - z_1) \text{ em cm}^2/\text{s} \quad (6)$$



Figura 1 – Estação agrometeorológica da UFRJ, visão da parcela de solo sem vegetação

## Resultados e Discussões:

Segue na tabela abaixo os resultados obtidos para o valor de  $K$  em  $\text{cm}^2/\text{s}$  pelos 2 métodos citados acima.

**Tabela 1: Método da Fase**

Profundidades (cm)	Dia 18/01		Dia 19/01	
	Solo nu	Solo coberto	Solo nu	Solo coberto
2-5	X	X	X	0,000497
2-10	0,012732	0,003183	0,012732	0,003537
5-10	0,004974	0,001243	0,004974	X

**Tabela 2: Método da Amplitude**

Profundidades (cm)	Dia 18/01		Dia 19/01	
	Solo nu	Solo coberto	Solo nu	Solo coberto
2-5	0,020554	0,016241	0,148598	0,005907
2-10	0,022741	0,004533	0,067055	0,003404
5-10	0,024224	0,002154	0,046804	0,002598

É importante ressaltar que no método da fase (eq. 6) o valor de  $L$  (defasagem entre os tempos de ocorrência de temperatura máxima em segundos nas duas profundidades), não foi diferente em alguns casos (como por exemplo, no dia 18/01 – solo nu e coberto), devido talvez à pequena diferença entre as profundidades (2, 5 e 10 cm) e ao intervalo de tempo entre as medições ser um pouco dilatado (1 hora), o que invalidou a aplicação do método nestes casos onde as temperaturas máximas nas diferentes profundidades foi observada no mesmo horário.

## Conclusões:

O método da fase demonstrou valores mais coerentes nos dois dias de observação para ambos os tipos de solos (tabela 1), nas diferentes profundidades, tendo em vista que neste intervalo a temperatura tanto da superfície quanto das diferentes camadas do solo (observada, mas não mostrada neste trabalho) apresentou valores bem homogêneos, esperando-se assim encontrar resultados bem parecidos para o parâmetro K.

Algumas estimativas de K, apresentaram valores bastante coerentes para os dois métodos (tabelas 1 e 2), assim como nos valores encontrados no dia 18/01 para o solo com cobertura vegetal em ambas as profundidades, e no dia 19/01 na profundidade de 5-10 cm, para solo com cobertura. Na profundidade de 2-5 cm, ficou difícil fazer uma comparação entre os dois métodos devido principalmente a falta de valores utilizando-se o método da fase.

Para o solo nu, em ambos os dias (tabelas 1 e 2) observou-se uma maior discrepância nos valores encontrados nos dois métodos, podendo ser devido a uma menor acurácia dos métodos em temperaturas bastante elevadas, já que em ambos os dias a temperatura das diferentes camadas do solo, foi sensivelmente maior do que o caso com cobertura, atingindo valores em torno de 44° C na camada de 2 cm.

O método da amplitude apresentou valores maiores para K (tabela 2) em todas as estimativas, além de revelar também uma maior incoerência nos dados obtidos entre os dois dias observados, em ambas as profundidades e coberturas.

Neste trabalho podemos verificar que para uma melhor estimativa do valor de K, seria necessário um ciclo maior de observações, assim como seu período e amplitude. Porém, o consideramos válido, como um estudo preliminar do cálculo da difusividade térmica, parâmetro este de difícil estimativa e grande importância nas relações solo-planta e solo-atmosfera.

## Bibliografia

ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R.; WRIGHT, I.R.; HODNETT, M. G., Thermal Diffusivity of Amazonian Soils *in* Amazonian Deforestation and Climate. Editora Wiley, p 139-150, 1996

SANTOS, R. C.; VISWANADHAN, Y.; PINHEIRO, F. M. A., WRIGHT, I. Difusividade Térmica do Solo na Região Amazônica. Anais do VII Congresso de Brasileiro de Meteorologia - Volume 1, p. 359 - 363, 1992.

MOTA, F. S., Meteorologia Agrícola, Livraria Nobel S.A., p. 181-195, 1977