



Revista Brasileira de Agrocomputação

Brazilian Journal of Agrocomputation

Vol. 2 Nº 2
Dezembro, 2007
December, 2007

REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO

Brazilian Journal of Agrocomputation

ISSN 1676-0425

Universidade Estadual de Ponta Grossa /DEINFO, Ponta Grossa, PR, Brazil.

Website: <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

Periodicidade: Semestral

Idiomas para publicação: A língua oficial é o Português, mas aceitam-se trabalhos em Inglês e Espanhol. Todos os trabalhos deverão conter resumo em Português e “abstract” em Inglês.

Distribuição: Gratuita às Bibliotecas das Instituições nacionais e estrangeiras de Pesquisa e Ensino. Entidades interessadas em receber a revista em regime de intercâmbio devem contatar: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Carlos Cavalcanti, nº 4748, CEP 84030-900, Ponta Grossa, PR, Brasil.

Periodicity: half-yearly

Languages for publication: The official language is Portuguese but papers in English or Spanish may be accepted. All papers must include abstracts in Portuguese and English.

Distribution: Brazilian Journal of Agrocomputation is mailed at no charge to libraries of national and foreign Teaching and Research Institutions. Entities interested in receiving the Journal at an interchange basis should contact Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Carlos Cavalcanti, nº 4748, CEP 84030-900, Ponta Grossa, PR, Brazil.

Comissão Editorial (Editorial Committee):

Editor Chefe (Chief Editor): Prof. Dr. Jorim Sousa das Virgens Filho – UEPG

Editores Associados (Associate Editors)

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri – UEL

Prof. M. Sc. Ivo Mário Mathias - UEPG

Conselho Editorial (Editorial Council):

Angelo Cataneo – FCA/UNESP

Gilberto Chohaku Sedyama – UFV

Hilton Thadeu Z. do Couto – ESALQ/USP

José Maurício Fernandes – EMBRAPA/CNPQ

José Paulo Molin – ESALQ/USP

Maysa de Lima Leite - UEPG

Roberto Max Protil – PUC/PR

Rogério Teixeira de Faria – IAPAR

ENDEREÇO (ADDRESS)

Revista Brasileira de Agrocomputação

Laboratório INFOAGRO - Departamento de Informática

Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – Bairro Uvaranas

CEP 84.030-900 – Ponta Grossa, PR, BRASIL

Fone: (42) 3220-3097

E-mail : agrocomputacao@uepg.br

HomePage: <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

Ficha catalográfica

REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO
v.2, n. 2 (dez. 2007) - Ponta Grossa, PR: UEPG, 2001 -
2007, 2(2)

Semestral
ISSN 1676-0425

Depósito legal na Biblioteca Nacional

Editoração e arte/*Composition*

Márcia Smaniotto

Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa

Tiragem: 700 exemplares

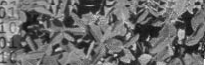


SUMÁRIO

ARTIGOS

- Aplicação de redes neurais artificiais de topologia MLP em simulação de dados radiométricos -**
Ariangelo Hauer Dias, Ivo Mário Mathias, Jorim Sousa das Virgens Filho, Leila Issa Rickli 5
- Construção de um pluviógrafo automático -** Eliezer S. Gervásio, Olívio J. Soccol, José A. Frizzone,
Tarlei A. Botrel 13
- Indicadores da fertilidade do solo de uma microbacia hidrográfica localizada na cuesta de**
Botucatu - SP - Luiz Alberto Blanco Jorge 19
- Modelo computacional para avaliação da aptidão agrícola das terras utilizando redes neurais**
artificiais - Ivo Mário Mathias, Ariangelo Hauer Dias, Ângelo Catâneo, Alaine Margarete Guimarães 33
- Um estudo sobre a influência do perfil dos programadores sobre aspectos organizacionais**
relacionados à qualidade de software agropecuário - Henri Cócaro, José Eloy Araújo Cerqueira,
José Carlos dos Santos Jesus, André Luiz França Batista, Luiz Marcelo Antonialli 41
- RELAÇÃO DOS CONSULTORES** 51
- NORMAS PARA PUBLICAÇÃO** 53

1001010111010100010
1011101010001010101
0101011101010001010
1010111010100010101



CONTENT

ARTICLES

- Application of artificial neurals networks of MLP topology in simulation of radiometrics data -**
Ariangelo Hauer Dias, Ivo Mário Mathias, Jorim Sousa das Virgens Filho, Leila Issa Rickli 5
- Construction of an automatic pluviograph -** Eliezer S. Gervásio, Olívio J. Soccol, José A. Frizzone,
Tarlei A. Botrel 13
- Soil fertility indicators of a watershed located in the cuesta of Botucatu - SP -** Luiz Alberto
Blanco Jorge 19
- Computation model for evaluation of the agricultural potential of the lands using artificial
neurals networks -** Ivo Mário Mathias, Ariangelo Hauer Dias, Ângelo Catâneo, Alaine Margarete
Guimarães 33
- A study about the influence of the programmers profile on organizational aspects related to the
quality of agricultural software -** Henri Cócáro, José Eloy Araújo Cerqueira, José Carlos dos Santos
Jesus, André Luiz França Batista, Luiz Marcelo Antonialli 41
- CONSULTANTS LIST** 51
- PUBLICATION POLICIES** 53



APLICAÇÃO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS DE TOPOLOGIA MLP EM SIMULAÇÃO DE DADOS RADIOMÉTRICOS¹

Ariangelo Hauer Dias², Ivo Mário Mathias³
Jorim Sousa das Virgens Filho⁴, Leila Issa Rickli⁵

Recebido para publicação em 07/03/2004

Aceito para publicação em 11/10/2007

RESUMO: Nos últimos anos, a evolução da tecnologia da informação tem causado um enorme impacto sobre as organizações em geral e em particular sobre o desenvolvimento de aplicações de computadores voltados a áreas específicas. Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) e Sistemas Especialistas (SE) possibilitam a representação de conhecimentos permitindo o desenvolvimento de modelos para simulação de dados, baseados em séries históricas, contribuindo assim nas previsões relacionadas a sistemas agrônômicos, produção agrícola, sistemas hidrológicos, racionalização de recursos hídricos, dentre outros. Considerando a radiação solar como um elemento climático importante relacionado aos fenômenos meteorológicos, o presente trabalho tem por objetivo a apresentação de um sistema para modelagem computacional de simulação de dados diários de radiação solar baseados em redes neurais. Que consiste em um método de solucionar problemas de Inteligência Artificial (IA), utilizando técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes, demonstrando grande eficiência na construção de sistemas simuladores. As técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais Artificiais juntamente com o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0 foram utilizadas para implementação do sistema em questão.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Redes Neurais Artificiais, Sistemas de Apoio a Decisão, Radiação Solar.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURALS NETWORKS OF MLP TOPOLOGY IN SIMULATION OF RADIOMETRICS DATA

ABSTRACT: In the last years, the evolution of the information technology has been causing an enormous impact in the organizations and in especial on the development of computers applications for specific areas. Decision Support System (DSS) and Expert Systems (ES) make possible the representation of knowledge allowing the development of simulation models for data, based on

¹ Trabalho desenvolvido na área de Aproveitamento de Energia Solar no curso de Doutorado em Energia na Agricultura da FCA-UNESP Campus Botucatu.

² Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR, ariangelo@uepg.br

³ Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR, ivomathias@uepg.br

⁴ Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR, jvirgens@uepg.br

⁵ Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR, lirickli@uepg.br

historical series, contributing in the forecasts to agronomic systems, agricultural production, hydrological systems and rationalization of hydric resources, among others. Considering the solar radiation as an important climatic element related to the meteorological phenomena, the present work has for objective the presentation of a system for computational modeling of simulation of daily data of solar radiation based on artificial neural networks. It consists in a method of solving problems of Artificial Intelligence (AI) using computational techniques that present a model inspired in the neural structure of intelligent organisms, demonstrating great efficiency in the construction of simulation systems. This implementation uses techniques of Artificial Intelligence and Artificial Neural Networks associated with the programming environment Borland Delphi Enterprise Version 7.0.

Key words: *Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, Decision Support System, Solar Radiation.*

1 INTRODUÇÃO

Entre técnicas de pesquisa, a simulação, devido a possibilidade de reprodução de sistemas reais com alto grau de semelhança, vem sendo amplamente utilizada. Uma das razões para o aumento do seu uso está na crescente evolução do uso da informática como ferramenta de trabalho permitindo, desta forma, o estudo de sistemas cada vez mais complexos. A simulação de sistemas tem sido amplamente utilizada nas mais diversas áreas da atividade humana, como por exemplo, a engenharia, economia e principalmente na área militar.

O desenvolvimento de modelos para simulação de dados, normalmente baseados em séries históricas, é de grande importância para avaliações de sistemas agrônomicos, principalmente no que diz respeito à produção e gestão de sistemas hidrológicos objetivando a racionalização de recursos disponíveis.

Em áreas do conhecimento em que não é possível elaborar um modelo adequado à realidade do problema, a utilização de redes neurais tem se apresentado como solução, uma vez que desenvolvem métodos matemáticos intrínsecos a partir de dados empíricos ou observados, por meio de processo de aprendizagem. A aplicação de redes neurais na simulação e na previsão de dados climáticos desperta o interesse de pesquisadores.

De acordo com Sedyama et al. (1978), o clima é um fator dominante no controle do crescimento de plantas e as produções agrícolas são elementos probabilísticos, no sentido de que dependem dos elementos climáticos durante o desenvolvimento de uma cultura. Desta forma, um sistema de produção agrícola, é um sistema que utiliza plantas selecionadas, ambiente apropriado e máquinas adequadas para o controle do desenvolvimento das plantas,

conforme observou Jones et al. (1972).

Utilizando-se de procedimentos integrados ao avanço tecnológico, nos países de primeiro mundo, já se desenvolvem ferramentas computacionais específicas para o gerenciamento e simulação de dados climáticos diários. Um exemplo típico é o “Weatherman”, um software concebido por Pickering et al. (1994) e desenvolvido com o intuito de simplificar e automatizar muitas tarefas repetitivas, associadas com a preparação de dados climáticos brutos de uso em modelos agrônomicos, fornecendo análise quantitativa dos mesmos e simulando conjuntos completos de dados diários.

Dentre os elementos climáticos, a radiação solar pode ser apontada como o principal elemento relacionado aos fenômenos meteorológicos, dado o caráter fundamental da sua intervenção direta sobre a vida na Terra. Além de sua importância na caracterização climática das regiões, o conhecimento da sua incidência em determinado local, é fundamental para os estudos agroclimatológicos. Além disso, a sua disponibilidade e previsão é essencial no desenvolvimento de projetos de aproveitamento da energia solar em suas variadas aplicações, como fonte de energia para máquinas bioconversoras, aquecedores, destiladores, secadores ou qualquer outra máquina capaz de aproveitar a energia gerada pelo Sol.

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema computacional para modelagem de séries diárias de radiação solar, utilizando técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais, e como ferramenta computacional, o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0, Borland (2003).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Local do desenvolvimento e Base de Dados

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Informática Aplicada a Agricultura – INFOAGRO da Universidade Estadual de Ponta Grossa e foram utilizados dados diários de radiação solar, da cidade de Botucatu-SP, obtidos junto ao Departamento de Ciências Ambientais da UNESP/Botucatu-SP.

Modelo Computacional

Para execução do modelo de simulação de dados diários de radiação solar global, desenvolveu-se um modelo computacional denominado SimData - Simulador de Dados de Genéricos, composto pelo programa SimData.EXE. O programa foi codificado na linguagem de programação Delphi – versão 7.0, o qual pode ser executado na plataforma Windows. Para a implantação da Rede Neural foi utilizado o componente TMLP (*Multilayer Perceptron*) obtido do livro “Redes Neurais em Delphi”, Medeiros (2003).

A instanciação do componente TMLP cria um tipo de rede neural conhecida na literatura como *Multilayer Perceptron* (*perceptron* de camada múltipla). Este tipo de rede neural permite a execução de tarefas como a simulação de séries temporais, entre outras aplicações. Sua arquitetura está baseada em camadas de unidades denominadas “neurônios”, que se interligam através de conexões sinápticas. Cada neurônio de uma camada conecta-se com a totalidade de neurônios de suas camadas adjacentes. Estas conexões, também denominadas “pesos sinápticos”, transformam o sinal de entrada da rede ativando os neurônios pelas camadas internas até a camada de saída, onde obtemos a resposta desejada.

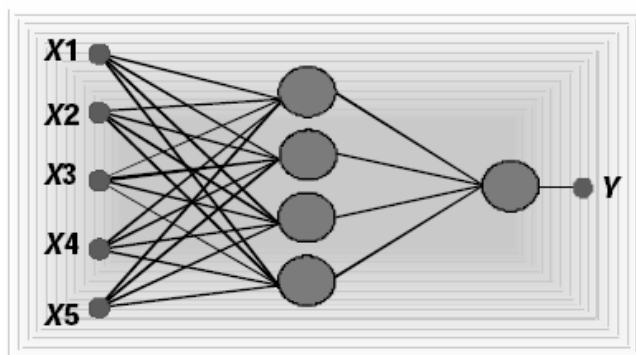
3 ARQUITETURA DE UMA REDE NEURAL

Conforme a literatura, Azevedo et al. (2000), Medeiros (2003), Neurais (2003), definir a arquitetura de uma rede neural consiste em observar sua estrutura: número de camadas da rede e de neurônios em cada camada, e tipo de conexão entre os neurônios e a topologia da rede Braga, et al. (2000). Na maioria das vezes, as redes neurais são estruturadas em camadas, contendo um ou mais neurônios. Sem exceção, todas possuem camada de entrada, que recebe os sinais de entrada, e camada de saída, que armazena o resultado final da rede. Existe a possibilidade da utilização de camadas intermediárias, as camadas

intermediárias localizam-se entre a camada de entrada e a de saída.

Quando existem camadas intermediárias é importante observar o tipo de conexão existente entre elas. As redes neurais podem ser acíclicas (*feedforward*) ou cíclicas (recorrente). A cíclica diferencia-se da acíclica por possuir pelo menos um *link* de realimentação (*feedback*), pelo qual a saída de algum neurônio de uma camada *i* é utilizada como entrada para um neurônio de camada de ordem menor ou igual a *i*.

As redes neurais podem ser completamente conectadas, quando todos os neurônios estão conectados entre si, ou fracamente conectadas, quando pelo menos dois neurônios não apresentam ligações entre si. A Ilustração 1 mostra uma rede neural acíclica completamente conectada.



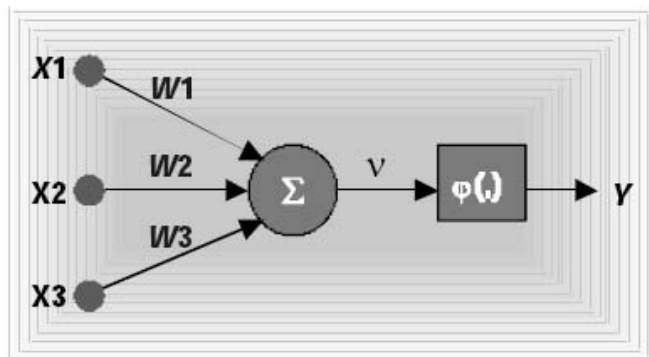
Fonte: Freitas (2004)

Ilustração 1 - Rede Neural Típica.

Para que as redes neurais forneçam soluções a determinado problema, é necessário que passem por processo de treinamento. Durante este processo os parâmetros da rede são automaticamente ajustados a cada valor de entrada, fornecido às redes neurais.

A Ilustração 2 representa um neurônio artificial, em que X_1 , X_2 e X_3 correspondem aos valores de entrada e Y equivale ao valor de saída do neurônio. Observa-se que, após a multiplicação dos valores de entrada pelos respectivos pesos W_1 , W_2 e W_3 , os produtos obtidos são somados, resultando no potencial de ativação v . Posteriormente, o valor de v é submetido a uma função de ativação, cujo resultado Y é o valor de saída do neurônio. A função de ativação tem como objetivo limitar a amplitude do sinal de saída, matematicamente, teríamos:

$$v = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i \text{ e } Y = \varphi(v) \Rightarrow Y = \varphi\left(\sum_{i=1}^n W_i \times X_i\right)$$



Fonte: Freitas (2004)

Ilustração 2 - Neurônio artificial.

Três conceitos são importantes na compreensão o processo de aprendizagem:

- **Treinamento ou Aprendizado:** conjunto de procedimentos utilizados para ajustar os parâmetros das redes neurais, de maneira que possam realizar determinada função;
- **Número de épocas:** número de vezes que os padrões de treinamento serão apresentados às redes neurais, a fim de que se faça a atualização dos pesos;
- **Taxa de aprendizado:** controla a intensidade das alterações dos pesos – uma alta taxa de aprendizado acelera o processo, mas pode reduzir a capacidade de generalização da rede neural.

As redes MLP (*multilayer perceptron*) são redes acíclicas (*feedforward*) com uma ou mais camadas intermediárias, o que garante a solução de problemas mais complexos. O algoritmo de treinamento mais popular aplicado às redes MLP é o *back-propagation* – que segue o paradigma de aprendizado supervisionado, no qual são fornecidos valores de entrada às redes neurais com as respectivas saídas desejadas. Por meio desse algoritmo, a aprendizagem é realizada em duas etapas. Na primeira, a *forward*, os valores de saída da rede são calculados a partir dos valores de entrada fornecidos. Na segunda, a *backward*, os pesos associados a cada conexão são atualizados conforme as diferenças entre os valores de saída obtidos e os valores desejados, da última camada a camada de entrada.

A principal vantagem em se utilizar redes MLP se deve ao fato que deste tipo de topologia ser capaz de realizar prognósticos confiáveis sobre valores futuros de séries temporais. Uma questão importante a responder é qual o tamanho ótimo para a rede de treinamento. Neste sentido,

são apresentados resumidamente a seguir dois estudos empíricos que se dedicaram a estudar soluções para a questão da topologia da rede.

1 Determinação da Camada de Entrada da Rede:

Fernandes (1995), cita o trabalho de Varfis e Versino (1990), que trata da previsão de séries econômicas mensais, aonde é possível encontrar uma proposta metodológica para modelar a entrada da rede de maneira a captar as componentes da série temporal, dividindo-a em três grupos:

Grupo	Componentes
1	Valores passados da série
2	Valores passados referentes ao mesmo mês em anos anteriores, visando captar tendências ou ciclos da série
3	Grupo d e doze unidades binárias para captar a sazonalidade da série, tais como 100000000000 para o mês de janeiro, 010000000000 para fevereiro e assim sucessivamente, até 000000000001 para o mês de dezembro

A Ilustração 3 apresenta de forma esquemática a topologia de uma rede utilizando-se a abordagem de Varfis e Versino (1990).

