

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE DA CHUVA NO ESTADO DE SÃO PAULO UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Michel Castro Moreira¹, Roberto Avelino Cecílio², Francisco de Assis de Carvalho Pinto³,
Francisco Lombardi Neto⁴, Fernando Falco Pruski⁵

RESUMO

A estimativa do fator erosividade da chuva (R) da Equação Universal de Perda de Solo é importante para o planejamento conservacionista de uso e manejo do solo. Uma rede neural artificial (RNA) foi desenvolvida pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, a fim de estimar o valor de R para qualquer localidade do Estado de São Paulo. Contudo, para facilitar o seu uso e permitir sua utilização por técnicos e extensionistas, é necessário o desenvolvimento de um programa computacional, com interface amigável, para sua manipulação. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um programa computacional, que viabilizasse a aplicação da RNA. A arquitetura, as funções de ativação dos neurônios artificiais e os parâmetros livres foram definidos para gerar a função matemática que representasse a RNA. De posse da função matemática, esta foi implementada, juntamente com uma interface gráfica, utilizando-se a ferramenta de programação Borland Delphi[®] 7.0. O programa computacional desenvolvido foi denominado netErosividade SP e permite, de forma fácil e rápida, a obtenção do valor da erosividade da chuva para qualquer localidade do Estado de São Paulo, estando disponível para cópia gratuita no endereço eletrônico <http://www.ufv.br/dea/gprh/neterosividade>.

Palavras-chave: netErosividade SP, conservação do solo, equação universal de perda de solo

ABSTRACT

Software For Estimate Rainfall Erosivity For São Paulo State Using Artificial Neural Networks

Estimation of the rainfall erosivity factor (R) of the Universal Soil Loss Equation is important for the conservationist planning. An Artificial Neural Networks (RNA) was developed to estimate R value for São Paulo State. However the development of softwares with a friendly interface is demanded to facilitate its use. The present work aimed at the development a software to make possible the application of RNA. The architecture, the activation functions of the artificial neurons and the free parameters were defined in order to build a mathematical function to represent the RNA. The mathematical function was implemented, using Borland Delphi[®] 7.0 with a graphic interface to facilitate the use of the software. The software developed was denominated netErosividade SP. It allows for an easy and fast obtainment of the rainfall erosivity value for any place in São Paulo State. Besides, it is available for free downloading at <http://www.ufv.br/dea/gprh/neterosividade>.

Keywords: netErosividade SP, soil conservation, universal soil loss equation

¹ Bacharel em Ciência da Computação. Mestrando em Eng. Agrícola, DEA, UFV, 36570-000, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. mmoreira@gprh.ufv.br

² Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, DEA, UFV, 36570-000, Viçosa (MG). Bolsista da CAPES. rcecelio@yahoo.com.br

³ Eng. Agrícola, Professor Adjunto, DEA, UFV, 36570-000, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. facpinto@ufv.br

⁴ Eng. Agrônomo, Pesquisador Científico, IAC, 13020-902, Campinas (SP). flombardi43@uol.com.br

⁵ Eng. Agrícola, Professor Titular, DEA, UFV, 36570-000, Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. ffpruski@ufv.br

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos que compõem o clima, a chuva é um dos principais fatores a se considerar na análise do processo erosivo. Os impactos advindos da erosão hídrica apresentam grande amplitude, variando desde a perda de terras agricultáveis, assoreamento de rios e barragens e danos a obras de engenharia (estradas, pontes, hidrelétricas e etc.) até o empobrecimento da população rural.

Desenvolvida por Wischmeier & Smith, em 1958, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) é um modelo empírico que permite estimar as perdas de solo e identificar os fatores que exercem maior efeito sobre essas perdas (Pruski, 1996). Dentre os fatores da EUPS, o que expressa a capacidade erosiva da chuva é conhecido como fator erosividade da chuva (R).

