

CALIBRAÇÃO DO MODELO DE RITCHIE A PARTIR DO MÉTODO DA RAZÃO DE BOWEN

ROBERTO BENEDITO DE O. PEREIRA¹, CARLO RALPH DE MUSIS², MARCELO S. BIUDES³, OSVALDO A. PEREIRA⁴, VICENTE BELLAVER⁵, JOSÉ S. NOGUEIRA⁶, PAULO H. Z. ARRUDA⁷, LUDYMILLA B. DA SILVA⁸

¹ Ciência de Computação, Mestre, IF, UFMT, Cuiabá-MT, email: nigdev@gmail.com

² Engenheiro Civil, Doutor, IF, UFMT, Cuiabá-MT

³ Físico, Prof. Adjunto, IF, UFMT, Cuiabá-MT

⁴ Físico, Mestrando, Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá-MT

⁵ Agrônomo, Mestrando, Física Ambiental, IF, UFMT

⁶ Físico, Prof. Associado, IF, UFMT, Cuiabá-MT

⁷ Físico, Prof. Assistente, IF, UFMT, Cuiabá-MT

⁸ Bióloga, Mestranda, IF, UFMT, Cuiabá-MT

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo a análise, modelagem e simulação da evapotranspiração e a realização da pesquisa dos parâmetros U e α do modelo de Ritchie. Para tanto, foram utilizadas medidas micrometeorológicas realizadas em um cambarazal da RPPN SESC – Pantanal. Os valores de referência da evapotranspiração foram estimados pelo método da razão de Bowen. A análise estruturada e a análise orientada a objeto resultaram em um modelo de documentação, que foi codificado no programa Vensim. Para tal usamos os dados normalizados e implementados em um cluster de banco de dados. Que neste caso, o modelo utilizado foi validado pelo teste não-paramétrico U de Mann-Whitney e a análise de sensibilidade por semi-variograma e mapeamento por krigeagem. O resultado do processo de calibração do modelo de Ritchie obteve os valores 10,1952 para U e 4,93 para α . Logo não foi observada diferença significativa entre a evapotranspiração simulada e estimada pelo método da razão de Bowen pelo teste de Man-Whitney, apresentando nível de significância de 0,673.

PALAVRAS-CHAVE: clusters de banco de dados, sistemas dinâmicos, pantanal mato-grossense.

CALIBRATION OF MODEL RITCHIE FROM METHOD OF REASON FOR BOWEN

ABSTRACT: This work aims at the analysis, modeling and simulation of evapotranspiration and conduct of search of the parameters U and α of the model of Ritchie. Thus, measures were used micrometeorological held in a cambarazal of RPPN SESC - Pantanal. The reference values of evapotranspiration were estimated by the Bowen ratio. The structured analysis and object oriented analysis resulted in a model of documentation, which was codified in the Vensim. For this we use the data standard and implemented on a cluster of databases. In this case, the model used was validated by non-parametric test U of Mann-Whitney and the sensitivity analysis by semi-variograma and mapping by krigeagem. The result of the calibration of the model of Ritchie returned to the values 10,1952 U and 4,93 for α . Once there was no significant difference between the simulated and evapotranspiration estimated by the method of Bowen ratio of the Man-Whitney test, giving a significance level of 0,673.

KEYWORDS: database clusters, dynamic systems, Mato Grosso State lowlands.

INTRODUÇÃO: A análise e modelagem de sistemas dinâmicos vêm mostrando ser uma ferramenta muito eficiente na determinação e confirmação de parâmetros matemáticos, sendo adotada como ferramenta de auxílio para determinar, com certo grau de confiança, os métodos e parâmetros a ele submetidos. A análise (PRESSMAN, 1995) consiste em uma forma de obter informações buscando entender e diagnosticar uma saída computacional para determinados problemas, que podem ser matemáticos ou não, mas tendo como base a noção geral do que se está abordando, tentando elucidar cada detalhe imprescindível para utilizar na modelagem. A modelagem (STRACK, 1984) busca concretizar todos os fluxos de informações e processos apresentados na análise, dessa forma, transformando os processos e fluxos em diagramas, para que possam ser explorados de forma mais intuitiva. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é a análise, modelagem e simulação (STRACK, 1984) da evapotranspiração e realizar a pesquisa dos parâmetros U e α do modelo de Ritchie (RITCHIE, 1972).