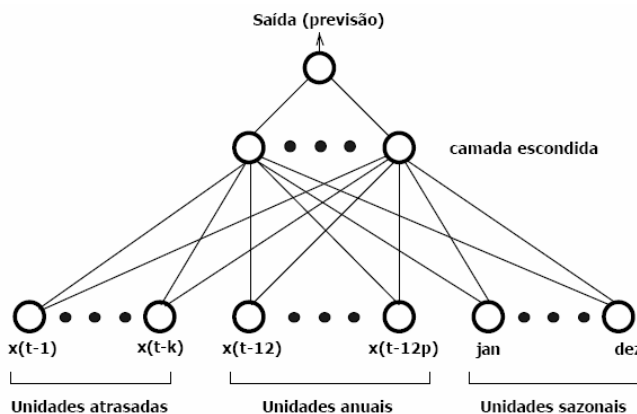


Ilustração 3 - Topologia de Varfis e Versino.

2 Determinação da Camada Escondida de Rede:

Fernandes (1995), complementa sua abordagem referenciando vários autores, como Caudill (1990), que considera o número de unidades das camadas escondidas como incógnita e simplesmente afirmam que “*o tamanho da camada escondida é escolhido usando o bom senso: se a camada for muito grande, a rede estará memorizando os padrões e com isso perdendo a capacidade de generalização, por outro lado, se a camada for muito pequena, a rede levará muito mais iterações para atingir a precisão desejada*”. Note que a memorização no contexto de um modelo de rede neural é equivalente ao problema econométrico da superparametrização do modelo. Quando a rede memoriza um certo conjunto de dados ela vai apresentar pequenos erros de previsão para o período amostral, mas grandes erros para previsões fora da amostra. Já Rumelhart e Weigend (1990), afirmam que “*a rede que melhor generaliza os dados é a menor rede apta a realizar o treinamento dos dados*”. Neste sentido, os autores propõem um método que é uma extensão do método do gradiente descendente, onde a idéia básica é iniciar com uma rede grande, mas associando um custo a cada conexão da rede. Este custo seria decisivo para a eliminação ou não de um determinado peso ou conexão. A função custo proposta é a soma de dois termos. O primeiro é a soma dos quadrados dos erros, e o segundo descreve um custo para cada peso na rede. Se um certo desempenho de um conjunto de dados para treinamento pode ser obtido com poucos pesos, a função custo irá encorajar a redução do número de conexões e, eventualmente, eliminar de tantos pesos quantos forem possíveis.

4 VALIDAÇÃO

Para construir o modelo computacional que validasse a eficiência da rede neural utilizando-se a topologia MLP o programa desenvolvido possui uma interface que permite a informação (conhecimento) dos dados reais obtidos em leituras de coletores de dados de Estação Meteorológica e também uma interface que permite a manipulação dos dados referentes a configuração dos parâmetros da rede MLP.

A Ilustração 4 mostra a interface destinada a informação dos dados de configuração da simulação por rede MLP.

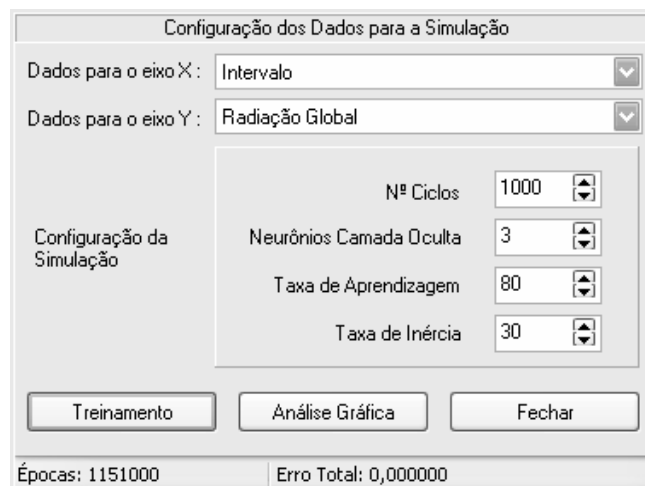


Ilustração 4 - Janela de entrada de dados para Simulação.

Note que na janela são informados os dados referentes a número de ciclos, neurônios das camadas intermediárias (camadas ocultas), taxa de aprendizagem e taxa de inércia. Os dados da camada de entrada são informados como Dados para o eixo X, ou seja, são os dados obtidos através da importação dos dados da Estação Meteorológica (série de dados temporais). A camada de saída será observada através da análise gráfica apresentada na Ilustração 5, onde é possível observar em vermelho os dados obtidos através da leitura real dos dados (camada de entrada), em verde observa-se os dados simulados, para 5000 ciclos, 8 camadas ocultas e uma taxa de aprendizagem de 80%. Para melhor visualização os gráficos obtidos tiveram um pequeno deslocamento, caso contrário, seria difícil observar a diferença do gráfico uma vez que o resultado simulado ficou muito próximo dos dados reais.

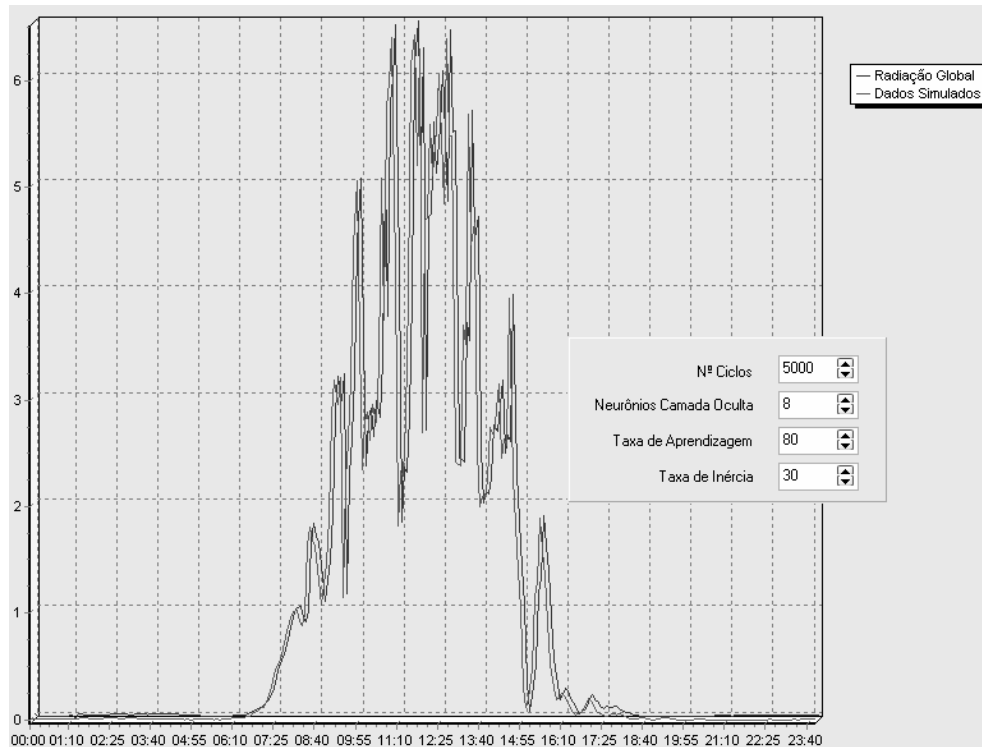


Ilustração 5 - Gráfico comparativo Série Real x Simulação

Para que se observe a importância dos parâmetros da simulação na Ilustração 6 temos os mesmos dados de entrada só que agora para 1000 ciclos, 3 camadas ocultas e uma taxa de aprendizagem de 80%. Esta nova

configuração deixa o processo de geração dos dados de saída mais rápido, porém com uma precisão menor em relação aos dados reais coletados.

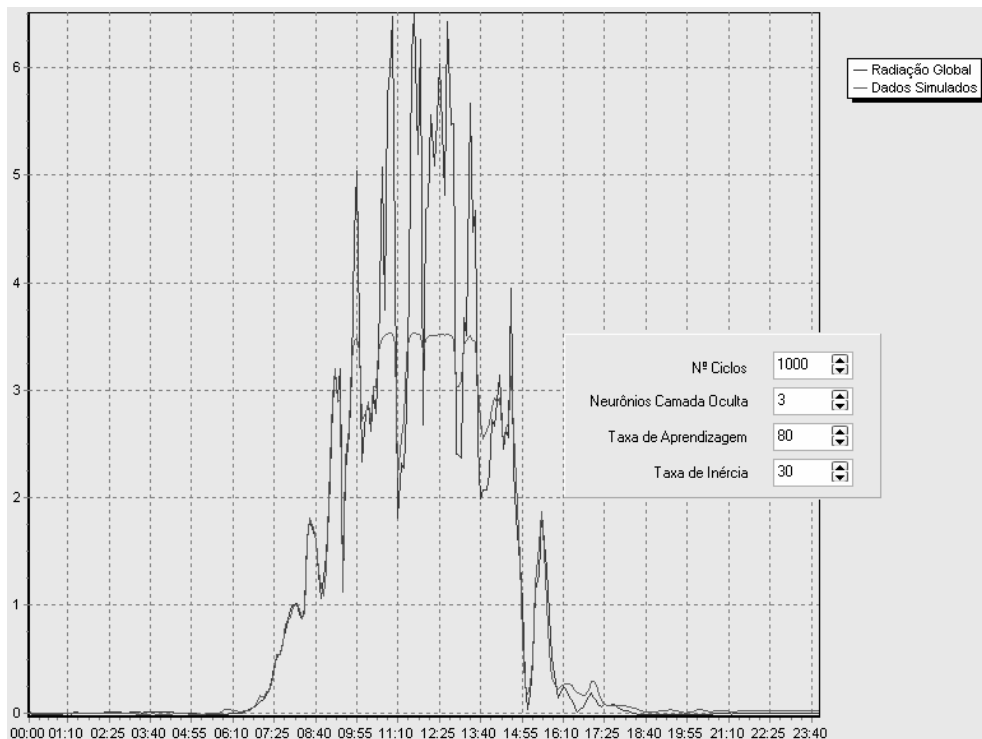


Ilustração 6 - Gráfico com novos parâmetros para a Simulação.

Observa-se na ilustração acima que os dados da simulação apresentam uma margem de erro maior em relação a situação de simulação anteriormente descrita. Somente os dados com valores menores estão dentro de um limite satisfatório de simulação. Os dados com valores maiores apresentam uma discrepância considerável.

Vemos, portanto que os parâmetros de configuração da rede neural são de vital importância para a avaliação do resultado obtido. Numa análise grosseira poderíamos descartar este método de simulação simplesmente pela análise da Ilustração 6.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho não tem a pretensão de estabelecer que as Redes Neurais Artificiais, mais especificamente o modelo MLP (*Perceptron* Multi-Camadas) com aprendizado por retropropagação de erros, apresentam-se como o melhor método de realização de simulação de valores de série temporais. Porém, em face dos resultados apresentados, pode-se dizer com segurança que as Redes Neurais Artificiais são uma ferramenta poderosa para a realização de previsão de séries temporais, capazes de realizar prognósticos com o mesmo nível de precisão ou, em alguns casos, até maior que o modelo e séries de tempo estrutural. Na verdade, este trabalho se soma à literatura onde as redes neurais artificiais aparecem como o melhor método de previsão para séries temporais mais longas.

A principal dificuldade na utilização de redes neurais artificiais na previsão de séries temporais, ainda é a determinação da arquitetura ótima da rede. Ainda não se possui uma metodologia consistente que apresente a melhor configuração da rede para cada série proposta. A metodologia proposta por este trabalho avança no que diz respeito a determinação da camada de entrada da rede, mas apresenta como seu fator limitante a determinação do número de neurônios da camada oculta. Uma sugestão que pode vir a ser estudada em trabalhos futuros é a utilização de modelos de Redes Neurais Artificiais com poda automática de neurônios que apresentem menor importância ao longo do aprendizado da rede. Um modelo que desperta particular interesse neste sentido é o Modelo Neural Combinatório

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, F. M.; BRASIL, L. M. e OLIVEIRA, R. C. L. de. **Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas**. Florianópolis: Visual Books Editora, 2000, 401p.
- BORLAND, Web: <<http://www.borland.com.br/products/index.html>>. Acesso em set. de 2003.
- BRAGA, A.; LUDERMIR, T.; CARVALHO, A. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- CAUDILL, M. *Neural Network Primer*, Miller Freeman Publications, 1990.
- FERNANDES, L. G. L.; PORTUGAL, M. S.; NAVAUX, P. O. A. **Previsão de Séries de Tempo: Redes Neurais Artificiais e Modelos Estruturais**: Disponível em <<http://www.ufrgs.br/ppge/pdf/msp/95-09.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2004.
- FREITAS, S. O. de e SOUZA, A. A. de. **Utilização de redes neurais na precificação de opções**: Resenha BM&F. n. 150, p. 63-73. Disponível em <<http://www.nyse.com.br/papers/1402200210H10.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2004.
- HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. EUA: Prentice Hall, 1999.
- JONES, J.W.; COLWICK, R.F.; THREADGILL, E. D. A simulated environmental model of temperature, evaporation, rainfall and soil moisture. *Transactions of the ASAE*, v.15, p.366-72, 1972.
- MEDEIROS, L. F. de. *Redes neurais em delphi*. Florianópolis: Visual Books Editora, 2003, 115p.
- NEURAS, Web: <http://www.din.uem.br/ia/neuras>, acesso em setembro/2003.
- PICKERING, N.B.; HANSEN, J.W.; JONES, J.W.; WELLS, C.M.; CHAN, V.K.; GODWIN, D.C. *WeatherMan: A utility for managing and generating daily weather data*. *Agronomy Journal*, v.86, p.332-7, 1994.
- RUMELHART, D. E.; WEIGEND, S. A. "Predicting the Future: A Connectionist Approach", *Stanford PDP-90-01, PARC-SSL-90-20*, 1990.
- SEDIYAMA, G.C.; CHANCELLOR, W.J.; BURKHARDT, T.H., GOSS, J.R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**, v.25, n.141, p.455-66, 1978.
- VARFIS, A.; VERSINO, C. *Univariate Economic Time Series Forecasting*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.



CONSTRUÇÃO DE UM PLUVIÓGRAFO AUTOMÁTICO

Eliezer S. Gervásio¹, Olívio J. Soccol², José A. Frizzone³,
Tarlei A. Botrel⁴

Recebido para publicação em 29/03/2003

Aceito para publicação em 08/10/2007

RESUMO: *O propósito desse trabalho foi a construção de um pluviógrafo automático de baixo custo, capaz de registrar continuamente os valores de precipitação. O princípio de funcionamento baseou-se na medida da carga hidráulica presente no interior do pluviógrafo, por meio de um sensor de pressão. Uma válvula solenóide foi instalada na base inferior do aparelho para possibilitar a drenagem após o enchimento do reservatório. Um programa computacional interligado a um sistema de aquisição de dados monitorou continuamente a leitura da precipitação, além de gravar as informações num banco de dados para posterior manipulação. Em função da resolução do conversor AD utilizado, a precisão do equipamento foi de aproximadamente 0,15 mm. Esse erro é equiparado aos encontrados na maioria dos equipamentos disponíveis no mercado, os quais apresentam precisão em torno de 0,2 mm. Com base nas características operacionais do pluviógrafo, concluiu-se que o mesmo, além de apresentar um baixo custo de construção, constitui-se numa alternativa viável para o monitoramento da precipitação, visando estudos hidrológicos e climatológicos.*

Palavras-chave: *automação, pluviógrafo*

CONSTRUCTION OF AN AUTOMATIC PLUVIOGRAPH

ABSTRACT: *The purpose of this work was the construction of a low cost automatic pluviograph, able to register the precipitation values continuously. The operation principle is based on the measurement of the hydraulic head inside the pluviograph, through a pressure sensor. A solenoid valve was installed at the bottom of the equipment to allow the water drainage when the reservoir was full. A computer program interlinked to a data logger monitored the precipitation continually, besides recording the information in a database for subsequent manipulation. Due to the accuracy of the AD converter used, the precision of the equipment was of approximately 0.15 mm. This error is close to those found in most of the available equipments in the market, which present error around 0.2 mm. Based on the operational features of the pluviograph, it was concluded that the equipment, presents a low cost of construction and is a viable alternative for precipitation monitoring and could be applied in hydrologic and climatologic studies.*

Key words: *automation, pluviograph*

¹ Eng^o Agrônomo, Prof. Dr. CENAMB/UNIVASF - Juazeiro-BA, eliezer.gervasio@univasf.edu.br

² Eng^o Agrônomo, Prof. Dr. DER/CAV/UEDESC, a2ojs@cav.udesc.br

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Dr. DER/ESALQ/USP, Bolsista do CNPq, frizzone@esalq.usp.br

⁴ Eng^o Agrícola, Prof. Dr. DER/ESALQ/USP, tabotrel@esalq.usp.br

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de precipitação numa região é fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. Além da precipitação, a determinação da sua intensidade é importante para o controle de inundação e erosão do solo (Bertoni e Tucci, 2000).

Segundo Chevallier (2000), existem duas maneiras de medir a precipitação: pontualmente, por meio de pluviômetros ou pluviógrafos e espacialmente, com a utilização de radares. Os pluviômetros são aparelhos que permitem a medição da precipitação, sendo constituídos de uma área de captação e um recipiente para o armazenamento da água coletada. Se forem equipados com dispositivos que registram a quantidade e o horário de ocorrência da precipitação, são então, denominados de pluviógrafos (Pereira et al., 2002).

No caso dos pluviógrafos, existe uma grande variedade de aparelhos, os quais utilizam princípios diferenciados para medir e registrar as precipitações. A caracterização desse tipo de equipamento baseia-se no princípio de medição (cubas basculantes, reservatório equipado com bóia e sifão), na forma de transmissão do sinal (mecânica ou elétrica), no tipo de gravação (escrita em um suporte de papel, memorizada em um suporte eletrônico ou magnético e transmitida em tempo real) além da forma de transmissão do registro (manual, a cabo e via satélite ou rádio-frequência). A precisão das medições pluviográficas está relacionada em parte com a área de interceptação, ou seja, quanto maior o volume recolhido, tanto maior é a precisão. O sistema de medição também afeta a precisão, de modo que registros contínuos com aparelhos de sifonagem fornecem uma maior precisão do que registros descontínuos com cubas basculantes (Chevallier, 2000).

O registro de dados da forma automática possibilita, entre outras vantagens, a eliminação de erros humanos na leitura das medições e de erros de digitação, sincronismo da leitura entre vários instrumentos e frequência de leitura com intervalos precisos (Gomide, 1998).

Assim, o objetivo do trabalho foi construir um pluviógrafo automático, de baixo custo, capaz de registrar continuamente os valores de precipitação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aspectos construtivos

Para a construção do pluviógrafo automático, foram

utilizados materiais que são facilmente encontrados no mercado. Basicamente, foram utilizadas conexões hidráulicas que permitem a desmontagem do equipamento para eventuais reparos e manutenção (Tabela 1).

Tabela 1 - Materiais utilizados na construção do pluviógrafo automático.

