

AValiação e teste de funções de pedotransferência na estimativa do teor de água no solo e no rendimento agrícola da cultura do sorgo

ALEXANDRE HUGO CEZAR BARROS¹, QUIRIJN DE JONG VAN LIER², ROBERTO DA BOA VIAGEM PARAHYBA¹, JOSÉ NILDO TABOSA³, ALINE DE HOLANDA NUNES MAIA⁴, FÁBIO VALE SCARPARE⁵

¹ Eng. Agrônomo, Embrapa Solos, Rua Antonio Falcão, 402 – Boa Viagem – Recife - PE - Brasil - CEP 51020-240, Fone: (81) 3325 5988, email: alex@uep.cnps.embrapa.br, ² Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Biosistemas - ESALQ/USP, ³ Pesquisador, Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. General San Martin, 1371 - Bongi - Recife - PE - CEP: 50761-000 Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 Caixa Postal 69 Jaguariúna - SP - Brasil - CEP: 13820-000 ⁴ Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5 Caixa Postal 69 Jaguariúna - SP - Brasil - CEP: 13820-000 ⁵ Eng. Agrônomo Pós-Graduando PPG Engenharia de Sistemas Agrícolas - ESALQ/USP

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

Resumo: Os parâmetros θ_s , θ_r , α e n desenvolvidos por meio de PTF para o modelo de Van Genuchten foram introduzidos no modelo SWAP (*Soil-Water-Atmosphere-Plant*) com o objetivo de verificar a viabilidade da utilização de funções de pedotransferência para descrever atributos físico-hídricos do solo e previsão do rendimento agrícola. Essa viabilidade foi avaliada pelo desempenho do modelo comparando suas estimativas da produtividade agrícola com valores observados de campo. Duas PTFs foram testadas na simulação e avaliação da produtividade da cultura do sorgo pelo modelo: a) incluindo cinco preditores: densidade do solo, teores de areia, de silte e de argila e de matéria orgânica (PTF_{Dasam}) e b) apenas três, com os teores de areia, de silte e de argila (PTF_{Asa}). O desempenho foi melhor para a PTF_{Dasam}, desenvolvida com teores granulométricos, matéria orgânica e densidade do solo. A estimativa da produtividade agrícola no modelo SWAP foi similar, seja com os parâmetros da equação de Van Genuchten das curvas de retenção obtidas “in situ”, seja com os parâmetros estimados por meio de PTFs; e os resultados das simulações de rendimento agrícola utilizando PTFs não diferem muito daquelas que empregam métodos mais tradicionais.

PALAVRAS-CHAVE: Função de Pedotransferência, modelo de crescimento, sorgo, solo

Abstract: The evaluation of PTFs was done examining performance of PTF estimated parameters in the context of the model SWAP (*Soil-Water-Atmosphere-Plant*). The parameters α , n , θ_r and θ_s estimated through PTFs were introduced in the model to evaluate, by comparison to observed yields, the performance of the PTF when its predictions were used to estimate agricultural productivity of sorghum. Two PTFs were developed: a) including five predictors (soil density and contents of sand, silt, clay and organic matter - PTF_{Dasam}) and b) including only three contents: sand, silt and clay - PTF_{Asa}. The predictive performance of the PTF_{Dasam} was better. The results of the simulations of agricultural productivity, using PTFs, are similar to those that use more traditional methods.

KEYWORDS: Pedotransfer, growth model, sorghum, soil

Introdução: O teor de água e a capacidade do solo em armazená-la são decisivos na produtividade agrícola. A forma como é calculada a estimativa do balanço de água do solo por um modelo pode afetar os resultados das simulações para estimar a produtividade agrícola. Os modelos do tipo “*tipping bucket*”, muito utilizados em simulações para estimar o rendimento agrícola, são baseados na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha

permanente (PMP). Esse tipo de abordagem é amplamente utilizado por causa da sua relativa simplicidade. As abordagens utilizadas nos modelos tipo “*tipping bucket*” são limitadas, devido à aplicação de conceitos, os quais geralmente não têm significado físico em um sistema dinâmico. Diversos autores sugerem utilizar uma descrição mais correta, aplicando a equação de Richards e valores críticos do potencial matricial do solo (h) estimados em função da condutividade hidráulica (K), utilizando, por exemplo, o potencial de fluxo matricial (JONG VAN LIER et al., 2008). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi testar e avaliar funções de pedotransferência (PTFs) para simular o teor de água no solo e estimar a produtividade agrícola da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no modelo agrohidrológico SWAP (*Soil Water Atmosphere and Plant*), que utiliza mecanismos físicos associados aos processos de fluxo de água, fluxo de calor e transporte de solutos no solo (KROES et al., 2003). Além disso, as PTFs foram desenvolvidas exclusivamente para solos tropicais do Nordeste do Brasil, pois há fortes evidências de limitações no uso indiscriminado de PTFs de outras regiões, notadamente aquelas produzidas para solos de clima temperado (TOMASELLA et al., 2000).

Material e Métodos: O modelo SWAP requer como entrada os parâmetros da equação de Van Genuchten (1980), ou seja, θ_s (theta saturado), θ_r (theta residual), α (alpha) e n para caracterizar a curva de retenção de água no solo. Foram coletadas cinco amostras em um Latossolo, por horizonte de solo (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), com estrutura indeformada, no campo experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), em Araripina – PE, para determinação das curvas de retenção de água no solo em laboratório. A produtividade agrícola foi simulada no SWAP: 1) utilizando como entrada os parâmetros de Van Genuchten obtidos das curvas de retenção de água do local (Araripina - PE); e, 2) utilizando as PTFs para calcular os parâmetros de Van Genuchten. As PTFs utilizadas foram desenvolvidas por Barros (2010) para a região Nordeste do Brasil. Os dados climatológicos diários foram obtidos do acervo do IPA, na Estação Experimental de Araripina. A produtividade da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), para um período de 17 anos, foi obtida por meio dos dados médios de produtividade provenientes de resultados de pesquisa do Programa de Melhoramento Genético da Cultura do sorgo na região Nordeste, realizado pelo IPA e coordenado pela Embrapa. Os dados selecionados de produtividade do sorgo dos ensaios nacionais da Embrapa correspondem às médias de rendimento de variedades adaptadas à região e com forte disseminação entre os produtores, principalmente aquelas de ciclo curto.

As PTFs desenvolvidas por Barros (2010) foram utilizadas para estimar os parâmetros θ_s , θ_r , α e n da equação de Van Genuchten (1980) através da equação 1, tendo como preditores a densidade do solo, teores de areia, silte, argila e matéria orgânica (PTF_{Dasam}), e pela equação 2, com apenas teores de areia, silte e argila (PTF_{Asa}). Esses parâmetros foram utilizados como entrada no modelo SWAP para estimar a produtividade da cultura do sorgo utilizando as duas PTFs (Figura 1).

$$PTF_{Dasam} = x_i = b_{i,0} + b_{i,1}Areia + b_{i,2}Silte + b_{i,3}Argila + b_{i,4}MO + b_{i,5}Ds \quad \text{Eq. 1}$$

$$PTF_{Asa} = x_i = b_{i,0} + b_{i,1}Areia + b_{i,2}Silte + b_{i,3}Argila \quad \text{Eq. 2}$$

x_i representa o valor do parâmetro da equação de Van Genuchten ($i = 1,2,3$ ou 4 que corresponde a $\log(\alpha)$, n , θ_r e θ_s , respectivamente). MO, Areia, Silte, Argila são teores de matéria orgânica, Areia, Silte e Argila (kg kg^{-1}) e Ds é a densidade do solo (kg m^{-3}). $b_{i,n}$ são os coeficientes da regressão múltipla linear; $b_{i,0}$ representa o intercepto, e $b_{i,1}$, $b_{i,2}$, $b_{i,3}$, $b_{i,4}$ e $b_{i,5}$ os parâmetros relativos aos teores de areia, silte, argila e matéria orgânica (MO) e densidade do solo (Ds), respectivamente. A figura 1 ilustra os métodos utilizados para avaliação das PTFs. Os parâmetros θ_s , θ_r , α e n da curva de retenção de Araripina foram introduzidos diretamente no modelo SWAP (4) para estimar a produtividade (5). A produtividade da cultura do sorgo também foi estimada pelo modelo SWAP por meio das

PTFs e os resultados foram comparados com os valores observados de produtividade do sorgo do próprio local (6).

