

DETERMINAÇÃO DO ALBEDO DA ÁGUA DE UMA REPRESA

Antonio A. A. DANTAS¹, Gilberto LAGE², João F. ESCOBEDO³

RESUMO

Neste trabalho foram realizadas medições das irradiâncias solar global e refletida, numa represa, com dois piranômetros, para se determinar o albedo da superfície de água. As irradiâncias global e refletida, foram registradas com intervalo médio de 18 dias, na represa, durante seis meses de junho a dezembro, em Botucatu, SP. As curvas das radiações solar global e da radiação solar refletida pela superfície da água, foram integradas. A energia refletida foi então relacionada com a global, apresentando nesse período um percentual médio diário para o albedo igual a 6,6 %.

INTRODUÇÃO

A radiação solar na água está relacionada as reações vitais que ocorrem no interior de um ecossistema aquático. A quantificação da energia nestes sistemas vem sendo feita com propósitos limnológicos, oceanográficos e climatológicos há mais de um século. A característica da superfície leva a um albedo altamente variável, exceto no oceano ou certas áreas terrestres uniformes como neve e planícies. Mesmo medidas específicas, realizadas com rigor em determinada situação, raramente são aproveitáveis para outros propósitos além daqueles aos quais elas foram tomadas. O albedo do mar depende da velocidade do vento e dos contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes na água (FROHLICH & LONDON, 1986). A refletividade da água é baixa, sendo que WILLIS (1971) fornece valores de 7 a 8 % para o mar em condições calmas e de 12 a 14 % com a superfície agitada por ventos.

Quando um feixe de radiação solar incide num tanque de água limpa com um ângulo de incidência menor do que 45° o coeficiente de reflexão é geralmente constante, da ordem de 5%. Quando excede os 45°, o coeficiente aumenta rapidamente aproximando-se de 100% em ângulo rasantes. (MONTEITH, 1973). A reflexão da radiação solar na água depende principalmente das condições de rugosidade da superfície e do ângulo de incidência (ROSENBERG et al., 1983). Uma fração

¹ Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia/UFLA – Lavras/MG, CP 37, 37200-000, e-mail aadantas@ufla.br.

² Prof. Titular, Depto. de Ciências Exatas/UFLA, Lavras/MG, e-mail glage@ufla.br.

importante da luz incidente varia segundo a altura do sol e é refletida na superfície da água de volta a atmosfera. Se estima que 6,5% da luz se reflete, o que seria um valor médio de albedo da água (MARGALEF, 1983).

De acordo com GOLTERMAN et al. (1978), as medições de radiação solar em água doce podem apresentar vários níveis de complexidade, que dependem especificamente do que se quer medir e do equipamento disponível. Considerando as particularidades que o albedo em superfícies de água apresenta, objetivou-se realizar medições de radiação solar global e refletida, numa represa, com dois piranômetros, para se determinar o albedo diário médio em uma represa típica, encontrada em propriedades rurais em SP.

MATERIAL E MÉTODOS

A represa onde os radiômetros foram instalados localiza-se em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, SP, nas coordenadas de 22° 54' 03" latitude S e 48° 25' 44" longitude W. Apesar de ser utilizada para irrigação, tem as mesmas características que um tanque de 0,3 ha de área destinado a criação de peixes. A profundidade máxima onde se realizou os ensaios variou de 1,3 m a 1,5 m. A diferença de 0,2 m foi provocada por ciclos sazonais de estiagem e chuvas, que alteravam o nível da água, além da evaporação e da infiltração.

Para medir a radiação solar global e a radiação solar refletida foram utilizados dois piranômetros idênticos. Um deles foi montado invertido com o sensor voltado para baixo atuando como albedômetro. O piranômetro utilizado para medir a irradiância global, apresentava uma constante de calibração de $78 \mu\text{V m}^2 / \text{W}$ e o piranômetro invertido utilizado para medir a irradiância global refletida, apresentava uma constante de calibração de $80 \mu\text{V m}^2 / \text{W}$.

As medidas foram realizadas nos dias 05/07, 24/07, 15/08, 05/09, 22/09, 12/10, 30/10, 21/11, 04/12 e 21/12, período compreendido entre os solstícios de inverno e de verão. O piranômetro foi instalado na margem do lago cuidando-se para que recebesse as mesmas irradiâncias que atingiriam a superfície da água no ponto onde se encontrava instalado o outro aparelho. O albedômetro para

³ Prof. Assistente Doutor, Departamento de Ciências Ambientais, UNESP, Botucatu, SP.

medir a irradiância refletida foi instalado num suporte, a 1,0 m de altura voltado para a superfície da água.