Material	Qtde.	Custo (US\$)*
1 m de tubo de PVC DN 1 ¼"	1	1,72
Luva de PVC DN 1 ¼"	2	0,90
Bucha de redução DN 1 ¼" x ¾"	2	0,51
Redução excêntrica 100 x 50 mm LE	1	0,54
0,30 m tubo de PVC DN 100 mm LE	1	0,37
Funil de PVC de 190 mm de diâmetro	1	1,38
Tela plástica	1	0,15
Válvula solenóide com rosca de ¾" e bobina de 12 VCC	1	2,77
0,30 m de mangueira de silicone	1	0,42
Joelho de bronze com rosca de 3/8"	1	0,70
Sensor de pressão (Motorola MPX5010DP) **	1	20,00
Total		29,46

* US\$ 1.00 = R\$ 3,61

** MOTOROLA INC., 2002

A montagem do equipamento consistiu no acoplamento das luvas nas extremidades do tubo de 1 ¼". Uma bucha de redução foi soldada ao funil por meio de cola epóxi, formando uma peça única. Essa peça foi acoplada na base superior do tubo, possibilitando sua retirada para eventual limpeza do equipamento. Foi colocada uma tela plástica dentro do funil para evitar a entrada de impurezas no interior do pluviógrafo. Na base inferior do tubo foi colocada a outra bucha de redução para acoplamento da válvula solenóide. O joelho foi instalado à 12 cm acima da válvula solenóide para instalação do sensor de pressão. Com a redução excêntrica e o segmento de tudo de DN 100 mm, construiu-se o abrigo para proteger a válvula solenóide e o sensor. Esse abrigo foi fixado na base inferior do tubo de 1 ¼" por meio de um anel de borracha e cola de silicone. A Figura 1 ilustra o esquema de montagem do pluviógrafo.

Construção de um pluviógrafo automático

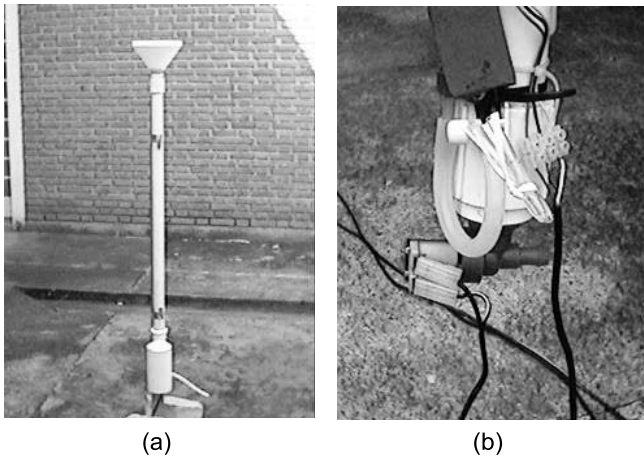


Figura 1 - Pluviógrafo automático. Vista geral (a) e detalhes da instalação da válvula solenóide e sensor de pressão (b).

2.2 Automação do pluviógrafo

Na automação do pluviógrafo utilizou-se o esquema demonstrado na Figura 2, que foi composto por um periférico (microcomputador), um circuito eletrônico (sistema de aquisição de dados e circuito ótico-isolado) e o pluviógrafo.

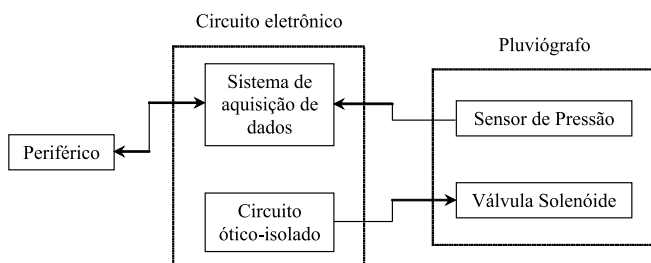


Figura 2 - Diagrama esquemático para automação do pluviógrafo.

O sistema de aquisição de dados foi constituído por uma placa comercial modelo ELCAS 2000 da empresa Solbet Ltda. Essa placa possui oito entradas analógicas de 8 bits de resolução, oito saídas digitais para acionamento de equipamentos e oito entradas digitais. Para a automação do pluviógrafo foram utilizados apenas um canal analógico para a leitura do sensor de pressão e uma saída digital para acionamento da válvula solenóide. Embora as demais entradas analógicas e saídas digitais tenham ficado ociosas nesse trabalho, essa placa permite a leitura de outros sensores (temperatura, umidade relativa, tanque

de evaporação, etc.), bem como de outros pluviógrafos, que possam ser acoplados ao sistema. Além da placa comercial foi montado um circuito ótico-isolado para o acionamento da válvula solenóide, o qual foi instalado entre a saída digital da placa e a válvula (Figura 3).

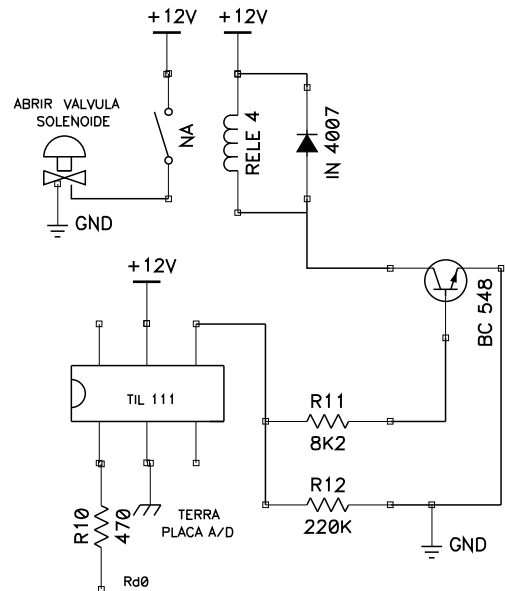


Figura 3 - Circuito ótico-isolado para acionamento da válvula solenóide.

O princípio de funcionamento deste pluviógrafo baseia-se na leitura da carga hidráulica armazenada no interior do tubo de PVC. Com a precipitação ocorre o aumento da lâmina de água no interior do pluviógrafo, fazendo com que o sensor emita um sinal analógico que varia de 0 a 5 volts. Esse sinal é lido pela entrada analógica da placa ELCAS 2000, que o converte em sinal digital e o transmite serialmente para o programa gerenciador. Dependendo do valor lido, o programa permite a abertura ou fechamento da válvula solenóide.

2.3 Programa gerenciador

Nessa etapa desenvolveu-se um programa que permitiu a sua utilização independente dos aspectos construtivos do pluviógrafo. Esse, foi desenvolvido em linguagem Delphi 4.0 e constituído por um formulário principal chamado Pluviógrafo Automático (Figura 4) e quatro formulários secundários (Calibração do Sensor, Curva de Esvaziamento, Configuração do Sistema e Autores).

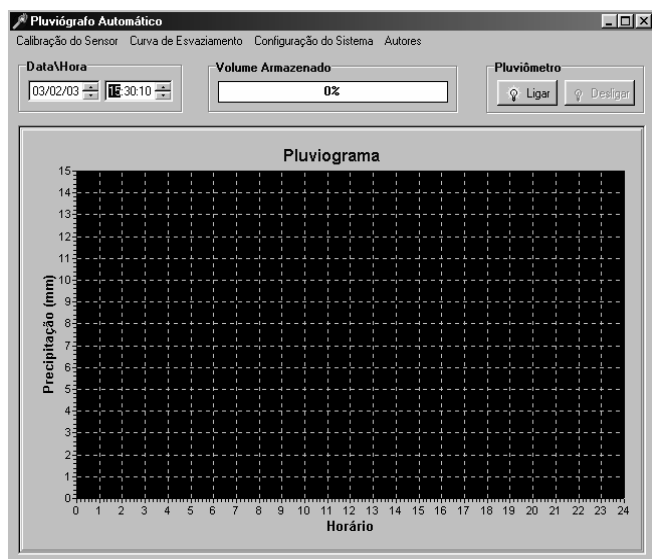


Figura 4 - Formulário principal do software gerenciador.

2.3.1 Calibração do sensor

Após a construção do pluviógrafo foi realizada a calibração do sensor de pressão. Junto ao corpo do pluviógrafo foi instalado um piezômetro para a visualização da carga hidráulica. Na Figura 5 verifica-se a planilha de dados onde são digitados os pontos referentes à altura da coluna de água no piezômetro (cm.c.a.) e respectiva leitura (decimal) do sensor. O procedimento de calibração iniciou-se com o preenchimento do pluviógrafo com água até o piezômetro acusar uma altura próxima a 100 cm.c.a. (capacidade nominal do sensor). Em seguida realizou-se a leitura do sensor, o qual foi programado para ler a cada segundo e mostrar o valor médio após um minuto de leitura. Esse procedimento possibilitou a obtenção do par ordenado leitura do sensor versus carga hidráulica. Por meio da abertura e fechamento da válvula solenóide, diminuiu-se gradativamente a carga hidráulica sobre o sensor, de modo a obter pontos suficientes que permitissem o ajuste (botão “Ajustar Equação”) de uma equação linear. A planilha de dados foi elaborada coletando-se pontos tanto no enchimento como no esvaziamento do pluviógrafo, com o intuito de verificar a existência de histerese no sensor. Feita a calibração, os coeficientes da equação foram salvos no formulário de configuração do sistema por meio do botão “Salvar Coeficientes”. Esse formulário ainda permite que a planilha de dados seja salva em um arquivo tipo texto para posterior manipulação. Para isso basta clicar no botão “Salvar Dados” que é criado o arquivo Calibração.txt e salvo no diretório onde se encontra o programa executável.

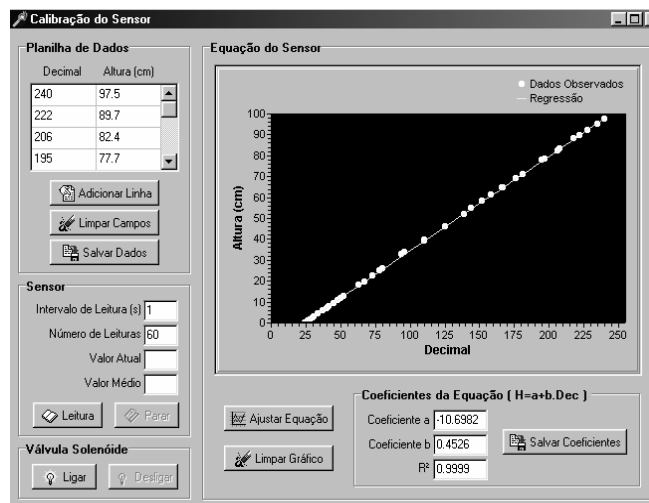


Figura 5 - Formulário “Calibração do Sensor”.

2.3.2 Curva de esvaziamento

Após a calibração do sensor, foram definidos os limites de trabalho do pluviógrafo por meio da determinação da curva de esvaziamento (Figura 6). No formulário próprio foi possível determinar a variação da carga hidráulica no pluviógrafo em função do tempo. Esse estudo é muito importante, pois possibilita definir o erro de leitura do pluviógrafo quando uma precipitação ocorre no momento da drenagem. Assim quanto menor o tempo de drenagem, menor será o erro de leitura registrado pelo pluviógrafo. A determinação da curva de esvaziamento iniciou-se pela retirada do piezômetro e posterior enchimento do pluviógrafo com água até o limite superior (L_{sup}) de 91,137 cm.c.a.. O limite superior foi definido quando o nível de água no interior do pluviógrafo estava próximo da base inferior do funil coletor. O seu valor foi determinado com base na seguinte equação:

$$H = -10,6982 + 0,4526 \text{ Dec} \quad (1)$$

em que: H é a altura da carga hidráulica (cm.c.a.); Dec é o sinal do sensor em decimal, -10,6982 é o coeficiente linear da curva, ou seja a altura quando DEC for nulo e 0,4526 é o coeficiente angular da curva. Por meio do formulário “Calibração do Sensor”, verificou-se que o valor do limite superior foi equivalente a uma leitura do sensor de 225 em decimal. Com o nível de água no pluviógrafo nesse valor, ativou-se o formulário “Curva de Esvaziamento” e programou-se o intervalo de leitura para um tempo de 0,5 s. Após clicar no botão “Leitura”, iniciou-se a plotagem em tempo real da variação da carga hidráulica em função do tempo. Simultaneamente, os pontos plotados foram armazenados na planilha de dados.

Construção de um pluviógrafo automático

Esses dados também podem ser salvados num arquivo tipo texto chamado “Esvaziamento.txt”, ao final do ensaio. O intervalo entre uma drenagem e outra foi definido com base numa precipitação de 15 mm, caracterizando a capacidade de armazenamento operacional do pluviógrafo. Com essa lâmina, estabeleceu-se a variação da carga hidráulica permitida no pluviógrafo por meio da seguinte equação:

$$\Delta H = \frac{P A_{fc}}{10A_r} \quad (2)$$

em que, ΔH é a variação da carga hidráulica (cm.c.a.), P é a precipitação (mm), A_{fc} é a seção do funil coletor (cm²) e A_r é a seção do reservatório (cm²). Para os valores de $P = 15$ mm, $A_{fc} = 281,98$ cm², $A_r = 9,08$ cm², determinou-se uma ΔH de 46,583 cm.c.a.. Pelo gráfico da Figura 6 verificou-se que para esse valor de ΔH , o tempo de esvaziamento foi de aproximadamente 7,5 s. Com esse tempo é possível estabelecer o erro que se comete a cada drenagem, durante a ocorrência da precipitação. Com os valores de L_{sup} e ΔH foi possível definir o L_{inf} de 44,554 cm.c.a..

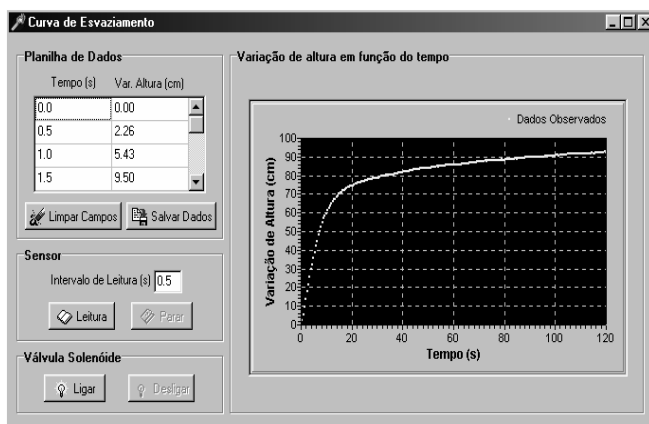


Figura 6 - Formulário “Curva de Esvaziamento”.

2.3.3 Configuração do sistema

No formulário “Configuração do Sistema” (Figura 7) são encontrados todos os parâmetros necessários para o correto funcionamento do pluviógrafo, como os coeficientes da equação de calibração, seções do funil coletor e do reservatório e os limites superior e inferior de funcionamento. Além desses parâmetros, o usuário pode selecionar a porta serial disponível do seu microcomputador para fazer a comunicação. Nesse formulário também é definido o intervalo de leitura com

que os dados de precipitação serão armazenados no arquivo denominado “Pluviograma.txt”. Caso o usuário queira construir um pluviógrafo com outras dimensões, basta configurar esse formulário com os novos parâmetros e clicar no botão “Atualizar”. O botão “Default” assume os parâmetros descritos anteriormente, conforme os aspectos construtivos do pluviógrafo proposto nesse trabalho.

The interface includes the following fields and controls:

- Porta Serial:** Dropdown menu set to 'COM 4'.
- Equação do Sensor (H=a+b.Dec):** Coeficiente a: -10.6982; Coeficiente b: 0.4526.
- Pluviômetro:** Área do Coletor (cm²): 281.98; Área do Reservatório (cm²): 9.08.
- Reservatório:** Limite Superior (cm): 91.137; Limite Inferior (cm): 44.554.
- Pluviograma.txt:** Intervalo de Leitura (min): 1.
- Buttons: Default (with a mouse cursor icon), Atualizar (with a checkmark icon).

Figura 7 - Formulário “Configuração do Sistema”.

2.4 Funcionamento do pluviógrafo

Após a configuração, iniciou-se o funcionamento do pluviógrafo a partir do formulário principal. Ao clicar no botão “Ligar”, o programa verifica o nível de água no interior do pluviógrafo. Se o nível estiver abaixo do L_{inf} , uma mensagem aparece na tela dizendo para o usuário colocar um pouco de água dentro do pluviógrafo e acionar novamente o botão “Ligar”. Caso o nível esteja acima do limite inferior, ocorre a abertura da válvula solenóide e drenagem até esse limite. Em seguida, é feita a leitura do sensor de pressão e adotado o valor como sendo o limite inferior de trabalho. O monitoramento é feito em tempo real (1 s) e os dados são armazenados no arquivo “Pluviograma.txt”, conforme tempo estabelecido no formulário de configuração. A cada 15 mm de precipitação, ocorre a drenagem do pluviógrafo no tempo correspondente à variação da carga hidráulica estabelecida no formulário “Curva de Esvaziamento”. No horário de “23:59:59” é feita a totalização da precipitação diária e drenagem do sistema para iniciar o monitoramento do próximo dia. Em tempo real, os dados de precipitação são plotados no gráfico do formulário principal e paralelamente são salvos em um banco de dados para posterior manipulação. Nesse banco são registrados a data e horário da precipitação (mm), bem como sua

respectiva intensidade (mm h^{-1}) a cada intervalo de tempo previamente estabelecido no formulário de configuração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o monitoramento de precipitações reais ocorridas durante o mês de fevereiro de 2003, no município de Piracicaba - SP, os dados foram armazenados no arquivo "Pluviograma.txt" e ilustrados parcialmente na Figura 8. Embora os dados tenham sido armazenados continuamente no período de coleta, a tela apresentada na figura, ilustra alguns instantes como o início de operação, o momento de drenagem e mudança de data, caracterizada pela adição de uma linha em branco no banco de dados. Uma vantagem a ser destacada nesse pluviógrafo é que o programa gerenciador permite que os dados sejam coletados à intervalos de tempo reduzidos. Isso possibilita que os mesmos sejam utilizados pelo usuário em estudos onde são necessários um maior grau de precisão como por exemplo na análise de chuvas intensas.

Data	Horário	P (mm)	IP (mm/h)	
17/02/03	09:02:33	0.00	0.00	INÍCIO
17/02/03	09:05:41	0.00	0.00	
17/02/03	09:08:49	0.00	0.00	
17/02/03	15:12:26	0.87	0.00	
17/02/03	15:15:34	0.87	0.00	
17/02/03	15:21:50	1.89	16.74	
17/02/03	15:24:58	4.66	53.02	
17/02/03	15:28:06	5.68	19.54	
17/02/03	15:31:14	5.98	5.58	
17/02/03	23:52:44	6.85	0.00	
17/02/03	23:55:52	6.85	0.00	
17/02/03	23:59:59	6.85	0.00	DESCARGA
18/02/03	00:00:10	0.00	0.00	
18/02/03	00:03:06	0.00	0.00	
18/02/03	00:06:12	0.00	0.00	

Figura 8 - Arquivo de dados "Pluviograma.txt".