MATERIAIS E MÉTODOS: O presente estudo foi realizado com medidas realizadas em uma torre micrometeorológica de 32 m de altura, localizada geograficamente a $16^{\circ}39'50''S$; $56^{\circ}47'50''O$, no Pantanal Mato-grossense, mais especificamente na área experimental da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) SESC - Pantanal, município de Barão de Melgaço, Mato Grosso, Brasil. A área experimental é monodominante de cambará (*Vochysia Divergens*), sazonalmente inundada. foram utilizados um saldo radiômetro (*Net Radiometer LITE, Kipp & Zonen Delf, Inc, Holland*) que fornece o saldo de radiação sobre o dossel, um piranômetro (*LI-200SA*), que fornece a radiação solar incidente e um sensor quântico (*LI-190SZ*) que fornece a radiação fotossinteticamente ativa, todos posicionados a 33m do solo, dois termohigrômetros (*HMP 45 C. Vaisala, Inc.m Helsinki, Finland*) que fornece a temperatura e umidade relativa do ar instalados a 33,7 e 37,7 m de altura do solo e um pluviômetro de báscula (*TB4-L25, Campbell Sci, Inc., USA*) que fornece a precipitação local, instalado a 34m de altura do solo. Todas as leituras foram armazenadas em um *Datalogger CR10X*. Os equipamentos foram alimentados com tensão de 12V fornecido por um banco de duas baterias de 150Ah que são carregadas por painel solar de 64W com regulador de tensão. Foram utilizadas as informações medidas diariamente a cada 30 minutos entre 26 de janeiro e 31 de dezembro de 2007. O período seco compreendeu entre maio e setembro e o chuvoso de outubro a abril (BIUDES, 2008). O método da razão de Bowen foi escolhido pelo acesso ao perfil de temperatura exigido, facilitado pela presença dos dados coletados na torre micrometeorologia mantida pela Universidade Federal de Mato Grosso. O modelo de Ritchie é uma alternativa ao uso de coeficiente de cultura que permite o cálculo direto da evapotranspiração (ET), calculando separadamente a evaporação direta da água do solo (E) e a transpiração da cultura (T) (RITCHIE, 1972). O método da razão de Bowen trabalha com a razão entre o calor latente e o calor sensível como forma de estudar a partição da energia disponível no processo da evapotranspiração, sendo implementada segundo Pereira (1997). O IAF foi estimado segundo GOUDRIAAN (1988). A implantação do cluster de banco de dados no processo de simulação do Vensim tem como objetivo assegurar que os dados estejam disponíveis, principalmente quando seus conteúdos são críticos ou quando os serviços têm que estar disponíveis ou processados o mais rápido possível. Para alcançar esse objetivo utilizou-se procedimentos armazenados no cluster de banco de dados para otimizar o tempo de resposta dos dados e solucionar o problema de limitação do programa de simulação Vensim, ficando a encargo do Cluster, processar e gerar os resultados da filtragem no menor tempo. O método de acesso ao Cluster foi o *ODBC*. Para a modelagem por sistemas dinâmicos foi utilizado o Vensim DSS “for Windows version 5.9” (*Double precision*), produzido pela “Ventana Simulation Environment”. Os recursos computacionais utilizados no