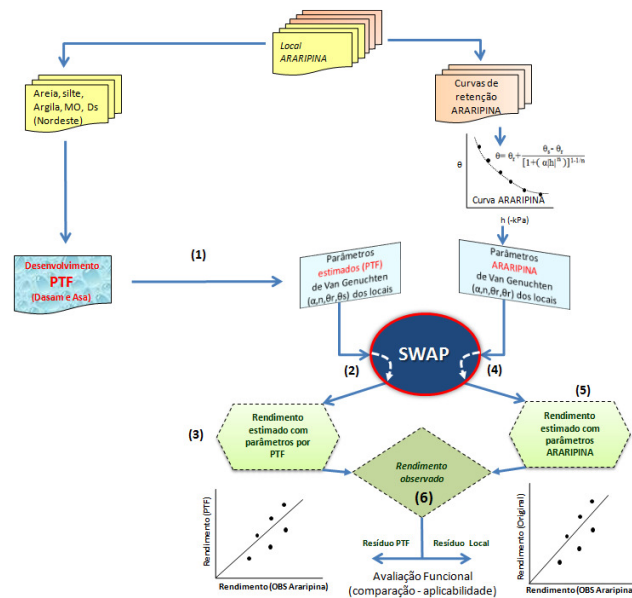


Figura 1 - Representação da metodologia para avaliação da simulação da produtividade agrícola da cultura do sorgo no modelo SWAP.

Para avaliação do desempenho foram considerados os seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de correlação “r” (precisão), índice de Willmott “d” (exatidão ou concordância) e índice de confiança (IC). O índice de confiança (IC) foi interpretado de acordo com os critérios relacionados em Camargo; Sentelhas, 1997.

Resultados e Discussão: Na estimativa dos parâmetros da equação de Van Genuchten por PTFs, o valor de α foi superior aos valores observados da curva local, pois houve uma antecipação do ponto de inflexão nas curvas das PTFs desenvolvidas, utilizando a granulometria, a matéria orgânica e a densidade do solo. No entanto, α foi inferior para as PTFs desenvolvidas apenas utilizando a granulometria. A eliminação da densidade do solo como variável preditora provoca maior incerteza na curva de retenção, principalmente na estimativa de θ_s (Figura 2), que pode ser observado nas PTFs calculadas somente com a granulometria, onde os valores de θ_s são inferiores aos valores observados da curva local (Araripina) como ilustrado na figura 2. Para as simulações de produtividade do sorgo para a localidade de Araripina houve anos em que os valores simulados estiveram mais próximos aos valores observados, mas em geral, o resultado foi sofrível, com IC da ordem de 0,57, à exceção apenas das simulações com os parâmetros de Van Genuchten estimados pela PTFs Dasam, desenvolvida com a granulometria, a matéria orgânica e a densidade do solo, houve uma pequena melhora no índice de confiança (IC) da ordem de 0,60, provavelmente devido ao melhor ajuste de θ_s (Figura 2). Embora haja dispersão nos valores de produtividade de Araripina, pode-se observar que muitos dos valores estimados estão próximos à reta 1:1 (Figura 3). Na comparação dos resultados estatísticos entre as simulações da curva local e as PTFs verifica-se que não houve uma diferença muito pronunciada, indicando que a divergência entre as simulações e a produtividade observada pode estar relacionada também a outras fontes de incertezas, tais como a variabilidade espacial das propriedades do solo e relativos à quantificação do grau de incerteza da estimativa do modelo.

De acordo com a configuração das curvas de retenção, pode-se observar também que o melhor desempenho na estimativa do teor de água de uma PTF não garante um bom resultado da simulação da produtividade, pois todas as PTFs apresentaram resultados

similares, mesmo verificando que em algumas curvas de retenção, o erro entre a curva original e da PTF foi maior (Figura 2).