Os erros envolvidos na leitura do pluviógrafo podem ser aleatórios e fixos (inerentes ao equipamento). O erro aleatório é aquele cometido durante a fase de drenagem, o qual vai depender da variação da carga hidráulica admitida pelo operador e do regime de precipitação local. Nesse trabalho adotou-se um ΔH de 46,583 cm.c.a. com o respectivo tempo de drenagem de 7,5 s. Segundo estudos

pluviométricos realizados por Holtz & Sousa Pinto (1976) na região de Piracicaba - SP, para uma precipitação de 62 mm, duração de 1 h e tempo de retorno de 10 anos, o erro de leitura cometido durante a fase de drenagem do pluviógrafo seria de aproximadamente 0,13 mm. Por outro lado, os erros inerentes ao equipamento são aqueles relacionados à precisão do sensor e a resolução do conversor AD, sendo nesse último caso, de aproximadamente 0,15 mm. Esses erros são equiparados aos encontrados na maioria dos equipamentos disponíveis no mercado, os quais apresentam precisão em torno de 0,2 mm.

4 CONCLUSÕES

Com base nas características operacionais do pluviógrafo, concluiu-se que o mesmo, além de apresentar um baixo custo de construção, constitui-se uma alternativa viável para o monitoramento da precipitação, visando estudos hidrológicos e climatológicos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.177-241.
- CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.485-525.
- GOMIDE, R. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; VILELA, L.A.A.; SILVA, A.M. da. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA/UFLA/DEG, 1998. p.133-238.
- HOLTZ, A.C.T.; SOUSA PINTO, N.L. Vazões de enchentes. In: SOUSA PINTO, N.L. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. p.120-166.
- MOTOROLA INC. Integrated silicon pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated. <http://www.mot.co.jp/SPS/html/lit/pdf/mpx5010.ver9.pdf>. Data de acesso: 10/01/2002.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.



INDICADORES DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA LOCALIZADA NA CUESTA DE BOTUCATU - SP

Luiz Alberto Blanco Jorge¹

Recebido para publicação em 18/10/2005

Aceito para publicação em 23/06/2007

RESUMO: A presente pesquisa constitui uma etapa do diagnóstico ambiental da microbacia hidrográfica (1566 ha) que engloba grande parte da Fazenda Experimental Edgardia, unidade de ensino e pesquisa da UNESP - Campus de Botucatu, Estado de São Paulo. Um banco de dados foi estruturado no ambiente do sistema de informações geográficas ILWIS v.3.2. para Windows, o que permitiu mapear a fertilidade do solo a partir de amostras tomadas em 63 pontos na área de estudo. Usaram-se os seguintes indicadores de fertilidade do solo: capacidade de troca de cátions (CTC), percentagem de saturação por bases (V%), teor de matéria orgânica e pH do solo. O método de krigagem ordinária possibilitou a geração dos mapas temáticos relacionados ao potencial de fertilidade do solo (CTC) e status de fertilidade do solo (V%). Para cada indicador de fertilidade, existe alta correlação entre os valores obtidos para as profundidades de 0 – 20 e 40 – 60 cm. A correlação é elevada também entre a capacidade de troca de cátions (CTC) e a matéria orgânica, bem como entre a percentagem de saturação por bases (V%) e o pH. Na microbacia, que abrange uma área de contato reverso – frente – depressão periférica da Cuesta de Botucatu - SP, a fertilidade do solo é fortemente influenciada pelo material de origem e relevo.

Palavras-chave: SIG, krigagem, mapeamento da fertilidade do solo.

SOIL FERTILITY INDICATORS OF A WATERSHED LOCATED IN THE CUESTA OF BOTUCATU - SP

ABSTRACT: This work is a step of environmental diagnosis of the watershed that include the Edgardia Experimental Farm, education and research unit of UNESP, located in the Municipal District of Botucatu, São Paulo State - Brazil. The 1,566-ha study area presents three distinct physiographic regions: a. Cuesta front range; b. peripheric depression; c. Cuesta back range. The ILWIS v. 3.2 for Windows, a GIS software, was used to generate spatial information. Research concentrated on indicators for soil fertility evaluation, namely cation exchange capacity (CEC), percent base saturation (%BS), organic matter and pH. The ordinary kriging method was applied to aid the production of potential soil fertility (CEC) and soil fertility status. There are high correlations among values of each soil fertility attribute in the two depths (0 – 20 and 40 – 60 cm), between cation exchange capacity (CEC) and organic matter, as well as percent base saturation (% BS) and pH. Geology and topography have a strong influence over soil fertility.

Key words: GIS, krigagem, soil fertility mapping.

¹ Professor Assistente Doutor, Depto. Recursos Naturais - FCA/UNESP, C.P. 237, 18603-970 - Botucatu - SP. Fone/Fax: (14) 3811-7168, blanco@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

Visando o ordenamento do uso e cobertura do solo, a presente pesquisa constitui uma etapa do diagnóstico ambiental realizado em uma microbacia hidrográfica com aproximadamente 1566 ha, localizada na Cuesta de Botucatu - SP e que engloba grande parte da Fazenda Experimental Edgardia, unidade de ensino e pesquisa da UNESP. Nessa fase, tendo como suporte um banco de dados gerado no ambiente do sistema de informações geográficas ILWIS v.3.2 para Windows, procurou-se mapear a fertilidade do solo na microbacia. Em geral a informação espacial contida nos mapas revela a natureza, distribuição e inter-relações dos solos, permitindo sua utilização no planejamento ambiental de áreas em que se pretende avaliar a adequação do uso e cobertura. Embora a aptidão ou a qualidade do solo não seja medida diretamente, ela pode ser inferida através de determinadas propriedades indicadoras. Becher (1995) menciona que os indicadores das características do solo são conhecidos por apresentar forte heterogeneidade espacial em escala de curta distância. O estudo da variabilidade e dependência espacial vem sendo utilizado no mapeamento de atributos específicos dos solos, como aqueles relacionados às propriedades químicas (Cahn et al., 1994; Oliveira et al., 1999; Zimback, 2001; Vettorato, 2003).

Em função da necessidade de se examinar a adequação do uso e cobertura do solo para o planejamento ambiental da área de estudo e a importância das propriedades indicadoras para essa análise, o presente trabalho tem como

objetivo avaliar a correlação existente entre os indicadores de fertilidade do solo e a relação entre a distribuição espacial desses indicadores com o relevo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a microbacia hidrográfica localizada na bacia do rio Capivara, Município de Botucatu, SP (Figura 1) e compreende: 1. uma pequena área no reverso da Cuesta (início do Planalto Ocidental), com altitudes entre 700 e 810 m; 2. frente da Cuesta (escarpa arenítica-basáltica; referente à ocorrência de rochas eruptivas básicas e seus produtos de alteração); 3. depressão periférica, com altitudes entre 465 e 600 m, compreendendo área de arenitos e de sedimentos aluviais, abrangendo a várzea do rio Capivara. Segundo Carvalho et al. (1991), na várzea do rio Capivara, onde o relevo é plano, com classe de declive de 0 a 2%, se verifica a ocorrência de Neossolos Flúvicos, Gleissolos Melânicos e Gleissolos Háplicos. Em direção à frente da Cuesta, ainda na depressão periférica, são comuns os relevos suave ondulado e ondulado (2 a 20%), onde ocorrem as unidades de solos Neossolos Quartzarênicos órticos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos e Chernossolos Argilúvicos. Na Cuesta Basáltica, ocorrem os Neossolos Litólicos, em relevo forte ondulado, com declives de 20% a 40%, e afloramentos de rocha em relevo escarpado, com declives superiores a 40%.

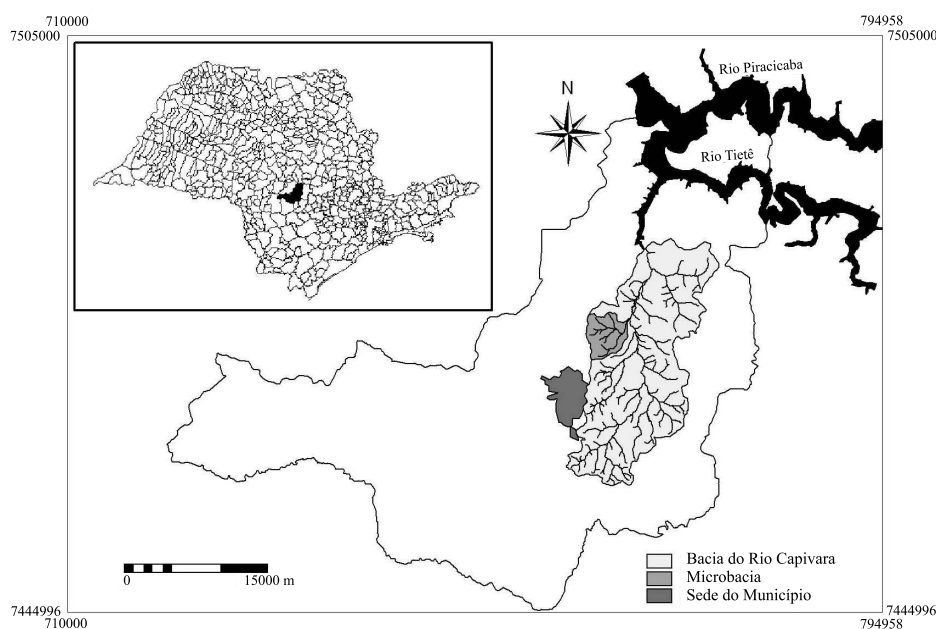


Figura 1 - Limites do Município de Botucatu e localização da microbacia na bacia do rio Capivara.

A principal tipologia vegetal representada na área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, com remanescentes florestais alterados, que passaram por vários níveis de perturbações antrópicas. São encontrados também fragmentos de vegetação natural de transição de floresta para cerrado (cerradão) e matas ciliares. Dentre os diferentes usos do solo ocorrem principalmente áreas de pastagens, pequenas áreas de plantação florestal e de culturas agrícolas.

2.1 Modelo digital de elevação e unidades de relevo

Segundo Felicísimo (1994), um modelo digital de elevação (MDE) é definido como uma estrutura numérica de dados que representa a distribuição espacial da altitude da superfície do terreno. Os modelos digitais de elevação foram integrados ao ambiente dos sistemas de informações geográficas, oferecendo uma série de aplicações e diferentes opções de utilização. Na estruturação do banco de dados no sistema de informações geográficas ILWIS para Windows (International Institute for Geo-information Science and Earth Observation – ITC, 2001), além da digitalização dos limites da microbacia, foram digitalizadas as curvas de nível relativas à área de estudo, as cotas de topos de morro, bem como a rede de drenagem. As duas cartas planialtimétricas (escala 1:10000, projeção UTM) em que se encontra a área de estudo, foram digitalizadas (utilização de *scanner*), georreferenciadas, e a digitalização das feições já descritas foi processada no modo tela, com as cartas servindo de base para essa operação de entrada de dados espaciais. Após a digitalização das curvas de nível, foi gerado ainda no ambiente do ILWIS o modelo digital de elevação da microbacia. A partir do MDE derivou-se o mapa de unidades de relevo da Cuesta de Botucatu e suas posições na microbacia hidrográfica estudada.

2.2 Indicadores de fertilidade do solo

Dentre os atributos da paisagem que foram mapeados estão alguns relacionados às propriedades químicas do solo. Os pontos de amostragem de solo foram tomados a partir de uma grade regular alocada de tal maneira que o intervalo entre pontos, nas direções X e Y, foi de 500 m, utilizando-se a capacidade de navegação do GPS para se chegar em cada ponto. Foram amostrados 63 pontos e em cada um deles realizou-se amostras em duas profundidades: 0 – 20 cm e 40 – 60 cm. Através da análise das amostras de solo foram obtidas informações sobre os indicadores da fertilidade. Em concordância com Vogel et al. (2001), utilizaram-se os seguintes indicadores: capa-

cidade de troca de cátions – CTC (mmol dm^{-3}), percentagem de saturação por bases (V%), matéria orgânica (g dm^{-3}) e pH.

Na avaliação do potencial de fertilidade do solo, as medições da capacidade de retenção de nutrientes são comumente feitas pela determinação da capacidade de troca de cátions (CTC), em que:

$$\text{CTC} = \text{SB} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}) \quad (1)$$

$$\text{SB} = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ \quad (2)$$

em que:

SB = soma de bases.

A CTC do solo depende da quantidade e tipo(s) de colóide(s) presente(s). Embora o tipo de argila seja importante, em geral, quanto mais argila e matéria orgânica presente, maior a CTC.

A percentagem de saturação por bases (V%) é uma medida da proporção de cátions básicos (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+) ocupando locais de trocas de cátions em um solo, em oposição a cátions ácidos (H^+ , Al^{+++}). A percentagem de saturação por bases é utilizada no presente trabalho como indicador de fertilidade do solo, e pode ser expressa por:

$$V\% = \frac{\text{SB}}{\text{CTC}} 100 \quad (3)$$

Em regiões tropicais, a matéria orgânica representa um papel chave para a fertilidade do solo, armazenando e disponibilizando nutrientes para as plantas. Em relação ao pH, visto que o grau de acidez do solo é medido pela concentração de hidrogênio iônico na solução do solo, as plantas não conseguem se desenvolver bem quando cultivadas em solos ácidos. A amplitude de pH entre 5,5 e 7,5 permite melhor disponibilidade de nutrientes.

2.3 Análise geoestatística e mapeamento da fertilidade do solo

Atribuindo-se aos pontos de amostragem de solo as suas respectivas coordenadas planas obtidas por GPS, foi efetuada uma ligação entre a localização desses pontos e as variáveis do solo, cujos resultados compõem uma tabela de atributos. A utilização do módulo de correlação espacial do ILWIS possibilitou o fornecimento dos semi-variogramas experimentais relacionados ao comportamento espacial das variáveis ligadas às propriedades do solo. O semivariograma é um gráfico de variância de

medidas de amostras pareadas como uma função da distância entre elas. Fornece um meio de quantificar a tendência comumente observada de amostras agrupadas possuírem valores mais aproximados do que amostras mais largamente separadas. O semivariograma, que fornece a dependência espacial, descrito por Isaaks; Srivastava (1989), é expresso por:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} N \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

em que:

$\gamma(h)$ = semivariância para distância h ;

x_i e $x_i + h$ = locais de amostragem separados por uma distância h ;

$Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ = valores medidos das variáveis nos locais correspondentes.

Além dos semivariogramas experimentais, o módulo de correlação espacial do ILWIS possibilita obter também os valores das estatísticas de I de Moran (1948) e C de Geary (1954), que são métodos clássicos para avaliar a existência ou não de autocorrelação espacial. Esses métodos permitem verificar se os valores observados de uma variável em um local são independentes dos valores da variável em localidades vizinhas. Uma autocorrelação espacial positiva refere-se a um padrão em que pontos de valores similares tendem a se agruparem, enquanto uma autocorrelação espacial negativa indica um padrão em que pontos de valores similares estão dispersos por todo o mapa. Quando não existe autocorrelação espacial estatisticamente significativa, o padrão de distribuição espacial é considerado aleatório. A interpretação das duas estatísticas pode ser resumida como: $0 < C < 1$ e $I > 0$ forte autocorrelação positiva; $C > 1$ e $I < 0$ forte autocorrelação negativa; $C = 1$ e $I = 0$ distribuição aleatória dos valores.

No ambiente do SIG, para o ajuste dos semivariogramas estimados foram testados os seguintes modelos: potência, exponencial, gaussiano. Selecionou-se o modelo adequado para descrever a semivariância de cada variável, em cada profundidade, em função do coeficiente de determinação (R^2), da soma dos quadrados dos resíduos (SQR) e da porcentagem média de desvios (PMD). Entrando-se com os estimadores do modelo selecionado para cada variável no módulo de krigagem do ILWIS, utilizando-se o método de krigagem ordinária, interpolou-se os valores obtidos nos pontos amostrais, derivando-se o correspondente plano contínuo em estrutura raster.

Os planos contínuos relativos às variáveis capacidade de troca de cátions e porcentagem de saturação por bases foram seccionados, gerando-se mapas temáticos das variáveis separadas em classes, o que possibilitou uma avaliação comparativa, verificando-se o comportamento de cada indicador de fertilidade entre as duas profundidades do solo (0 – 20 cm e 40 – 60 cm). Avaliou-se também a relação entre capacidade de troca de cátions e matéria orgânica e entre porcentagem de saturação por bases e pH. A análise foi auxiliada pelo cálculo dos coeficientes de correlação entre os indicadores mencionados.

Para verificar a ligação da fertilidade com o relevo, a partir dos dados gerados no ambiente do sistema de informações geográficas, foram comparados os valores mínimo, máximo e médio das variáveis CTC (indicador do potencial de fertilidade) e V% (indicador do status de fertilidade), para as duas profundidades do solo, em cada unidade de relevo (reverso, frente e depressão periférica da cuesta) posicionada na microbacia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microbacia hidrográfica estudada se encontra em uma zona de contato reverso – frente – depressão periférica, o que pode ser visualizado na Figura 2, que permite verificar a posição de cada unidade do relevo na área.

A utilização do módulo de correlação espacial do ILWIS possibilitou o fornecimento dos semivariogramas experimentais relacionados ao comportamento espacial das variáveis ligadas às propriedades do solo. No ambiente do SIG, ajustaram-se também os semivariogramas estimados para capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem de saturação por bases (V%), matéria orgânica e pH, nas profundidades de 0 – 20 e 40 – 60 cm. Na Tabela 1 encontram-se os estimadores da análise variográfica dos atributos do solo. As estatísticas apresentadas mostram a adequação dos ajustes realizados.

Indicadores da fertilidade do solo de uma microbacia hidrográfica localizada na cuesta de Botucatu - SP

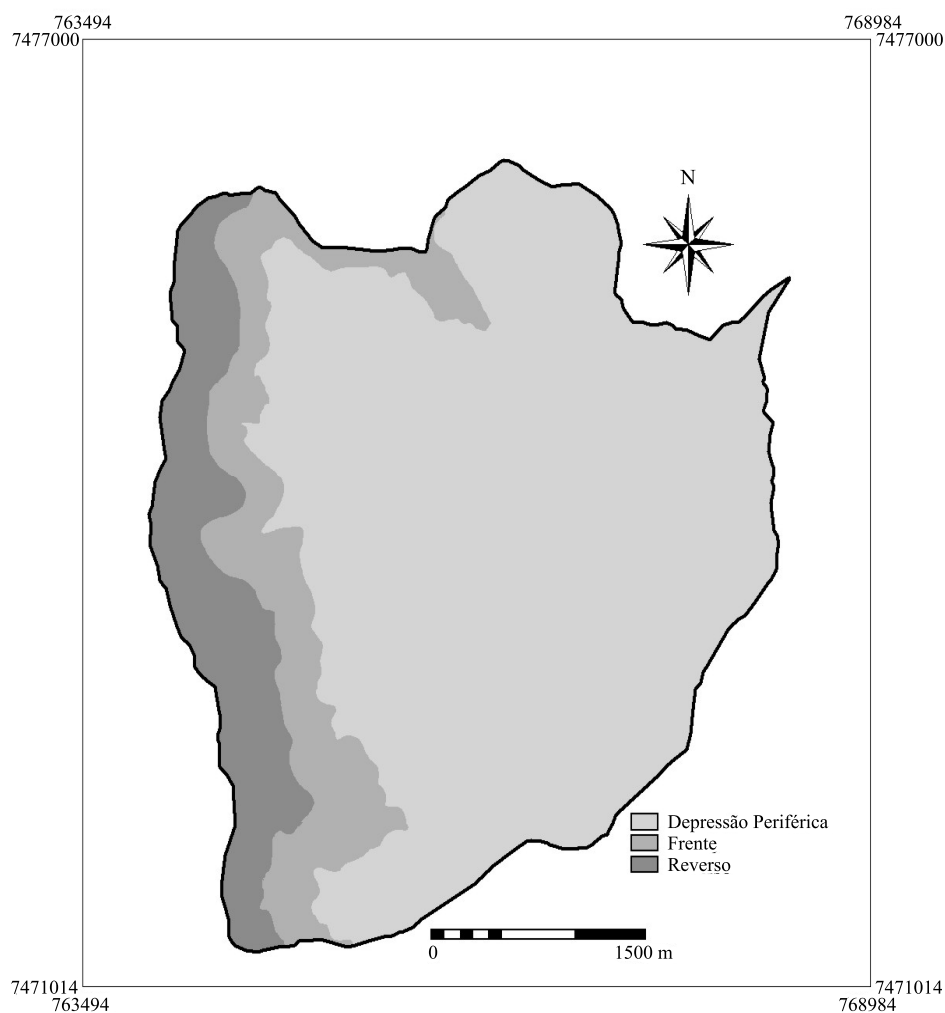


Figura 2 - Unidades de relevo da Cuesta de Botucatu e suas posições na microbacia hidrográfica estudada.