Para o cálculo do fator R são necessários registros pluviográficos, que são de difícil obtenção no Brasil. Além disso, o processo de análise destes dados é bastante lento e trabalhoso (Bertoni & Lombardi Neto, 1999), fazendo com que informações relativas à erosividade da chuva estejam disponíveis, apenas, para um pequeno número de localidades brasileiras. Visando apresentar alternativas para solucionar esta deficiência, o Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (GPRH/UFV) em parceria com o Instituto Agrônomo (IAC) desenvolveu uma rede neural artificial (RNA), capaz de estimar os valores de R para qualquer localidade do Estado de São Paulo, a partir de dados de latitude, longitude e altitude. Na RNA desenvolvida, leva-se em consideração a altitude do local para determinação da erosividade da chuva o que, segundo Gonçalves (2002) e Goovaerts (1999), permite uma melhor estimativa do valor de R, fato este evidenciado, quando analisados de acordo com o coeficiente de correlação e o índice de confiança proposto por Camargo & Sentelhas (1997), os resultados obtidos

com o uso da RNA desenvolvida e do método de interpolação baseado no "Inverso da Potência da Distância".

Uma RNA é uma estrutura computacional criada para imitar o funcionamento do cérebro humano, adquirindo conhecimento por intermédio do processo de treinamento, a fim de encontrar pesos para as diferentes conexões (parâmetros livres) entre os elementos processadores da rede, denominados neurônios artificiais (Persson *et al.*, 2002). Contudo, para facilitar seu uso e permitir sua utilização por técnicos e extensionistas, demanda-se o desenvolvimento de programas computacionais com uma interface amigável para sua manipulação. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um programa computacional, que viabilize a aplicação da RNA desenvolvida pelo GPRH/UFV em parceria com o IAC, para estimativa do valor da erosividade da chuva para qualquer localidade do Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

A RNA desenvolvida é do tipo retroalimentada, possuindo uma arquitetura 3-4-2-1 (Figura 1), sendo estes valores correspondentes a um vetor de entrada com três variáveis, duas camadas intermediárias com 4 e 2 neurônios artificiais e um neurônio artificial na camada de saída. O vetor de entrada é composto pelos valores de latitude e longitude, em graus decimais, bem como pelo valor da altitude, em metros.

No neurônio da camada de saída, tem-se uma função de ativação do tipo linear (Equação 1) para fornecer o valor da erosividade da chuva, em $\text{MJ mm h}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, da localidade representada pelo vetor de entrada, enquanto as funções de ativação dos neurônios das camadas intermediárias são do tipo tangente hiperbólica sigmóide (Equação 2).

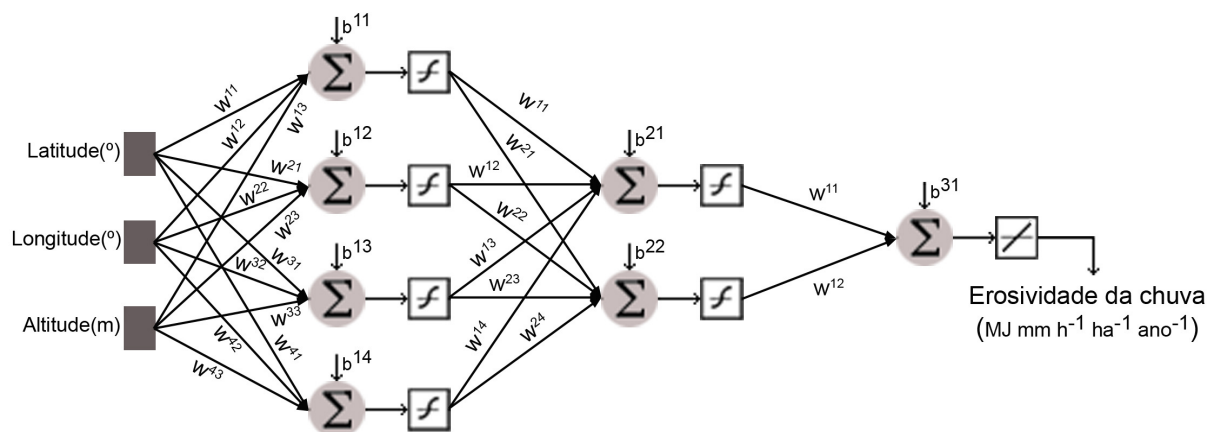


Figura 1. Arquitetura da rede neural artificial desenvolvida pelo GPRH/UFV em parceria com o IAC, para a estimativa da erosividade da chuva para qualquer localidade do Estado de São Paulo

$$f(x) = x \quad (1)$$

em que

X = variável, adimensional.