As medidas das irradiâncias solar global e refletida foram sempre tomadas simultaneamente através de um registrador potenciométrico de dois canais, na escala de 100 mV para a irradiância global e 5 mV para a irradiância refletida. Utilizou-se a velocidade de 2 cm/hora para o avanço do papel. A partir das curvas registradas, calculou-se a energia diária para cada componente.

As energias diárias (irradiância x tempo), dadas pelas integrais das curvas, foram obtidas a partir dos cálculos das áreas sob as curvas. As áreas dos gráficos registrados, foram calculadas pelo método dos trapézios, também conhecido como método de Bezout.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se das curvas de irradiâncias global e refletida pela superfície da água, determinaram-se as energias diárias, a partir das quais calcularam-se os albedos. As energias (kJ/m²dia) e os albedos (%) correspondentes são apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01. Valores diários das energias registradas e dos albedos diários calculados.

Dias	Declinação Solar	Energia Global (kJ/m ² dia)	Energia Refletida (kJ/m ² dia)	Albedo (%)
05/07	22°51'	16996	1441	8,5
24/07	20°01'	18334	1359	7,4
15/08	14°17'	19741	1367	6,9
05/09	07°05'	22347	1381	6,2
22/09	00°36'	25160	1650	6,6
12/10	-07°08'	28273	1913	6,8
30/10	-13°33'	18011	1136	6,3
21/11	-19°45'	29058	1658	5,7
04/12	-22°08'	29288	1488	5,1
21/12	-23°26'	24998	1541	6,2
Média	-	-	-	6,6

O albedo foi analisado nas curvas registradas, tomando-se o horário e o correspondente ângulo zenital, isto é, para a mesma hora e ângulo zenital, a relação com a radiação solar global foi estabelecida em percentual em relação a parcela refletida correspondente. Por exemplo, as 10:00 horas do dia 05/07, o ângulo zenital era igual a $58^{\circ} 06'$, a irradiância refletida, 40 W/m^2 , a global 580 W/m^2 e o de albedo igual 7,2 %. Estes cálculos, que foram feitos para todos os dias, levam a valores exagerados de albedo, nos instantes próximos ao nascer e ao por do sol, já que a superfície da água apresenta reflexão muito alta para estes ângulos de incidência. Considerando-se esta particularidade, a utilização de valores diários de energia permitem encontrar um valor médio diário para o albedo da superfície da água, sem incorrer em valores exagerados.

As condições climatológicas incontroláveis como nuvens, chuvas e estiagens, e as condições ecológicas, como a existência de microrganismos no interior da represa, produziram alterações na profundidade e na densidade da água, impedindo a avaliação temporal exata nas variações dos níveis das energias das irradiâncias global e refletida, esperados nos registros gráficos como função da diminuição gradativa dos ângulos zenitais no período. Os dias 05/07, 24/07, 15/08, 05/09, 12/10 e 21/11 não apresentaram nuvens, tendo céu aberto do nascer ao por do sol. Nos demais dias a nebulosidade interferiu, diminuindo as energias globais diárias que deveriam aumentar no sentido do solstício de inverno para o de verão. De modo inverso, esperava-se a diminuição dos níveis das energias refletidas, uma vez que os ângulos zenitais para as diferentes horas nos respectivos dias, diminuíram neste intervalo.

CONCLUSÕES

Os percentuais para as energias refletidas variaram de 5,1% a 8,5% tendo a média percentual de 6,6%. Estes representam os poderes refletores ou os albedos na superfície da represa. Comparados com valores correspondentes, fornecidos pela literatura, verifica-se que os dados de albedos podem ser comparados, mas com reservas. Os valores dos albedos referidos na literatura são de modo geral determinados no hemisfério norte, sem a completa especificação de locais e equipamentos utilizados para as determinações. As utilizações das energias totais diárias permitiram cálculos de albedos médios diários, sem incorrer nos valores exagerados, encontrados nas determinações quando são utilizadas as radiações solares em instantes próximos ao nascer e ao por do sol.

BIBLIOGRAFIA

- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2. ed. Oxford: Blackwell Scient. Publications, 1978. 215 p.
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1983. 1010 p.
- MONTEITH, J. L. *Principles of environmental physics*. New York: Elsevier 1973. 241 p.
- ROSENBERG, J. R., BLAD, B. L., VERNA, S. B. *Microclimate: the biological environment*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1983. 495 p.
- WILLIS, J. Some high values for the albedo of the sea. *J. App. Meteor.*, v. 10, p. 1296-1302, 1971.
- WORLD CLIMATE RESEARCH PROGRAMME WCRP. *Revised instruction manual on radiation instruments and measurements of radiation and sunshine*. Claus Frohlich & Julius London Editors, WCRP publications series n. 7, WMO TD n. 149, october 1986.