No entanto, embora os valores do índice de confiança se apresentem relativamente baixos, os resultados são compatíveis com simulações de produtividade, utilizando outros métodos (HOOGENBOOM et al., 2004; DOORENBOS; KASSAM, 1979). Os índices estatísticos encontrados expressam a variabilidade das propriedades e características dos solos. Todos os índices são, em ordem de grandeza, muito próximos aos encontrados na avaliação da produtividade, o que pode indicar que a variabilidade das propriedades do solo é repassada aos parâmetros da equação de Van Genuchten, às PTFs e aos resultados das estimativas do modelo. Pachepsky e Rawls (1999) afirmam que uma PTF pode ser considerada precisa se a variabilidade por ela predita for semelhante à variabilidade encontrada nas propriedades do solo. Por outro lado, na literatura encontram-se poucas referências que consideram a variabilidade do solo nas simulações dos modelos. Poucos modelos revisados apresentam uma abordagem estocástica, sobretudo com relação aos erros associados aos parâmetros e resultados de simulações do modelo. Além disso, a possibilidade de comparação dos resultados encontrados com outros estudos, utilizando solos tropicais, é muito reduzida. Os resultados mostram que as principais limitações de simulações dessa natureza são: identificar, isolar e quantificar o grau de incerteza proveniente das PTF.

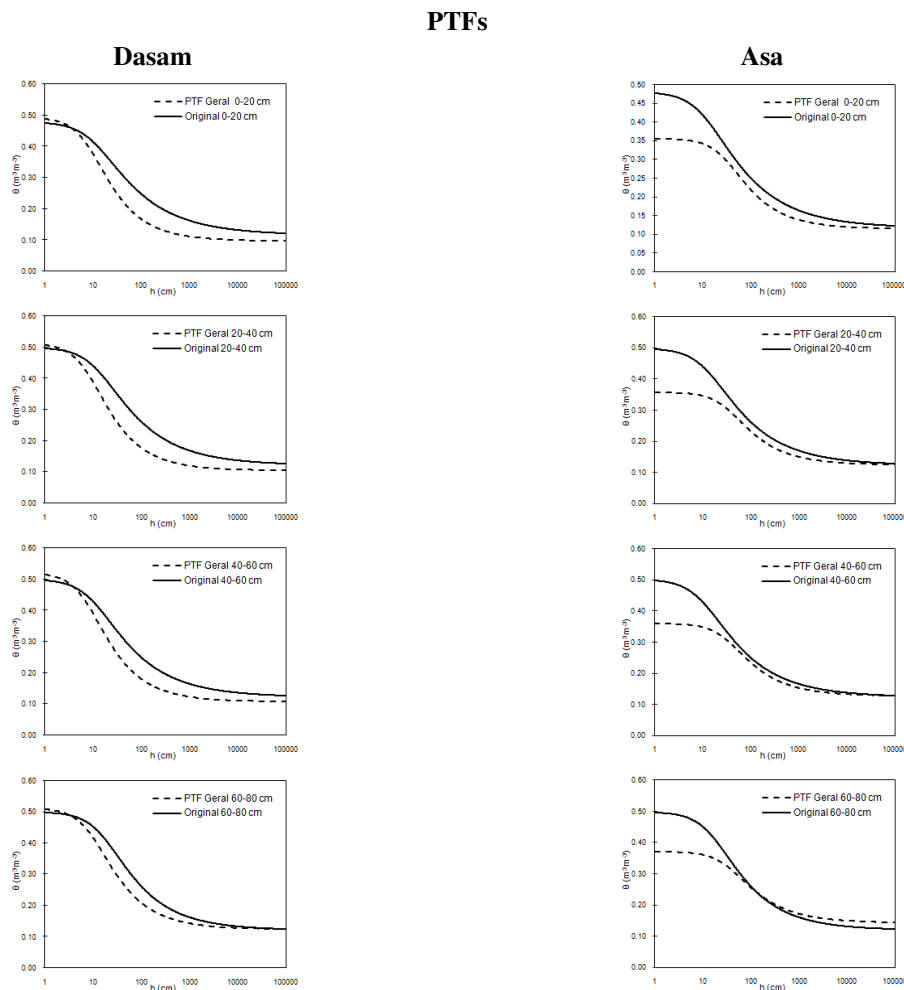


Figura 2 - Curvas de retenção de água do solo a 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade no município de Araripina, PE. A linha cheia representa a curva obtida no local e a tracejada a curva obtida pelas PTFs (Dasam e Asa).