Tabela 1 - Estimadores da análise variográfica dos atributos de solo levantados.

Variável	Profund. (cm)	Modelo	efeito					R ²	SQR	PMD (%)
			pepita	Inclinação	Potência	patamar	alcance			
V%	0 - 20	Gaussiano	500,00	-	-	1450	4500	0,9554	16816,5830	5,08
	40 - 60	Potência	530,00	0,02000	1,250	-	-	0,9431	14528,2335	4,11
CTC	0 - 20	Potência	3800,00	0,04000	1,440	-	-	0,9536	2141026,0618	5,99
	40 - 60	Potência	3400,00	0,03500	1,380	-	-	0,9562	9328197,3002	3,72
Matéria	0 - 20	Potência	220,00	0,01198	1,230	-	-	0,8967	11806,6645	7,03
Orgânica	40 - 60	Potência	90,00	0,01100	1,220	-	-	0,8875	6232,7969	12,64
pH	0 - 20	Gaussiano	0,40	-	-	1,250	2800	0,9301	0,0418	8,21
	40 - 60	Gaussiano	0,47	-	-	1,558	4750	0,8913	0,0455	7,79

V% = porcentagem de saturação por bases; CTC = capacidade de troca de cátions; pH = potencial de hidrogênio iônico; R² = coeficiente de determinação; SQR = soma dos quadrados dos resíduos; PMD = porcentagem média de desvios.

Como exemplo dos passos para se chegar aos mapas contínuos em formato raster dos indicadores de fertilidade, originados pela interpolação pelo método de krigagem, tomou-se os resultados relativos a variável percentagem de saturação por bases na profundidade de 0 – 20 cm. Os valores obtidos das amostras de solo levantadas nos 63 pontos distribuídos na microbacia são observados na Figura 3. A Tabela 2 apresenta as distâncias, o número de pares de valores encontrados para cada distância e os resultados das semivariâncias experimentais e semivariâncias estimadas pelo modelo Gaussiano ajustado para os dados de V% a 0 – 20 cm de profundidade. Além disso, foram obtidos também os valores das estatísticas I de Moran (1948) e C de Geary (1954), que permitem avaliar a existência de autocorrelação ou distribuição aleatória da variável. Observando-se os valores de I e C mostrados na Tabela 2, verifica-se que a variável V% (0 – 20 cm de profundidade) apresenta autocorrelação positiva para pares de valores que estejam distantes até 2000 m. Há uma faixa de transição de autocorrelação positiva para negativa entre 2000 e 2500 m, e autocorrelação negativa para pares de valores entre 2500 e 4500 m, que é a máxima distância verificada entre pontos amostrados

no presente trabalho.

O gráfico da Figura 4 permite visualizar o comportamento dos semivariogramas experimental e estimado para a variável V% (0 – 20 cm de profundidade). Após o ajuste do semivariograma estimado, entrando-se com os coeficientes do modelo no módulo de krigagem do SIG, derivou-se o plano contínuo da variável mencionada.

Para representar o potencial da fertilidade do solo na microbacia hidrográfica estudada, as Figuras 5 e 6 apresentam os planos contínuos com as classes de capacidade de troca de cátions (CTC), para as profundidades de 0 – 20 e 40 – 60 cm respectivamente. As Figuras 7 e 8 apresentam o status de fertilidade do solo, que está relacionado aos planos temáticos de classes de percentagem de saturação por bases (V%). Procurou-se classificar a CTC e a V% de tal maneira que se pudesse visualizar a gradação nos valores tanto de um indicador de fertilidade quanto de outro. Essa gradação tem uma relação direta com o relevo, pois os valores decrescem à medida que na microbacia há um deslocamento das áreas de reverso e frente da cuesta para depressão periférica, onde estão localizados solos mais pobres.

Tabela 2- Semivariâncias experimentais e estimadas para os dados de V% a 0 – 20 cm de profundidade.

Distância (m)	nº pares	I	C	Semivariância experimental	Semivariância ajustada
500	188	0,166	0,75	521,22	511,66
1000	260	0,060	0,83	575,54	545,77
1500	297	0,055	0,84	587,33	599,90
2000	395	0,004	0,92	642,39	670,28
2500	291	-0,043	1,03	718,38	752,28
3000	251	-0,041	1,12	779,61	840,88
3500	165	-0,237	1,44	1001,30	931,20
4000	79	-0,290	1,54	1072,15	1018,90
4500	25	-0,360	1,51	1053,08	1100,51

I = coeficiente de autocorrelação espacial de Moran; C = coeficiente de autocorrelação espacial de Geary.

Indicadores da fertilidade do solo de uma microbacia hidrográfica localizada na cuesta de Botucatu - SP

Os resultados apresentados na Tabela 3 evidenciam a alta correlação quando comparados os valores dos indicadores de fertilidade entre as duas profundidades do solo. Essa afirmativa entretanto não impede de verificar que, tanto para CTC quanto para V%, quando observados os planos classificados, os valores representando os dados superficiais estão sempre em amplitudes maiores do que as amplitudes dos valores subsuperficiais. Para a CTC, essa ocorrência está relacionada à alta correlação entre a variável e a matéria orgânica – M.O. (Tabela 3). Como os teores de matéria orgânica são mais elevados na superfície (Tabela 4), esse fato se reflete sobre o comporta-

mento da capacidade de troca de cátions. Em relação à percentagem de saturação por bases, a alta correlação entre esse indicador e o pH (Tabela 3) explica valores superficiais superiores, visto que o pH é maior na superfície, como pode ser observado pelos valores mínimo, máximo e médio, apresentados na Tabela 4. Valores superficiais maiores, no que se refere ao potencial e status de fertilidade do solo, indicam também que o uso e a cobertura do solo, em grande parte da área, não produziram modificações que levassem a impactos negativos, relacionados à utilização dos nutrientes pelas plantas sem reposição e de um manejo inadequado do solo.

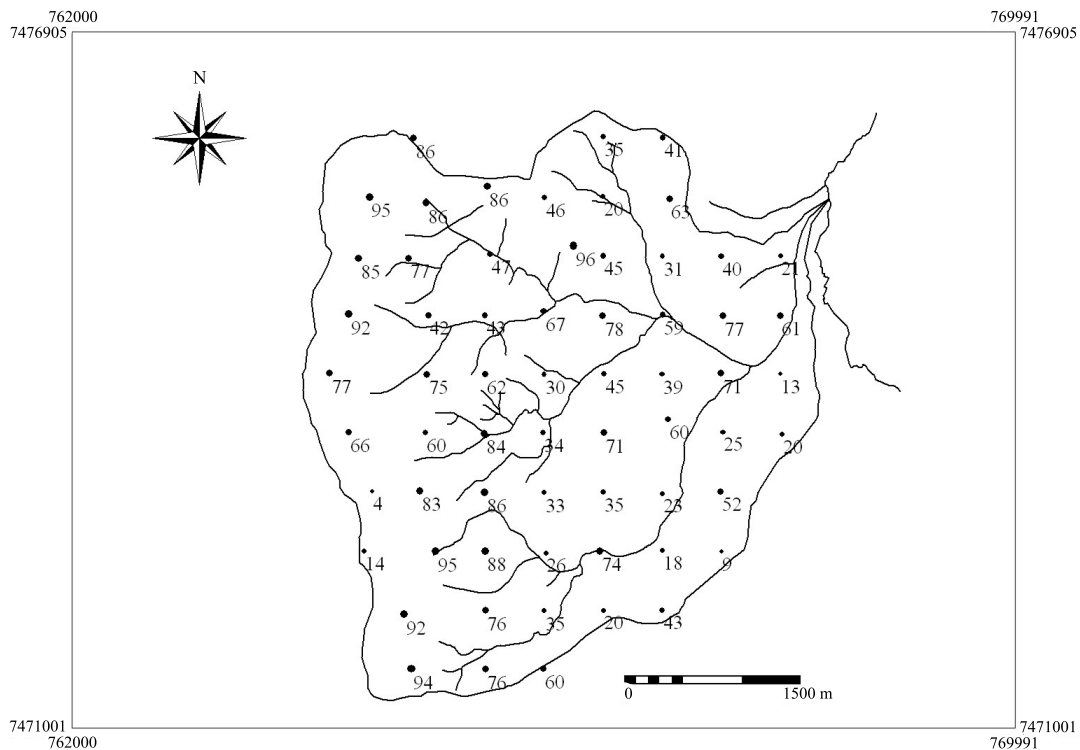


Figura 3 - Plano apresentando a rede de drenagem e os valores de percentagem de saturação por bases (profundidade de 0 – 20 cm) nos pontos amostrados na microbacia estudada.

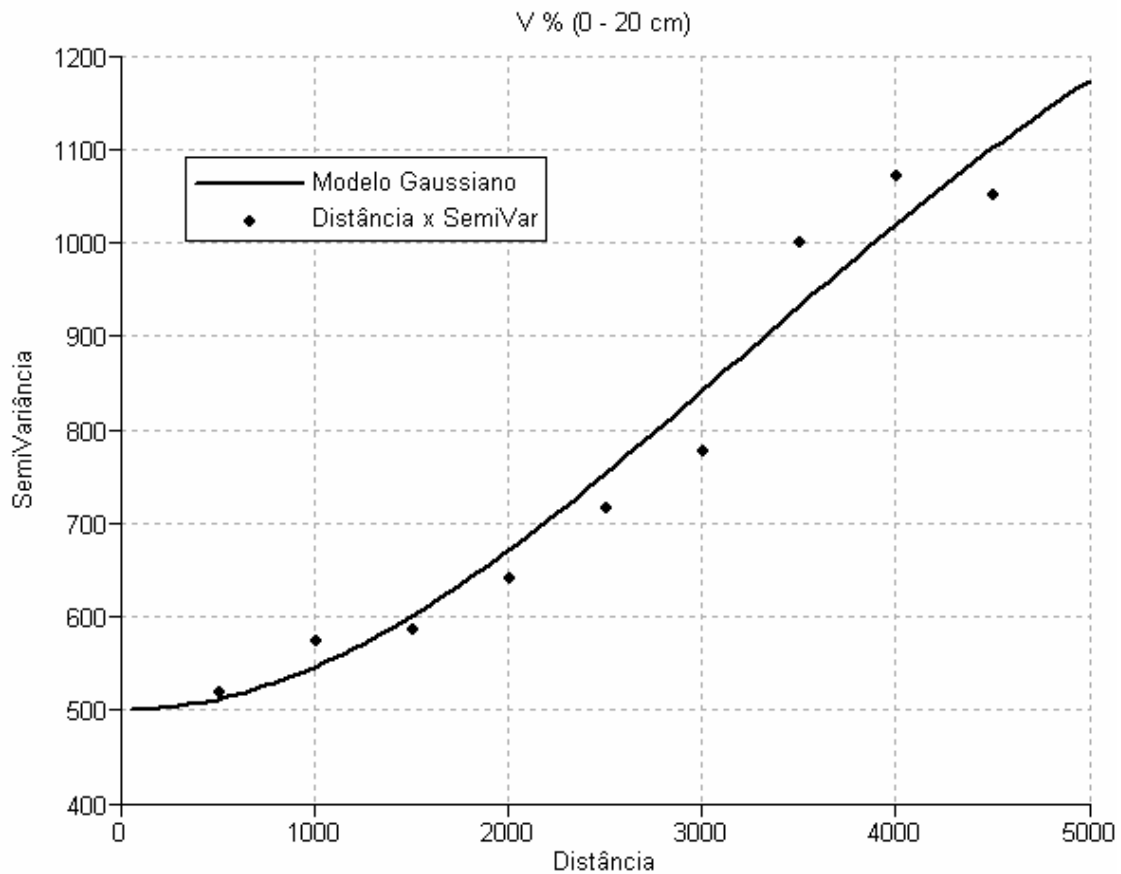


Figura 4 - Semivariogramas experimental e estimado para V% (0 – 20 cm).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre os indicadores de fertilidade do solo.

Indicadores	V% 0 – 20	CTC 0 – 20	pH 0 – 20	M.O. 0 – 20	V% 40 – 60	CTC 40 – 60	pH 40 – 60	M.O. 40 – 60
V% 0 – 20	1,0000	0,8001	0,9258	0,6615	0,8699	0,7005	0,7890	0,4862
CTC 0 – 20		1,0000	0,7706	0,8515	0,7642	0,9157	0,7303	0,7246
pH 0 – 20			1,0000	0,6904	0,8146	0,6387	0,8196	0,5037
M.O. 0 – 20				1,0000	0,6401	0,8324	0,6653	0,8770
V% 40 – 60					1,0000	0,7426	0,9316	0,5163
CTC 40 – 60						1,0000	0,6987	0,7963
pH 40 – 60							1,0000	0,5224
M.O. 40 – 60								1,0000

V% = percentagem de saturação por bases; CTC = capacidade de troca de cátions; pH = potencial de hidrogênio iônico; M.O. = matéria orgânica.

Indicadores da fertilidade do solo de uma microbacia hidrográfica localizada na cuesta de Botucatu - SP

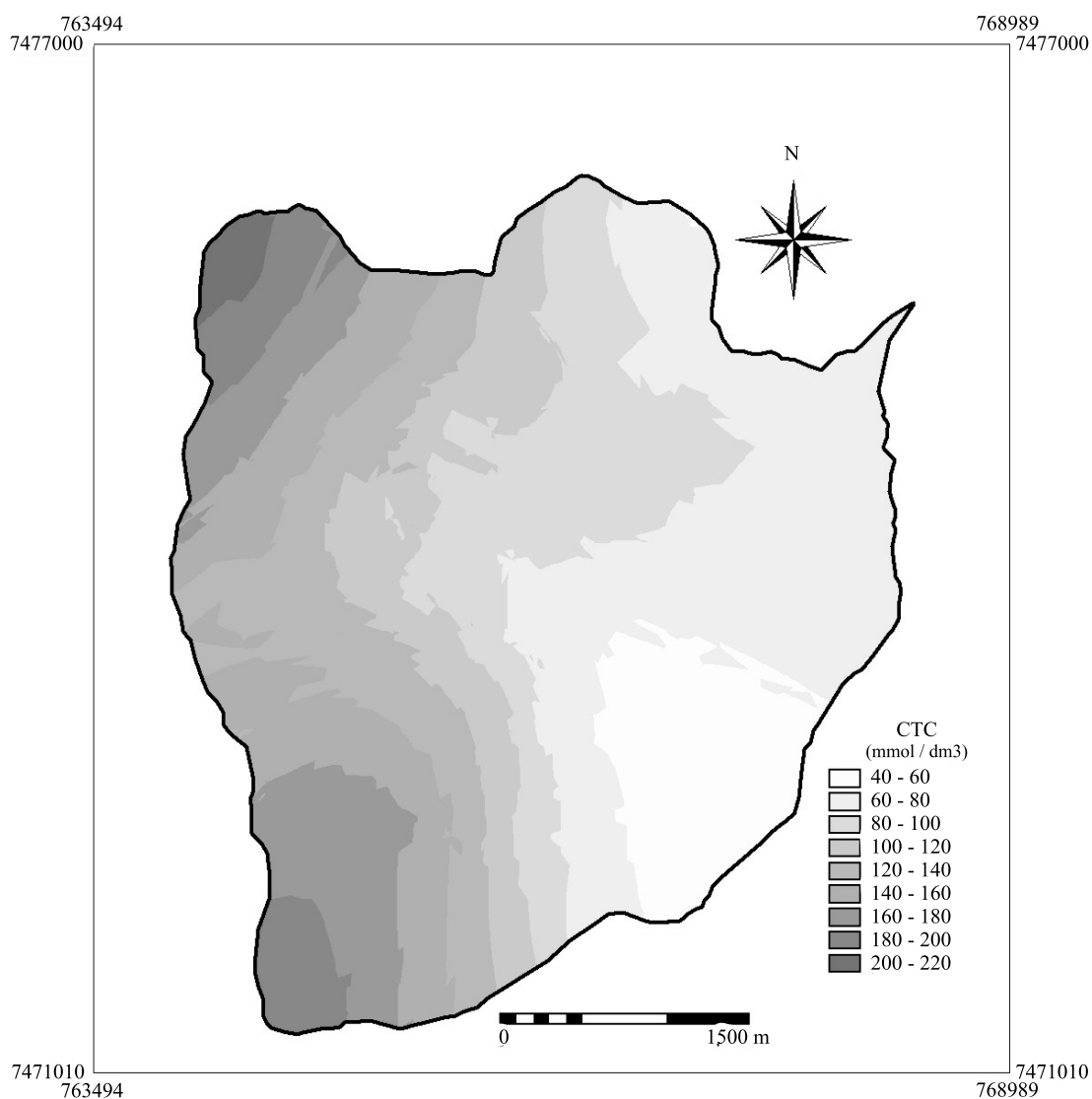


Figura 5- Mapa temático de potencial de fertilidade do solo – capacidade de troca de cátions – CTC (0 – 20 cm de profundidade).

Tabela 4- Análise estatística descritiva dos indicadores de fertilidade do solo.

Indicador	profundidade	valor mínimo	valor máximo	valor médio	desvio padrão
V%	0 - 20	30,90	87,30	58,20	15,80
	40 - 60	18,20	79,70	48,60	17,60
CTC (mmol dm ⁻³)	0 - 20	46,60	213,90	129,70	48,00
	40 - 60	43,60	175,50	106,90	36,80
pH	0 - 20	4,02	6,17	5,09	0,62
	40 - 60	3,99	5,63	4,80	0,47
M.O. (g dm ⁻³)	0 - 20	12,80	57,30	35,00	12,80
	40 - 60	7,50	37,20	22,40	8,60

V% = percentagem de saturação por bases; CTC = capacidade de troca de cátions; pH = potencial de hidrogênio iônico; M.O. = matéria orgânica.