$$f(x) = \frac{2}{(1 + e^{-2x}) - 1} \quad (2)$$

De posse da arquitetura, das funções de ativação e dos parâmetros livres w 's e b 's, montou-se a função representativa da RNA, segundo o modelo apresentado na equação

$$y^{ij} = f \left(\sum_{i'} y^{i'(j-1)} w_{i'j}^{ij} + b^{ij} \right) \quad (3)$$

em que,

y^{ij} = valor de saída do neurônio i da camada j ;

N = número de neurônios da camada anterior;

$y^{i'(j-1)}$ = valor de saída do neurônio i' da camada anterior;

$w_{i'j}^{ij}$ = valor do peso sináptico do neurônio i da camada j , ativado pelo neurônio i' da camada anterior;

b^{ij} = valor de compensação do neurônio i da camada j ; e

f = função de ativação do neurônio i .

A função representativa da RNA foi implementada, utilizando-se a ferramenta de programação Borland Delphi[®] 7.0, na qual se

desenvolveu uma interface gráfica de forma a permitir que o usuário visualize o mapa do Estado de São Paulo e, a partir deste, obtenha o valor de R. Para tanto, o mapa foi georreferenciado de modo que ao clicar sobre ele o programa computacional acesse os valores da latitude, longitude e altitude da localidade de interesse para então calcular o valor de R. As informações de altitude do Estado de São Paulo foram obtidas do Projeto GTOPO30¹, que é uma fonte de informação de altimetria possuindo uma resolução horizontal de 1 km, tendo sido desenvolvido em escala mundial pelo *United States Geological Survey* (Ribeiro *et al.*, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa computacional desenvolvido foi denominado netErosividade SP e encontra-se disponível, para cópia gratuita, no endereço eletrônico

<http://www.ufv.br/dea/gprh/neterosividade>. Na Figura 2a, ilustra-se a tela de apresentação, constando o seu nome, sua finalidade e o grupo responsável pelo seu desenvolvimento, enquanto na Figura 2b exibe-se a tela principal do netErosividade SP em que pode-se ver o mapa do Estado de São Paulo com duas linhas (horizontal e vertical) indicando em seu encontro a localidade selecionada sendo que o valor de R deste ponto pode ser visto na caixa de texto "Valor da erosividade da chuva" (campo 3).

¹ <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.asp>

Caso a altitude obtida pelo programa computacional não seja condizente com a do local de interesse, pelo fato da resolução espacial horizontal do pixel de altimetria ser de 1 km², esta pode ser alterada pelo usuário e calculada novamente pressionando o botão “Calcular” (campo 4).

Duas listagens com os nomes das estações pluviométricas utilizadas para o desenvolvimento da RNA (campo 1) e das localidades do Estado de São Paulo (campo 2) foram dispostas, juntamente com o mapa, para permitir ao usuário obter o valor de R fornecendo apenas o nome da localidade de interesse. Ainda é possível fornecer o valor da latitude e da longitude em graus e da altitude em metros e, clicando no botão “Calcular”, obter o valor de R.

Ao selecionar uma localidade ou clicar sobre o mapa, o netErosividade SP obtém a erosividade da chuva utilizando a RNA, porém ao escolher uma estação o valor apresentado corresponde ao valor da erosividade da chuva calculado utilizando a equação proposta por Lombardi Neto &

Moldenhauer (1992), com dados consistidos de precipitação média anual do período de 1961 a 1990. Estes valores calculados, exibidos ao se escolher uma estação, correspondem aos valores utilizados para o desenvolvimento da RNA.