Vensim foram a simulação (*Simulation*), análise de sensibilidade (*Start Sensitivity Simulation*) e a otimização (*Begin Optimization*). Para a otimização foi utilizado o recurso do Vensim chamado *Begin Optimization* que tem como parâmetros de entrada as variáveis a serem pesquisadas e o método de aleatoriedade. A análise de sensibilidade foi realizada utilizando a opção *Start Sensitivity Simulation*. Para fazer a pesquisa dos parâmetros U e α foram realizadas 27.004 simulações utilizando a técnica de randomização linear, com tolerância fracional de 0,0003, tendo um número máximo de iterações de 10.000 e sendo otimizado pelo algoritmo proprietário *Powell*. Para o processo de análise de sensibilidade foram realizados 10.000 simulações, utilizando a distribuição randômica uniforme da técnica multivariada. Foi utilizado o teste não paramétrico U de Mann-Whitney como método validador do modelo criado para a simulação da evapotranspiração do modelo de Ritchie, utilizando o programa SPSS 16.0 de Wilcoxon, como ferramenta para a obtenção do valor do teste. A análise de sensibilidade é uma técnica que procura determinar o efeito de alterações das variáveis dependentes na função objetivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O diagrama dos fluxos de dados da modelagem da evapotranspiração pelo método de Ritchie é apresentado na Figura 1, este diagrama tem como finalidade apresentar todos os fluxos de dados, suas entradas, seus processamentos e suas saídas. Durante o processo de simulação, foi executado o modelo uma vez para que se tivesse uma base de referência para a execução do processo de pesquisa dos valores de α e U que minimizaria a diferença entre as evapotranspirações obtidas por Bowen e Ritchie. Para uma tolerância fracional de 0,0003 foram executadas 27.004 simulações, obtendo-se 10,1952 e 4,93 para U e α , respectivamente. Estes valores foram compatíveis com os intervalos fornecidos por RODRIGUES (2005) e PEREIRA (1997). O modelo que simula o método de evapotranspiração de Ritchie foi otimizado com base nos cálculos da evapotranspiração pelo método de Bowen (Figura 2), não sendo detectada diferença significativa entre os valores estimados pelos dois métodos, obteve-se o nível de significância de 0,673. Para padronizar as escalas das variáveis U e α , seus valores foram padronizados para média 0 (zero) e desvio padrão 1 (um). O semivariograma isotrópico do modelo, com ajuste para a função gaussiana (sem patamar) obteve um coeficiente de determinação de 99,8% ($C_0 = 0,00000$, $C_0 + C = 0,00201$, $A_0 = 4,759000000$, $r^2 = 0,998$, $RSS = 1,626E-09$).

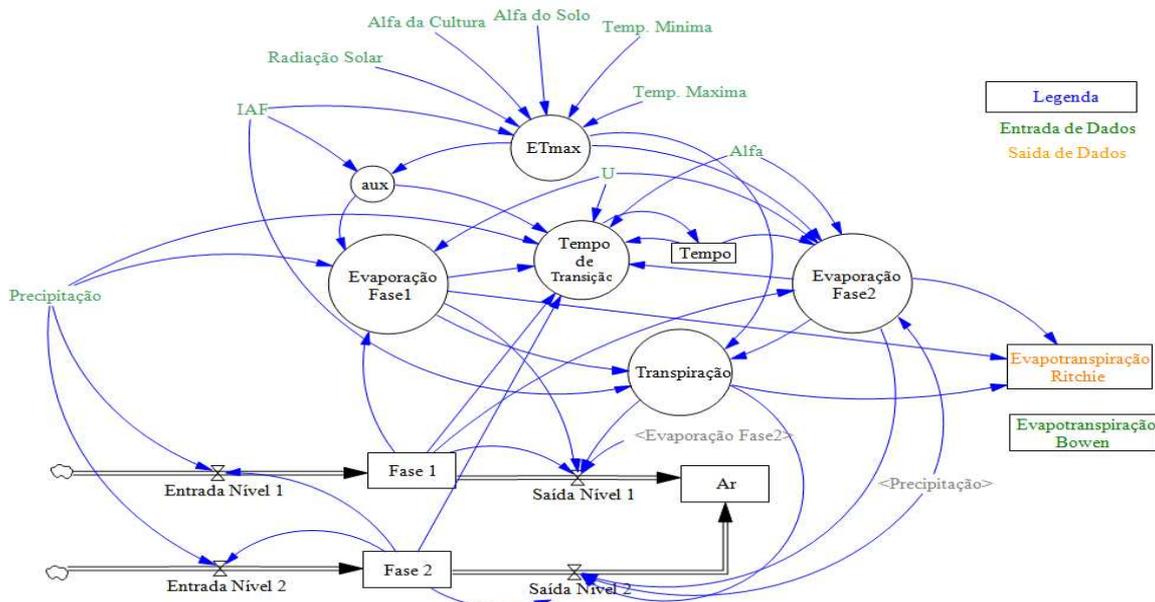


Figura 1 - Modelo para a evapotranspiração de Ritchie utilizando sistemas dinâmicos no Vensim.