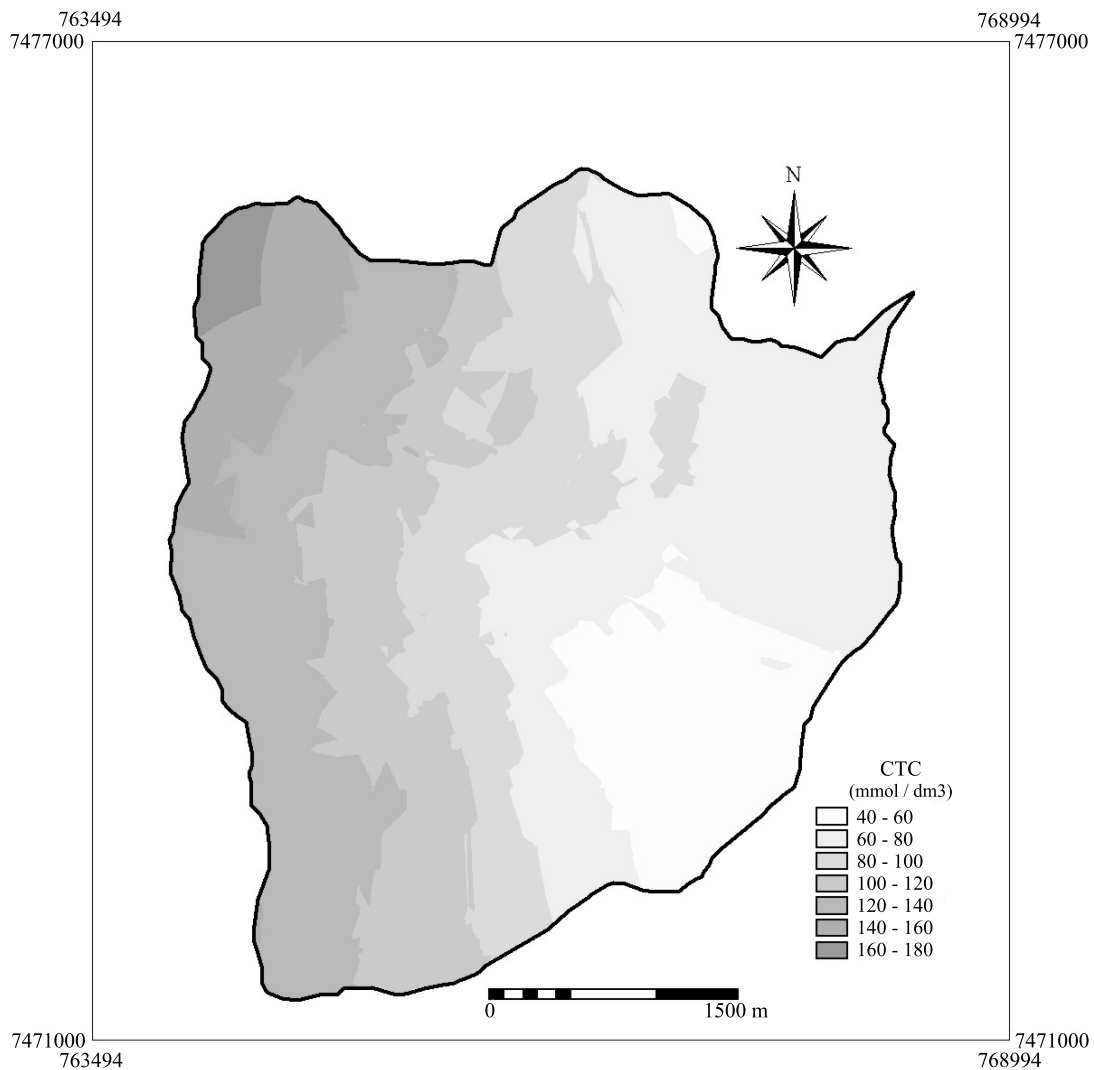


Figura 6 - Mapa temático de potencial de fertilidade do solo – capacidade de troca de cátions – CTC (40 – 60 cm de profundidade).

A constatação de que o uso do solo não levou, em grande parte da microbacia, a impactos negativos sobre a fertilidade, decorrentes de um manejo inadequado do solo, não atenua a preocupação com a área de estudo, visto que está em uma zona de fragilidade ambiental. A atividade humana deve empregar, nessa microbacia, procedimentos

conservacionistas que mantenham ou aumentem a fertilidade nas áreas de menores níveis, utilizando-se sistemas que favoreçam o acréscimo de matéria orgânica no solo, tais como agroflorestais e silvipastoris, como também agrícolas que privilegiem a adubação verde.

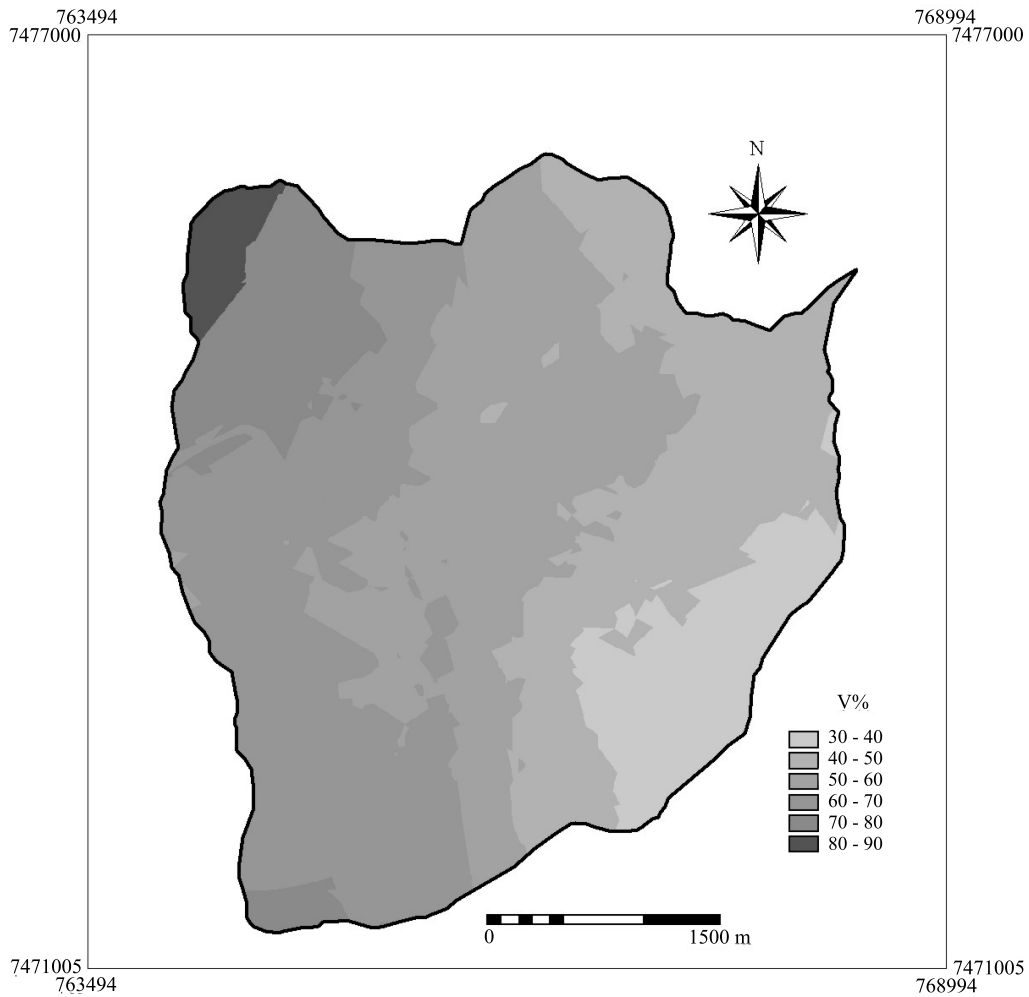


Figura 7 - Mapa temático de status de fertilidade do solo – percentagem de saturação por bases – V% (0 – 20 cm de profundidade).

A existência de uma gradação no potencial e status de fertilidade observada nos respectivos mapas temáticos, indicando um decréscimo da fertilidade do início do reverso e frente da Cuesta (material de origem – basalto) para a área da depressão periférica (material de origem – arenito), é corroborada pelos valores mínimos, máximos e médios de CTC e V% (Tabela 5), encontrados em cada

unidade de relevo da microbacia hidrográfica. Essa conduta traz o entendimento de que a fertilidade nessa área de contato é fortemente influenciada pelo relevo, que está intimamente associado ao material de origem e que em conjunto, conforme Espíndola; Carvalho (1986), determinam a ocorrência na paisagem de diferentes unidades de solos.

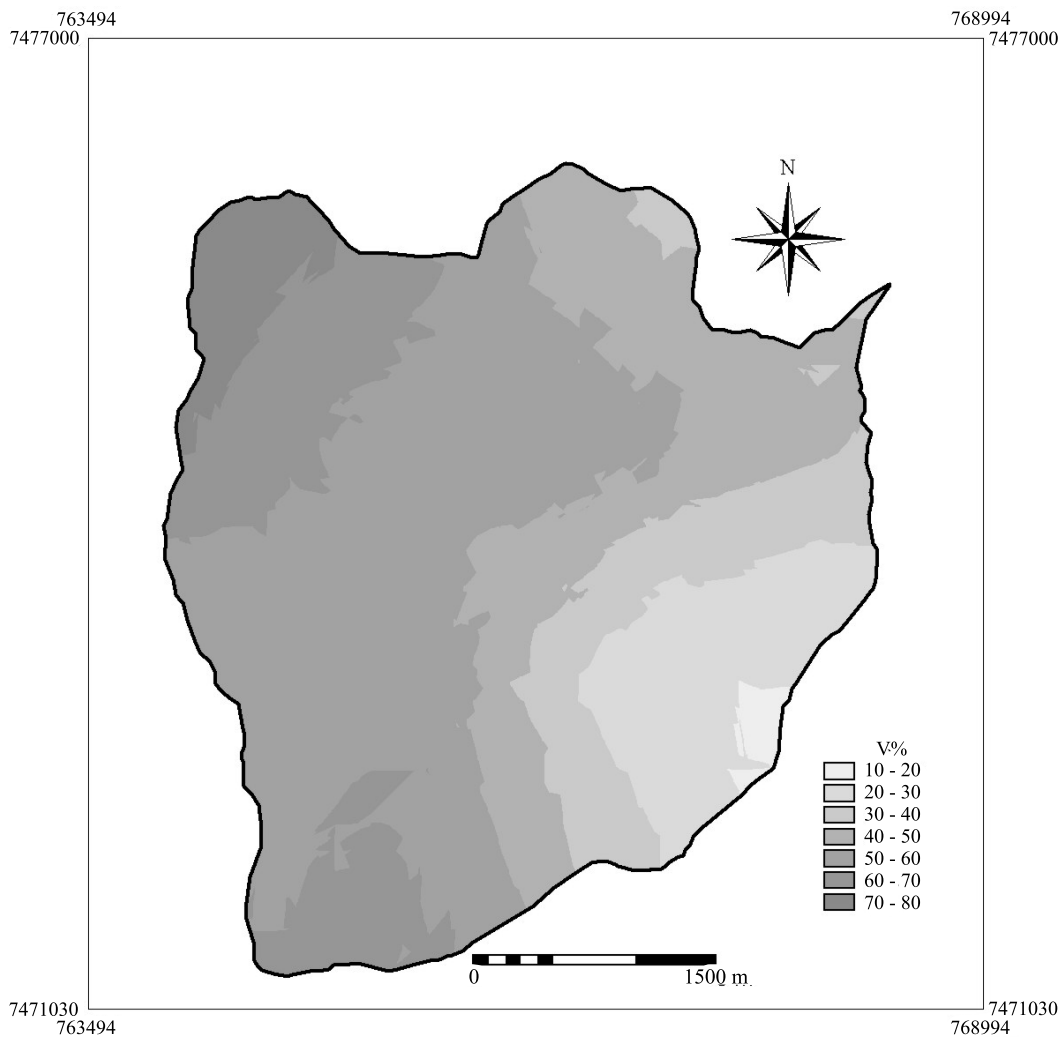


Figura 8 - Mapa temático de status de fertilidade do solo – percentagem de saturação por bases – V% (40 – 60 cm de profundidade).

Tabela 5 - Análise estatística descritiva dos indicadores de fertilidade do solo CTC e V% para as unidades de relevo da microbacia hidrográfica.

unidade relevo	indicador	profundidade	valor mínimo	valor máximo	valor médio	desvio padrão
Reverso	V%	0 - 20	58,90	87,30	72,20	7,90
		40 - 60	52,10	79,70	65,50	7,90
	CTC	0 - 20	130,20	213,90	172,60	23,30
		40 - 60	118,30	175,50	144,50	15,60
Frente	V%	0 - 20	52,30	83,00	68,50	8,40
		40 - 60	50,60	76,70	63,60	7,60
	CTC	0 - 20	97,00	204,20	150,80	30,70
		40 - 60	90,70	164,40	125,60	31,80
depressão periférica	V%	0 - 20	30,90	78,50	54,70	13,80
		40 - 60	18,20	72,00	45,10	15,60
	CTC	0 - 20	46,60	183,30	115,00	39,50
		40 - 60	43,60	153,60	98,60	31,80

V% = percentagem de saturação por bases; CTC = capacidade de troca de cátions.

4 CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos no trabalho, pode-se concluir que:

a. os maiores teores de matéria orgânica na superfície em comparação com os encontrados na profundidade de 40 – 60 cm refletem em valores maiores de capacidade de troca de cátions na superfície quando comparados aos de CTC subsuperficiais. Esse comportamento se evidencia em função da alta correlação entre os dois indicadores da fertilidade do solo;

b. os maiores valores de pH em comparação aos encontrados na profundidade de 40 – 60 cm, refletem em valores maiores de percentagem de saturação por bases na superfície quando comparados aos de V% subsuperficiais. Esse comportamento se evidencia em função da alta correlação entre os dois indicadores da fertilidade do solo;

c. valores superficiais maiores, no que se refere ao potencial e status de fertilidade do solo, indicam também que o uso e a cobertura do solo, em grande parte da área, não produziram modificações que levassem a impactos negativos relacionados à utilização dos nutrientes pelas plantas sem reposição e de um manejo inadequado do solo;

d. a fertilidade nessa área de contato reverso – frente – depressão periférica da Cuesta de Botucatu é fortemente influenciada pelo relevo, que está intimamente associado ao material de origem, sendo que esses dois elementos da paisagem têm maior peso sobre a fertilidade do que o uso do solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECHER, H.H. On the importance of soil homogeneity when evaluating field trials. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.174, p.33–40. 1995.

CAHN, M.D., HUMMEL, J.W., BROUER, B.H. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Science Society American Journal*, v.58, p.1240– 1248, 1994.

CARVALHO, W.A., PANOSO, L.A., MORAES, M.H. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia – Município de Botucatu. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP. *Boletim Científico*, v.2, n.1/2. 1991. 467p.

ESPÍNDOLA, C.R., CARVALHO, W.A. Relações entre a natureza dos solos e suas posições na paisagem na Bacia do Capivara (Botucatu-SP). *Científica*, v.14, n.1/2, p.29-37, 1986.

FELICÍSIMO, A. Modelos digitais del terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Oviedo: Pentalfa, 1994. 118p.

GEARY, R.C. The contiguity ratio and statistical mapping. *The Incorporated Statistician*, v.5, p.115–145, 1954.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION – ITC. ILWIS 3.0 for Windows: User's Guide. Enschede: ITC, 2001. 530 p.

ISAAKS, E.H., SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 560p.

MORAN, P.A.P. The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society – series B*, v.37, p.243-251, 1948.

OLIVEIRA, J.J., CHAVES, L.H.G., QUEIROZ, J.E., LUNA, J.G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.23, n.4, p.783–789, 1999.

VETTORATO, J.A. Mapeamento da fertilidade do solo utilizando sistema de informações geográficas. 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VOGEL, H., VEARASILP, T., HOONTRAKUL, K., WATTANA, S., BOLSMANN, D. Rapid indicator – based soil mapping for regional planning in northern Thailand. In: Stott, D.E.; Mohtar, R.H.; Steinhardt, G.C. (Ed). *SUSTAINING THE GLOBAL FARM – INTERNATIONAL SOIL CONSERVATION ORGANIZATION MEETING*, 10°, 1999, West Lafayette. Selected Papers... West Lafayette: International Soil Conservation Organization / USDA, 2001. p. 961- 965.

ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.



MODELO COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS¹

Ivo Mário Mathias², Ariangelo Hauer Dias³
Ângelo Catâneo⁴, Alaine Margarete Guimarães⁵

Recebido para publicação em 07/03/2004

Aceito para publicação em 11/10/2007

RESUMO: A utilização de programas computacionais com interfaces amigáveis tem gradativamente invadido o cenário agrícola. Estudos em agricultura de precisão vêm se utilizando amplamente dos recursos da informática em suas mais diversas áreas de aplicação. O fruto desta fusão interdisciplinar tem importância fundamental em todas as fases do processo organizacional e produtivo agrícola, dando apoio à tomada de decisão para melhorar a racionalização dos recursos disponíveis, maximizando lucros, minimizando os impactos ambientais, garantindo desta forma a sustentabilidade do processo. Atualmente, a avaliação do potencial agrícola da terra constitui um estágio muito importante nos estudos ambientais para fins de zoneamento e planejamento agrícola, particularmente, em áreas de expansão de fronteira agrícola. Com o intuito de agilização dos processos dessa natureza, justifica-se a adoção de tecnologia computacional no desenvolvimento dessas atividades. Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é a descrição do protótipo de um sistema especialista para avaliação da aptidão agrícolas das terras. Neste sistema são utilizadas técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais Artificiais e como ferramenta computacional, o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Sistema Especialista, Agricultura de Precisão.

COMPUTATION MODEL FOR EVALUATION OF THE AGRICULTURAL POTENTIAL OF THE LANDS USING ARTIFICIAL NEURALS NETWORKS

ABSTRACT: The use of computer programs with friendly interfaces has invaded the agricultural scenery. Studies in precision agriculture are using the resources of the computer science in your more several knowledge areas, where the result of this interdisciplinarity has fundamental importance in all the phases of the productive process and organizational structure, giving decision support for better rationalization of the available resources, maximizing profits, minimizing

¹ Trabalho desenvolvido na área de Geoprocessamento e Levantamento de Solos e Planejamento e Uso da Terra no curso de Doutorado em Energia na Agricultura da FCA-UNESP Campus Botucatu.

² Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR - Brasil, ivomathias@uepg.br

³ Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR - Brasil, ariangelo@uepg.br

⁴ Prof. Adjunto, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil, angelo@fca.unesp.br

⁵ Prof. Adjunto, Departamento Informática, UEPG - Ponta Grossa/PR - Brasil, alainemg@uepg.br

the environmental impacts, guaranteeing the sustainability of the process. Nowadays, the evaluation of the agricultural potential of the lands constitutes a very important stage in the environmental studies for zoning and agricultural planning, particularly in areas of expansion of agricultural border. To improve the processes of this nature it is used the computation technology in the development of those activities. In this context, the objective of this work is describe about the prototype of a expert system for evaluation of the agricultural potential of the lands. In this system was used techniques of Artificial Intelligence and Artificial Neural Networks and as computation tool, the programming environment Borland Delphi Enterprise Version 7.0.