O netErosividade SP permite imprimir relatórios contendo as informações pertinentes a localização (Nome, Latitude, Longitude, Altitude), o valor da erosividade da chuva, e um mapa do Estado com um ponto ilustrando o local de interesse, sendo necessário para tanto pressionar o botão “Relatório” (campo 5). Na Figura 3a, apresenta-se um relatório emitido pelo netErosividade SP para a localidade de Adamantina.

Acompanha o netErosividade SP um sistema de ajuda que permite ao usuário obter informações relativas a utilização do programa computacional e aspectos teóricos relacionados a erosividade da chuva e redes neurais artificiais. Na Figura 3b, apresenta-se a tela pertinente ao sistema de ajuda.



Figura 2. Programa computacional netErosividade SP: (a) tela de apresentação; e (b) tela principal

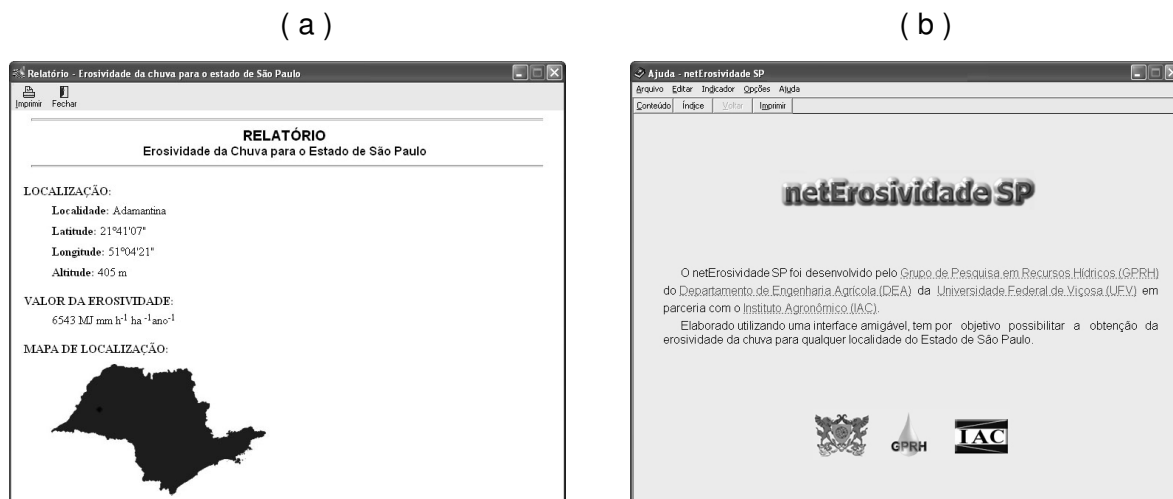


Figura 3. Programa computacional netErosividade SP: (a) relatório para a localidade de Adamantina; e (b) sistema de ajuda

CONCLUSÕES

O netErosividade SP permite, de forma fácil e rápida, a obtenção do valor da erosividade da chuva para qualquer localidade do Estado de São Paulo a partir da rede neural artificial desenvolvida pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos em parceria com o Instituto Agrônômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4 ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999. 355 p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p. 89-97, 1997.

GONÇALVES, F.A. **Erosividade das chuvas no Estado do Rio de Janeiro**. Viçosa, 2002. 2002. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – DEA, Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GOOVAERTS, P. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. **Catena**, v. 34, p. 227–242, 1999.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, p. 189-196, 1992.

PERSSON, M.; SIVAKUMAR, B.; BERNDTSSON, R.; JACOBSEN, O.H.; SCHJONNING, P. Predicting the Dielectric Constant–Water Content Relationship Using Artificial Neural Networks. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, p.1424–1429, 2002.

PRUSKI, F. F. **Curso de gestão de Recursos Hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas: Módulo 7 - Conservação de água e solos**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior-ABEAS, 1996. 89 p.

RIBEIRO, C.A.A.S.; CHAVES, M.A.; SOARES, V.P.; EUCLYDES, H.P. Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Amazônia legal. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, 2., Campo Grande, 2002. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. CD ROM

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.39, p.285-291, 1958.