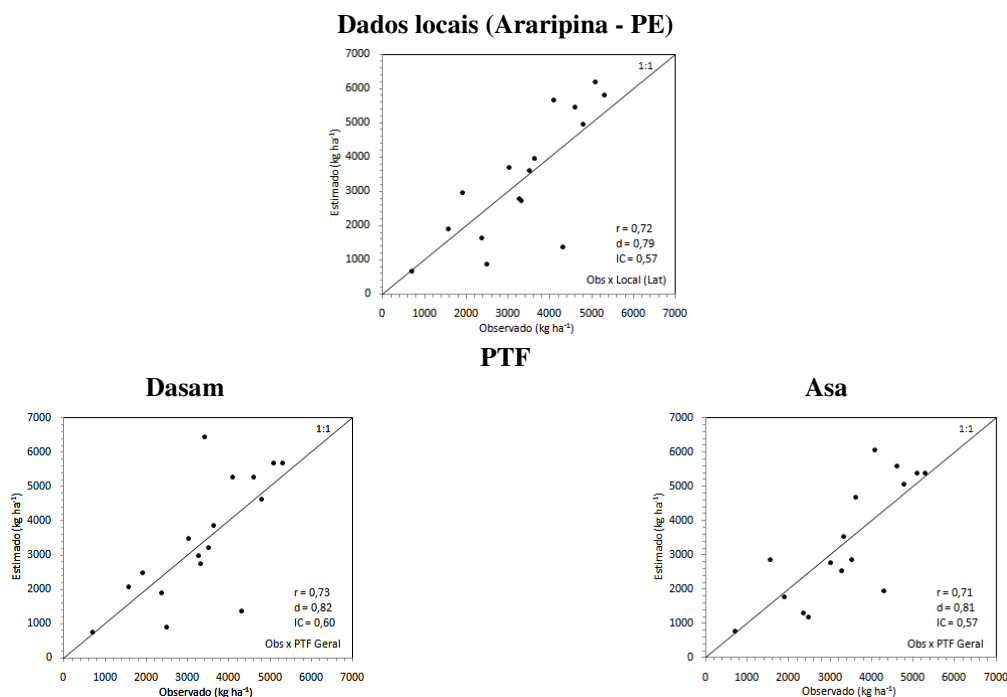


Figura 3 - Produtividade da cultura do sorgo estimada pelo modelo SWAP, utilizando a curva de retenção de água local (Latossolo) e por meio da curva de retenção estimada por PTFs (Dasam e Asa). A Linha cheia representa a reta 1:1

Conclusões: 1) o desempenho na estimativa do teor de água no solo é melhor para as PTFs Dasam, desenvolvidas com teores granulométricos, matéria orgânica e densidade do solo; 2) a estimativa da produtividade agrícola no modelo SWAP foi similar, seja com os parâmetros da equação de Van Genuchten das curvas de retenção obtidas nos locais, seja com os parâmetros estimados por meio de PTF; e 3) os resultados das simulações de rendimento agrícola utilizando PTFs não diferem muito daquelas que empregam métodos mais tradicionais. De acordo com esses resultados, sugere-se que futuros trabalhos sobre PTFs devem testar sua aplicação usando modelos específicos de balanço hídrico, simulação de culturas (produtividade) e variabilidade espacial das características hidráulicas do solo no campo, avaliando as diversas fontes de incerteza.

Referências Bibliográficas

- BARROS, A. H. C. Desenvolvimento de funções de pedotransferência e sua utilização em modelo agro-hidrológico. 148f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2010.
- CAMARGO, A.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desenvolvimento de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Yield response to water. Report n.33. FAO: Rome, 1979
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; WILKENS, P. W.; PORTER, C. H.; BATCHELOR, W. D.; HUNT, L.A.; JONG VAN LIER, Q. de; VAN DAM, J. C.; METSELAAR, K.; JONG, R. de; DUYNISVELD, W. H. M. Macroscopic root water uptake distribution using a matrix flux potential approach. *Vadose Zone Journal*, Madison, v. 7, p. 1065-1078, 2008.
- KROES, J.G.; VAN DAM, J.C. **Reference Manual SWAP version 3.0.3**. Wageningen: Alterra Green World Research, 2003. 211 p. (Alterra Report, 773).
- PACHEPSKY, Y.A.; RAWLS, W.J. Accuracy and reliability of pedotransfer functions as affected by grouping soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 63, p. 1748-1756, 1999.
- TOMASELLA, J.; HOODNETT, M.G.; ROSSATO, L. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 64, p. 327-338, 2000.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.