Key words: *Artificial intelligence, Expert System, Precision Agriculture.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a evolução da tecnologia da informação tem causado um enorme impacto sobre as organizações em geral e em particular sobre o desenvolvimento de aplicações de computadores voltados à áreas específicas. A popularização da informática, mediante a utilização de microcomputadores, seus programas amigáveis e novas tecnologias, modifica a cada dia o ambiente organizacional e esta nova mentalidade de gerenciamento, organização e busca de novos conhecimentos para o auxílio nas tomadas de decisões, gradativamente tem invadido também o cenário agrícola.

Dentro deste contexto, estudos em agricultura de precisão vêm se utilizando amplamente dos recursos da informática em suas mais diversas áreas de conhecimento, onde o fruto desta fusão interdisciplinar tem mostrado que esta contribuição tem importância fundamental em todas as fases do processo produtivo e organizacional, desde o planejamento até a colheita da produção agrícola, dando apoio à tomada de decisão para melhorar racionalização dos recursos disponíveis, maximizando lucros, minimizando os impactos ambientais, ou seja, a informática tem papel fundamental no desenvolvimento agrícola sustentável.

Segundo a literatura, (Saraiva et al., 1997; Mesquita, 1999), a agricultura de precisão pode ser considerada como um amplo conceito, englobando altas tecnologias e novos conhecimentos de informática, eletrônica, geoprocessamento entre outros. Este conceito incorpora um grande número de novos conhecimentos científicos, apresentando ao produtor, novas alternativas de gerenciamento no empreendimento agrícola.

Nesta abordagem, a informática através da Inteligência Artificial (IA) (Russel e Norvig, 1995) muito pode con-

tribuir na busca destes conhecimentos, através de programas e técnicas que manuseiem estes dados com o objetivo de obter informações úteis e implícitas (Guimarães et al., 2001).

Estas técnicas podem ser utilizadas na produção de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) e dos Sistemas Especialistas (SE). O uso de SADs permite a representação de conhecimentos de tomadores de decisão experientes. A partir daí, as conseqüências prováveis de decisões alternativas podem ser avaliadas, principalmente se os SE's forem usados como componentes de sistemas mais abrangentes de apoio à decisão, integrados a Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD), permitindo a execução de modelos de simulação ou otimização no processo de avaliação de decisões. Os SAD's permitem o acesso a conhecimento que transcendem a especialização profissional de um usuário isolado, o que é importante para problemas que devem ser resolvidos com conhecimentos multidisciplinares (Oliveira, 1995).

Diante deste enfoque o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema computacional para avaliação de terras agrícolas, cujo domínio de aplicação é o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras proposto por Ramalho Filho e Beek (1994). Foram utilizadas técnicas de Inteligência Artificial e Redes Neurais Artificiais em seu desenvolvimento, e como ferramenta computacional, o ambiente de programação de computadores Borland Delphi Enterprise Versão 7.0 (Borland, 2003; Cantu, 2003).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O sistema especialista, aqui proposto, está baseado no trabalho de Ramalho Filho e Beek (1994), que corres-

Modelo computacional para avaliação da aptidão agrícola das terras utilizando redes neurais artificiais

ponde a um sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras criado no Brasil no início da década de 60 apresentando características bastante inovadoras introduzindo, na sua estrutura, a avaliação da terra conforme o nível de manejo. O sistema considera, também, a possibilidade de reduzir a(s) limitação(ões) do solo a partir da adoção de técnicas e de capital, segundo graus de viabilidade compatíveis com o nível de manejo e finalmente, apresenta uma estrutura aberta, permitindo seu ajuste conforme os novos conhecimentos e mesmo as condições regionais de agricultura.

Esta metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1994) permite a estimativa das qualidades do ecossistema a partir de cinco parâmetros: Nutrientes, Água, Oxigênio, Mecanização e Erosão. Através dessas características do solo, do ambiente e de recursos financeiros é possível estabelecer um grau de deficiência para cada um desses parâmetros, sendo que esse grau varia de nulo até extremamente forte.

Conforme esta parametrização as terras são classificadas em quatro classes de aptidão: Boa, Regular, Restrita e Inapta, da mesma forma são considerados três níveis de manejo: A (primitivo), B (pouco desenvolvido) e C (desenvolvido). Todos estes elementos devem ser associados aos tipos de utilização, que são: lavoura, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural.

Com base na combinação desses fatores são estabelecidos seis grupos de aptidão agrícola das terras, descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Grupos de aptidão agrícola

Grupo	Caracterização
1	Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo nos níveis de manejo B e/ou C.
2	Terras com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e/ou longo nos níveis de manejo B e/ou C.
3	Terras com aptidão restrita para lavouras de ciclo curto e/ou longo nos níveis de manejo B e/ou C.
4	Terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada.
5	Terras com aptidão boa, regular ou restrita para silvicultura.
6	Terras sem aptidão para uso agrícola.

A aplicação desse sistema baseia-se nos seguintes passos metodológicos:

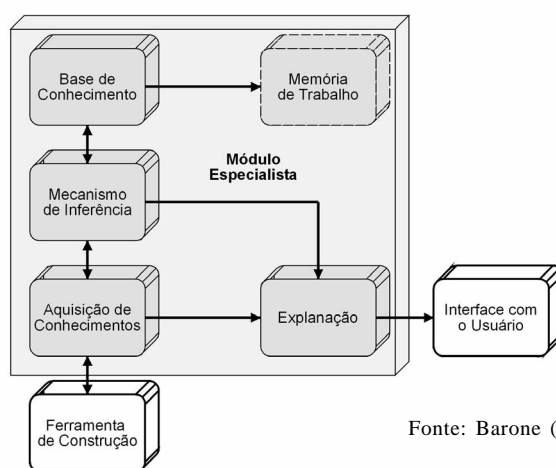
- Lista-se os atributos do solo e do meio ambiente;
- Estimam-se as potencialidades do solo e do meio ambiente, no que se refere ao uso agrícola, em termos de deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização;
- Estima-se a melhoria dessas limitações conforme o nível de manejo considerado;
- Obtém-se a classe de aptidão, através do confronto das informações obtidas nos itens (b) e (c), para os tipos de utilização vistos anteriormente.

Uma vez que, a implementação do sistema foi realizada com embasamento voltado a sistemas baseados em conhecimento⁶, a seguir, para uma melhor compreensão da estrutura de sistemas especialistas são focados alguns aspectos e conceitos importantes a respeito do tema.

Sistemas Especialistas

Sistemas Especialistas (SE) são aqueles projetados e desenvolvidos para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. São capazes de emitir decisões, apoiados em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano (SE, 2002).

A Figura 1 apresenta a arquitetura básica do SE que é basicamente formado pelos seguintes componentes: base de conhecimentos, mecanismo de inferência, explanação e aquisição de conhecimentos, (Barone, 2003), que são definidos a seguir:



Fonte: Barone (2003)

Figura 1 - Arquitetura Básica dos Sistemas Especialista.

¹ Um sistema baseado em conhecimento é uma realização computacional associada com uma coleção de modelos, cuja modelagem concerne além do conhecimento especialista, várias características de como aquele conhecimento é associado e usado em um ambiente organizacional, Schreiber (1994).

A base de conhecimento reúne o conhecimento do especialista modelado conforme a representação de conhecimento escolhida para modelar o domínio em questão. No caso deste trabalho a base de conhecimento foi modelada utilizando a metodologia de Redes Neurais Artificiais com arquitetura MultiLayer Perceptron (MLP).

O mecanismo de inferência examina o conteúdo da base de conhecimento decidindo a ordem em que se tiram as inferências. Ao fazê-lo o mecanismo de inferência conduz a uma consulta com o usuário transferindo os fatos e regras, utilizados durante uma consulta, para a memória de trabalho. Este mecanismo foi obtido considerando-se os pontos importantes a serem analisados pela metodologia proposta pelo especialista Ramalho Filho e Beek (1994), ou seja, deficiência de água, excesso de água, deficiência de fertilidade, impedimentos a mecanização e suscetibilidade a erosão, os quais foram utilizados para formalizar a aquisição de conhecimento, através do treinamento da rede neural e a posterior obtenção dos resultados do aprendizado.

O módulo de aquisição de conhecimento é responsável pela atualização da base de conhecimentos, através de um mecanismo de interação cooperativa gerado a partir do modo de explanação. No trabalho em pauta, este módulo ainda não se encontra implementado, pois o sistema está limitado apenas a avaliação da aptidão agrícola das terras considerando regiões de clima subtropical, em virtude deste conhecimento ter sido informado de forma implícita ao sistema.

O módulo de explanação é responsável pela descrição do raciocínio do sistema para o usuário. Neste sistema este módulo é representado pelo resultado obtido na análise dos parâmetros de entrada do mecanismo de inferência, que classifica as terras conforme a aptidão agrícola, podendo ser: boa, regular, restrita e inapta.

De um modo geral, sempre que um problema não pode ser algoritmizado, ou sua solução conduza a um processamento muito demorado, os SE's são uma alternativa, pois possuem o seu mecanismo apoiado em processos heurísticos.

Para que o SE possa absorver e manter a experiência (conhecimento) de um especialista humano, deve armazená-la em bases de conhecimento. Em sistemas algorítmicos, o conhecimento é armazenado na forma de código de programa, caso seja necessário aumentar o conhecimento do sistema, mais código deverá ser escrito.

Conforme abordado, nos SE's o método para armazenar

o conhecimento pode ser uma base de conhecimento. Desta forma, o conhecimento é manipulado como uma base de dados, podendo ser alterada sem alterar o código do programa, desta forma o sistema pode adquirir conhecimentos novos.

Em sistemas algorítmicos, o programador deve construir rotinas para manipular o conhecimento em seus mínimos detalhes. Em sistemas de IA, o programador preocupa-se em construir rotinas de inferência da base de conhecimento, rotinas de questionamentos, ou seja, o programador preocupa-se em especificar o que deve ser buscado, não interessando como o banco de dados fará a busca na base de dados.

Resumidamente, pode-se considerar como objetivos dos SE's, preservar e transmitir o conhecimento de um especialista humano em uma determinada área, ou ainda levar o conhecimento especializado a locais onde os peritos não estão disponíveis, ou torná-los acessíveis quando os serviços especializados sejam muito dispendiosos (Genaro, 1986).

Em função deste trabalho adotar a metodologia de Redes Neurais Artificiais para modelagem da base de conhecimento, conceitos introdutórios sobre este paradigma são apresentados a seguir.

Redes Neurais Artificiais

Conforme a literatura, (Azevedo et al., 2000; Haykin, 2001; Medeiros, 2003), as Redes Neurais Artificiais (RNAs) consistem em um método de solucionar problemas de IA, construindo um sistema que tenha circuitos que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. São mais que isso, são técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência.

Apesar da complexidade das RNAs não permitir uma única definição, as linhas seguintes seguem como uma tentativa das inúmeras algumas definições ou interpretações do que seja realmente uma rede neural.

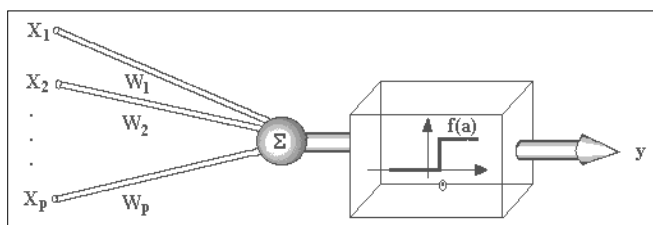
Um grafo direcionado é um objeto geométrico que consiste de um conjunto de pontos, chamados nós, ao longo de um conjunto de segmentos de linhas direcionadas entre eles. Uma rede neural é uma estrutura de processamento de informação distribuída paralelamente na forma de um grafo direcionado, com algumas restrições e definições próprias.

Modelo computacional para avaliação da aptidão agrícola das terras utilizando redes neurais artificiais

Os nós deste grafo são chamados elementos de processamento. Suas arestas são conexões, que funcionam como caminhos de condução instantânea de sinais em uma direção, de forma que seus elementos de processamento podem receber qualquer número de conexões de entrada. Estas estruturas podem possuir memória local, e também possuir qualquer número de conexões de saída desde que os sinais nestas conexões sejam os mesmos. Portanto, estes elementos têm na verdade uma conexão de saída, que pode dividir-se em cópias para formar múltiplas conexões, sendo que todos carregam o mesmo sinal.

O Neurônio Artificial e a Rede Neural

Em 1943, o psiquiatra e neurofisiologista McCulloch e o matemático Pitts (McCulloch & Pitts, 1943) propuseram matematicamente, de forma simplificada, o funcionamento de um neurônio biológico (Figura 2). No modelo de McCulloch e Pitts, o neurônio possui i entradas (equivalente aos dendritos) X_1, X_2, \dots, X_i e apenas uma saída (equivalente ao axônio) y . Para simular a sinapse, cada entrada do neurônio tem um peso W_1, W_2, \dots, W_i cujos valores podem ser positivos (excitatórios) ou negativos (inibitórios). Os pesos têm como finalidade armazenar o conhecimento e determinar a intensidade com que cada entrada contribuirá no resultado do neurônio. O corpo celular é emulado simplesmente somando os valores do produto de suas entradas com seus respectivos pesos, $X_i W_i$ e, se a soma for maior ou igual ao seu limiar (*threshold*) a sua saída, y , é ativada com valor 1.



Fonte: Neurais (2003)

Figura 2 - Modelo de McCulloch e Pitts.

No decorrer dos anos seguintes, vários pesquisadores propuseram variações do modelo do neurônio McCulloch e Pitts. A principal diferença entre a idéia original e suas variações encontram-se na função que determina o estado de ativação da saída do neurônio (função ativação) e o acréscimo de um *bias*. *Bias* corresponde a um neurônio ou a uma entrada especial que serve para aumentar os graus de liberdade, permitindo uma melhor adaptação por

parte da rede neural, ao conhecimento a ela fornecido; pode ser considerado como um ajuste fino.

Em síntese, pode-se definir uma rede neural artificial como sendo um sistema de neurônios ligados por conexões sinápticas e dividido em neurônios de entrada, que recebem estímulos do meio externo, neurônios internos ou ocultos (*hidden*) e neurônios de saída, que se comunicam com o exterior.

Diante do enfoque computacional apresentado anteriormente, a seguir são apresentados alguns resultados obtidos.

3 RESULTADOS

A funcionalidade do sistema é baseada na tela inicial, Figura 3, que expressa todas as possíveis combinações para se definir a aptidão agrícola das terras conforme Ramalho Filho e Beek (1994). Na Figura 3, pode-se observar ícones representando as potencialidades do solo, no que se refere: Fertilidade, Falta de Água, Muita Água, Erosão e Mecanização. Estes ícones correspondem a botões que ao serem acionados permitem mover os controles deslizantes (centro da tela) para definir as classes e seus respectivos graus em relação a cada um dos níveis.



Figura 3 - Entrada de Dados para determinação da Aptidão Agrícola das Terras.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido para um subgrupo de aptidão. Refletem também, o grau de intensidade com que as limitações

afetam as terras, sendo consideradas como: *Boa, Regular, Restrita e Inapta*. De acordo com graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras, resulta a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer como subgrupos em maiúsculas, minúsculas e entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de aptidão agrícola.

CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	TIPO DE UTILIZAÇÃO					
	LAVOURAS			PASTAGEM PLANTADA	SILVICULTURA	PASTAGEM NATURAL
	Nível de Manejo			Manejo	Manejo	Manejo A
BOA	A	B	C	P	S	N
REGULAR	A	B	c	p	S	n
RESTRITA	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
INAPTA	-	-	-	-	-	-

Uma vez que todas as informações relativas a classificação das terras tenham sido inseridas no sistema, o usuário deve clicar no botão *Avaliar*, quando o SE consulta uma RNA, previamente treinada com base na proposta Ramalho Filho e Beek (1994), e exibe como resultado uma tela, Figura 4, a partir da qual o mesmo tem informações a respeito da área que esteja avaliando.

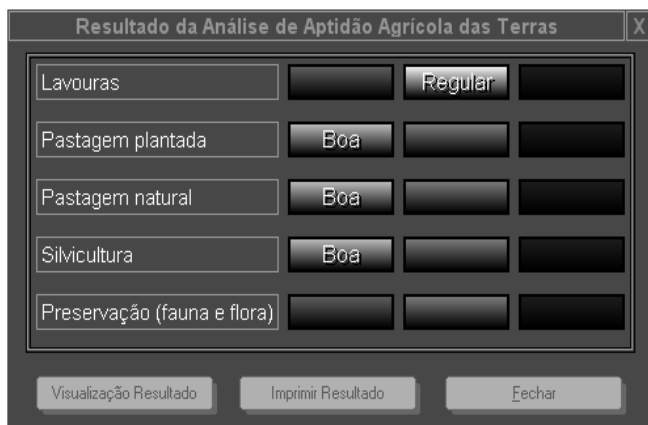


Figura 4 - Resultado obtido pela análise dos parâmetros de entrada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se dizer com segurança que as redes neurais artificiais são uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de sistemas especialistas, capazes de realizar

prognósticos com grau de precisão próximo ao de especialistas. Em verdade, este trabalho se soma à literatura onde as RNAs aparecem como um método adequado ao desenvolvimento de SE.

Para que o sistema pudesse atingir resultados satisfatórios, foram exigidos cruzamentos de inúmeras variáveis, obtidas diretamente dos levantamentos de solos ou de inferências feitas a partir de características ambientais. Essas inferências, por sua vez, nada mais são do que resultantes de cruzamentos subjetivos de informações quantitativas e/ou qualitativas sobre a área em estudo. Este cruzamento de dados constitui tarefa complexa marcada por um grau de subjetividade que muitas vezes pode comprometer a confiabilidade e a transferência do conhecimento.

O objetivo desse sistema especialista é justamente aumentar a confiabilidade do diagnóstico da avaliação de uso da terra, uma vez que o desenvolvimento rural e a conservação dos recursos naturais exigem um tratamento adequado dos dados sobre o meio físico e uma melhor compreensão das relações existentes entre o solo e seu uso.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, F. M., BRASIL, L. M. e OLIVEIRA, R. C. L. de. **Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas**. Florianópolis: Visual Books Editora, 2000, 401p.

BARONE, D. et al. **Sociedades artificiais a nova fronteira da inteligência nas máquinas**. São Paulo: Artmed, p. 127-154, 2003.

BORLAND, Web: <http://www.borland.com.br/products/index.html>. Acesso em setembro/2003.

CANTU, M. Dominando o Delphi 7, a Bíblia. Tradução de Kátia Aparecida Roque. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2003.

GENARO, S. **Sistemas Especialistas: o Conhecimento Artificial**. Livros Técnicos e Científicos, 1986.

GUIMARÃES, A. M.; VRIESMANN, L. M., TOMASI, A. L. B., CANTERI, M. G., MATHIAS, I. M., Aplicação de Técnicas de Data Mining na obtenção de padrões de características físico-químicas do solo em função de sua produtividade. In: X Encontro Anual de Iniciação Científica e I Encontro de Pesquisa da UEPG, Anais, Ponta Grossa: UEPG, v.1. p.292-293, 2001.