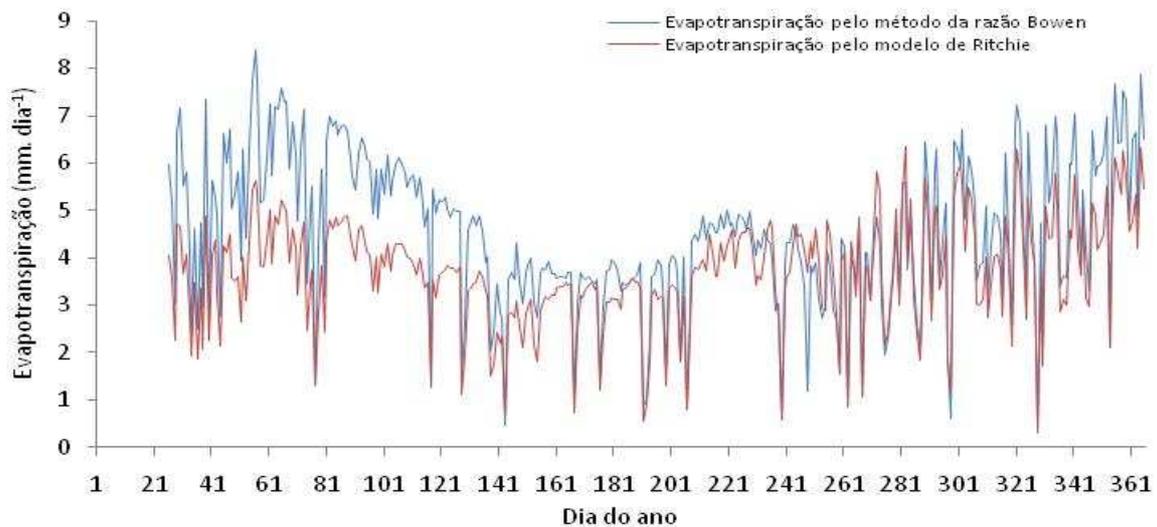


Figura 2 - Comparativo entre os valores da evapotranspiração pelos métodos de Bowen e Ritchie no ano de 2007 na área experimental da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) SESC Pantanal.

CONCLUSÕES: A técnica da análise estruturada e análise orientada a objeto foram compatíveis com a ferramenta de modelagem Vensim. O cluster de bancos de dados comportou-se de forma adequada para este experimento. O processo de calibração resultou nos valores 10,1952 de U e 4,93 de α . Os valores simulados pelo método de Ritchie e estimados pelo método da razão de Bowen não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Por meio da análise de sensibilidade dos parâmetros U e α , verificou-se o ponto em que α inicia sua influência direta sobre U , reduzindo a elasticidade de U . Dessa forma, o protocolo experimental utilizado neste trabalho pode ser avaliado como adequado para a estimativa dos parâmetros físicos do solo U e α , assim como permitiu a avaliação da sensibilidade destes em relação à evapotranspiração.

BIBLIOGRAFIA

- BIUDES, M.S. **Balço de Energia em área de vegetação monodominante de cambará e pastagem no norte do pantanal**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em agricultura tropical). Faculdade de Agronomia e medicina veterinaria, UFMT, Mato Grosso. 2008
- GOUDRIAAN, J. The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.43, p. 155-169, 1988
- PEREIRA, A.R. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba : FEALQ, 1997. 138 F
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. Makron Books, 3a Edição, 1995.
- RITCHIE, J. T. Model for predicting evaporation from a row crop with an incomplete cover. **Water Resources Research**, Washington, DC, v.8, n.5, p. 1024-1213, 1972.
- RODRIGUES, L. N. AZEVEDO, J.A. SOCCOL, O. J. SILVA, E.M. **Modelo de Ritchie: descrição e aplicação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 29p.
- STRACK, J. **GPSS: modelagem e simulação de sistemas**. Rio de Janeiro : LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 174p , 1984.