HAYKIN, S. **Redes neurais princípios e prática**. Porto Alegre, Bookman, 2001, 900p.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. **A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity**. Bulletin of Mathematical Biophysics, vol.5, p.115-133, 1943.

Modelo computacional para avaliação da aptidão agrícola das terras utilizando redes neurais artificiais

MEDEIROS, L. F. de. **Redes neurais em delphi**. Florianópolis: Visual Books, 2003, 115p.

MESQUITA, C. M.; **Infra-estrutura da agricultura de precisão no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 54p. (Embrapa Soja. Documentos, 130).

NEURAS, Web: <http://www.din.uem.br/ia/neurais>. Acesso em setembro/2003.

OLIVEIRA, L. H.; **Potencial e Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão para Empresas Rurais**, Agrosoft 95 - Feira e Congresso de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 1995.

RAMALHO FILHO, A. e BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994.

RUSSEL S. e NORVIG P. **Artificial Intelligence: a modern approach**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.

SARAIVA, A. M., BASSETO, B. A. e MASSOLA, A. M. de A. **Interoperabilidade de software para uso em agricultura de precisão**, Agrosoft 97 – I Congresso da SBI-Agro, 1997.

SCHREIBER, G.; WIELINGA, B.; HOOG, R. et al. **“CommonKADS: A Comprehensive Methodology for KBS Development”**, IEEE EXPERT, pag. 28-36, 1994.

SE - **Sistemas Especialistas**, Web: <http://www.din.uem.br/ia/especialistas/>. Acesso em setembro/2002.



UM ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DO PERFIL DOS PROGRAMADORES SOBRE ASPECTOS ORGANIZACIONAIS RELACIONADOS À QUALIDADE DE SOFTWARE AGROPECUÁRIO

Henri Cócaro¹, José Eloy Araújo Cerqueira², José Carlos dos Santos Jesus³, André Luiz França Batista⁴, Luiz Marcelo Antonialli⁵

Recebido para publicação em 14/06/2006

Aceito para publicação em 12/12/2007

RESUMO: Apesar de existir uma série de normas sobre qualidade de software, além de elas não serem específicas para o domínio agropecuário, abordam pouco a influência das pessoas envolvidas e da organização. Em função disso, o objetivo deste estudo exploratório foi investigar as possíveis relações entre o perfil dos desenvolvedores de software agropecuário e o grau de concordância com subcaracterísticas da norma ISO 9126, adaptada para o domínio. A amostra foi composta por 30 desenvolvedores que responderam a 15 afirmações referentes a essa norma, informações de caráter demográfico e social, e informações sobre seu vínculo com a empresa. Para tratamento dos dados utilizaram-se duas técnicas estatísticas multivariadas: correlação, e análise fatorial. Os resultados das correlações permitiram concluir que os desenvolvedores abordam qualidade com uma tendência a valorizarem o que pode ser rapidamente percebido pelo usuário final; já os resultados da análise fatorial facultaram a redução das variáveis em cinco fatores e o fator “assistência e clareza” foi o que mais abrangia correlações e demonstrou que as variáveis que o formam são mais afetadas pelos dados demográficos e sociais.

Palavras-chave: Qualidade de software, agroinformática, desenvolvedores.

A STUDY ABOUT THE INFLUENCE OF THE PROGRAMMERS PROFILE ON ORGANIZATIONAL ASPECTS RELATED TO THE QUALITY OF AGRICULTURAL SOFTWARE

ABSTRACT: In spite of exist a series of standards about software quality, besides them do not be specific for the agricultural domain, they little approaches the involved people's influence and the organization. In function of that, the objective of this exploratory study was to investigate the possible relationships between the profile of the programmers of agricultural software and the agreement degree

¹ Zootecnista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Administração da UFLA - Lavras-MG. (35) 9132-0330, henricocar@hotmai.com

² Administrador, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Administração da UFLA - Lavras-MG, jose.elay.ac@bol.com.br

³ Agrônomo, Doutor em Engenharia da Produção pela UFRJ. Professor do Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal de Lavras. Departamento de Administração e Economia. Caixa Postal 37. Lavras-MG. (35) 3829-1756, jcsjesus@ufla.br

⁴ Estudante de Ciência da Computação - UFLA - Lavras-MG, zandree_mg@yahoo.com.br

⁵ Agrônomo, Doutor em Administração pela USP. Professor do Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal de Lavras. Departamento de Administração e Economia. Caixa Postal 37. Lavras-MG. (35) 3829-1756, lmantonialli@uol.com.br

with sub-characteristics of the standard ISO 9126, adapted for the domain. The sample was composed by 30 programmers that answered to 15 statements regarding that standard, as well as information of demographic and social character, and information on their bond with the company. For treatment of the data, two statistical multivariate techniques were used: correlation, and factorial analysis. The results of the correlations allowed to conclude that the programmers approaches quality with a tendency to value what can be noticed quickly by the final user; the factorial analysis results allowed the reduction of the variables in five factors and the factor "attendance and clarity" was what more included correlations and it demonstrated that the variables that form it are more affected for the demographic and social data.

Key words: *Software quality, agricultural software, programmers.*

1 INTRODUÇÃO

O elevado nível de competitividade imposto pela globalização da economia tem exigido das organizações uma busca constante por inovações tecnológicas que favoreçam a velocidade e a qualidade das decisões. Este contexto de rápidas modificações tem mostrado uma crescente necessidade da utilização de ferramentas informatizadas de auxílio à gestão das organizações, particularmente as que atuam no agronegócio. Em função da crescente demanda e da grande importância da informática no setor rural, diversos *softwares* têm surgido no mercado nos últimos anos.

Entretanto, a qualidade desses programas tem sido cada vez mais questionada, não somente pelos pesquisadores como também pelos usuários e pelas próprias empresas desenvolvedoras que formam o mercado de softwares agropecuários. Tem ocorrido uma constante tentativa de criar diferenciais competitivos, seja por meio de aplicações exclusivas inerentes aos seus produtos bem como de seus serviços. Existe uma série de normas que tratam sobre qualidade de *software* e avaliam atributos específicos de qualidade. Entretanto, além de elas não serem específicas para o domínio agropecuário, abordam pouco a influência das pessoas envolvidas e da organização. Em função disso, o objetivo deste trabalho foi investigar as possíveis relações entre o perfil dos desenvolvedores de *software* agropecuário e o grau de concordância com subcaracterísticas da norma ISO/IEC 9126, adaptada para o domínio. Mais especificamente, procurou-se: investigar as correlações entre o grau de concordância com a norma ISO 9126 (adaptada) e alguns aspectos demográficos e sociais; e avaliar a possibilidade de criar fatores que representem, de forma resumida, o grau de concordância dos desenvolvedores de *software* agropecuário com a norma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O agronegócio no Brasil

Nas últimas décadas, ocorreram profundas transformações na agricultura brasileira. Elas fizeram com que o setor primário deixasse de ser mero provedor de alimentos *in natura* e consumidor de seus próprios produtos e se tornasse uma atividade integrada aos setores industriais e de serviços (Nunes e Contini, 2000). Segundo Sobreira et al. (2005), estima-se que, no Brasil, o agronegócio seja responsável por 37% do emprego e 42% de todas as exportações representando cerca de R\$ 502 bilhões.

O relacionamento da agricultura com a indústria, o comércio e o setor de serviços ganhou novas formas e uma interação bem estreita. A revolução tecnológica na atividade primária foi acompanhada por um intenso processo de urbanização. Esse processo formou os chamados complexos agroindustriais, cuja característica central é a integração da agropecuária com outros ramos industriais, tendo, a montante, as indústrias que fornecem insumos, máquinas e equipamentos à agricultura e a jusante, as indústrias de classificação, beneficiamento e ou industrialização da matéria-prima agrícola, bem como a sua distribuição.

Imersos nesse sistema estão os serviços de apoio, como assistência técnica, serviços bancários, *marketing*, etc. (Alencar et al., 2001), inclusive serviços de informática, que podem ser prestados por *softwarehouses* dedicadas somente ao setor agropecuário. Segundo Rocha et al. (2001), a disponibilidade de *software* para o setor agropecuário é bem diversa e existem produtos que atendem aos segmentos da agricultura e da pecuária. Porém, em relação ao mercado de *software*, apenas 3% são voltados para a agropecuária.

Essas transformações não se passam num meio inócuo. Tudo isso tem ocorrido num ambiente econômico globalizado cada vez mais competitivo, significando capa-

cidade de ofertar produtos e serviços de qualidade. O agronegócio também tem sido atingido por essas pressões, principalmente se for considerada a alta exigência do mercado internacional. Nos últimos anos, com a revolução da informática e suas crescentes aplicações no meio empresarial, têm surgido discussões a respeito da qualidade de *software* e especificamente a qualidade de *software* agropecuário. Pesquisas têm sido realizadas junto a usuários finais. Elas relacionam-se, entre outras coisas, às necessidades e à satisfação dos mesmos. No entanto, considera-se de suma importância, também, a realização de pesquisas com desenvolvedores.

2.2 Qualidade de software agropecuário

Muitas definições de qualidade de *software* têm sido propostas na literatura. Como exemplo, tem-se a de Rocha et al. (2001), segundo os quais a qualidade de *software* pode ser vista como um conjunto de características que devem ser atingidas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários. O tema qualidade de *software* é importante para o setor agropecuário porque muitas *softwarehouses* elaboram produtos voltados para esse mercado. Instituições de pesquisa públicas, como universidades, centros de pesquisa e empresas de assistência técnica, em parcerias ou individualmente, também têm desenvolvido sistemas dirigidos a esse setor.

Especificamente em relação ao setor agropecuário, tem funcionado, desde 1993, o Núcleo SOFTEX-AGROSOFT cuja missão é fomentar o desenvolvimento da agroinformática no país e a indústria de serviços de informática na região de Juiz de Fora, Lavras e Viçosa, no estado de Minas Gerais, onde se concentra um dos maiores contingentes de especialistas no conhecimento agropecuário do país. O Núcleo SOFTEX-AGROSOFT tem realizado pesquisas com qualidade de *software* agropecuário e proposto metodologias simples para avaliação por parte dos usuários (CAMPOS, 1999).

Além do SOFTEX, pesquisas, como as realizadas por Campos (1999, 2001), Campos et al. (2000), Macário (2000), Cunha et al. (2005) e Cócaro et al. (2005), têm explorado o tema qualidade de *software* agropecuário na tentativa de apresentar metodologias que orientem tanto usuários, desenvolvedores e pesquisadores a identificarem se a qualidade de um *software* agropecuário é aceitável ou não. Entretanto, não se sabe ao certo o nível de utilização destas normas, em especial a ISO/IEC 9126 (ISO, 1991) que, por ser a mais antiga, supõe-se seja também a mais utilizada.

Concordando com Campos (1999), é pertinente salientarmos

que estas normas tratam da avaliação de *software* em geral, sem levar em consideração as especificidades do setor. Para avaliar a qualidade de um *software* agropecuário, é necessário considerar, além das características citadas nas normas ISO, os atributos inerentes ao domínio (agropecuário), tipos específicos de *software* e as tecnologias utilizadas no desenvolvimento.

Além dos atributos específicos, outras considerações são necessárias como as citadas por Cunha et al. (2005), ao afirmarem que a qualidade de produtos de *software* está fortemente relacionada à qualidade do processo de *software* adotado. Nesse processo, o desenvolvimento de *software* é resultado de um esforço coletivo complexo e criativo e a qualidade do *software* depende das pessoas envolvidas, da organização e dos procedimentos utilizados. O cenário vivenciado pela organização também afeta profundamente os processos de *software*. Rocha et al. (2001) observam que aspectos como porte da empresa, cultura organizacional, objetivos de projetos específicos, recursos disponíveis, tecnologias de desenvolvimento, conhecimento e experiência da equipe afetam as características do processo de desenvolvimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Modelo teórico de pesquisa

Como afirmaram Rocha et al. (2001), para o sucesso no estabelecimento e na evolução dos processos de *software*, é fundamental que outros aspectos sejam considerados além dos essencialmente técnicos. Estes aspectos podem causar impacto na qualidade e na produtividade do processo e, conseqüentemente, do produto. Essa preocupação está presente na norma internacional NBR ISO/IEC 12207 - Tecnologia da Informação - Processos de Ciclo de Vida de *Software* (ISO, 1997). Ela tem como objetivo auxiliar os envolvidos na produção de *software* a definir seus papéis por meio de processos bem definidos e, assim, proporcionar às organizações que a utilizam um melhor entendimento das atividades a serem executadas nas operações que envolvem, de alguma forma, o *software*. Os processos são classificados como: *fundamentais, de apoio, organizacionais e de adaptação*:

- **processos fundamentais** - atendem ao início, à contratação entre o adquirente e o fornecedor e à execução do desenvolvimento, da operação ou da manutenção de produtos de *software* durante o seu ciclo de vida. São eles: *processo de aquisição, processo de fornecimento, processo de desenvolvimento, processo de operação e processo de manutenção*;

● **processos de apoio** - auxiliam e contribuem para o sucesso e a qualidade do projeto de *software*. Um processo de apoio é empregado e executado, quando necessário, por um dos seguintes processos: *processo de documentação, processo de gerência de configuração, processo de garantia de qualidade, processo de verificação, processo de validação, processo de revisão conjunta, processo de auditoria e processo de resolução de problemas*;

● **processos organizacionais** - são empregados por uma organização para estabelecer e implementar uma estrutura constituída pelos processos de ciclo de vida e pelas pessoas envolvidas no desenvolvimento do *software*. Eles são, geralmente, empregados fora do domínio de projetos e contratos específicos. Entretanto, os ensinamentos desses projetos e contratos contribuem para a melhoria da organização. São eles: *processo de gerência, processo de infra-estrutura, processo de melhoria e processo de treinamento*;

● **processos de adaptação** - o processo de adaptação define as atividades necessárias para adaptar a norma à sua aplicação na organização ou em projetos. A adaptação deve ser executada com base em alguns aspectos que diferenciam uma organização ou projeto de outros, dentre os quais a estratégia de aquisição, modelos de ciclo de vida de projeto, características de sistemas e *software* e cultura organizacional. A existência desse processo permite que a norma seja adaptável a qualquer projeto, organização, modelo de ciclo de vida, cultura e técnica de desenvolvimento.

A hipótese central deste trabalho foi delineada ao se propor que os aspectos citados por Rocha et al. (2001) e Cunha

et al. (2005), sistematizados no Tabela 1, apreendessem informações sobre o perfil dos desenvolvedores. Nesta hipótese, este perfil, possivelmente, estaria afetando as características do processo de desenvolvimento do *software* agropecuário e, por conseguinte, a sua qualidade.

Tabela 1 - Aspectos que afetam o processo de desenvolvimento de um software.

ROCHA et al.	CUNHA et al.
Porte da empresa	Pessoas envolvidas*
Cultura organizacional	Organização*
Objetivos de projetos específicos	Procedimentos utilizados
Recursos disponíveis	
Tecnologias de desenvolvimento	
Conhecimento e experiência da equipe*	

Fonte: Adaptado de Rocha et al. (2001) e Cunha et al. (2005).

* Aspectos investigados na pesquisa abrangidos pelos processos organizacionais.

Conforme as informações da Tabela 1, este trabalho propõe um recorte específico. Serão pesquisados somente três aspectos que afetam o processo de desenvolvimento de um *software*: conhecimento e experiência da equipe, pessoas envolvidas, e organização. Os mesmos serão aferidos por meio de alguns dos aspectos sócio-demográficos presentes no questionário aplicado, que são: escolaridade, idade, número de pessoas envolvidas, tempo de trabalho na *softwarehouse*, tempo de existência da *softwarehouse* e renda (Quadro 1):

Quadro 1 - Classificação dos aspectos pesquisados.

Tipos de processos (ISO/IEC 12207)	Aspectos que afetam o processo de desenvolvimento de software	Aspectos sócio-demográficos pesquisados
Fundamentais	Não se aplica a este estudo	Não se aplica a este estudo
Apoio	Não se aplica a este estudo	Não se aplica a este estudo
Organizacionais	<ul style="list-style-type: none"> ● Conhecimento e experiência da equipe ● Pessoas envolvidas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Escolaridade ● Idade
	<ul style="list-style-type: none"> ● Organização 	<ul style="list-style-type: none"> ● Número de pessoas envolvidas ● Tempo de trabalho na <i>softwarehouse</i> ● Tempo de existência da <i>softwarehouse</i> ● Renda
Adaptação	Não se aplica a este estudo	Não se aplica a este estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Um estudo sobre a influência do perfil dos programadores sobre aspectos organizacionais...

3.2 Descrição das variáveis do modelo

Neste trabalho, avaliaram-se as seguintes subcaracte-

rísticas aderentes à ISO 9126, identificadas aqui como variáveis qualitativas e identificadas pelo seu número:

Quadro 2- Variáveis qualitativas avaliadas.

Características (aderentes à ISO 9126)	Nº da variável	Subcaracterísticas (afirmações sobre as variáveis qualitativas)	Descrição
Facilidade de uso	1	Personalização do soft por diferentes usuários	facilidade de o usuário de diferentes classes e tipos personalizar o <i>software</i> ;
	2	Documentação de fácil compreensão	facilidade de compreensão da documentação pelo usuário;
Facilidade de operação	3	Simplicidade da entrada de dados	simplicidade para a entrada de dados de natureza física, zootécnica, financeira e econômica no <i>software</i> ;
	4	Relatórios e análise são facilmente compreendidos	facilidade do usuário em compreender os resultados parciais e finais fornecidos pelo <i>software</i> ;
	5	Facilidade de consultar os dados armazenados	facilidade de consultar os dados armazenados;
	6	Facilidade de alteração de dados	facilidade de alteração de dados;
Serviços oferecidos pelo vendedor	7	Upgrade a preço compatível	direito a <i>upgrade</i> gratuito ou a preço compatível após a aquisição do <i>software</i> ;
	8	Oferece suporte técnico	suporte técnico oferecido pela empresa;
	9	Serviço de manutenção é fundamental para qualidade	serviço de manutenção do <i>software</i> oferecido pela empresa;
Integridade do sistema	10	Mantém processamento mesmo após erros	capacidade do <i>software</i> em manter o processamento, a despeito da ocorrência de ações inesperadas (entradas de dados incorretos, execuções de ações indesejadas, operações de efeito grave);
Necessidade de adaptação do sistema ao ambiente do usuário	11	Relatórios personalizados as necessidades dos usuários	possibilidade dos relatórios serem personalizados aos interesses e necessidades dos clientes (como o nome da fazenda, opção de combinação de dados, entre outros);
Conteúdo do sistema	12	Resultados parciais e finais corretos	adequação dos padrões monetários e técnicos;
	13	Padrões monetários e técnicos adequados	consistência dos dados e resultados parciais e finais corretos;
	14	Informações estão cientificamente corretas	correção da cientificidade das informações;
	15	Adequação as práticas de trabalho do usuário	adequação às necessidades práticas do cliente.

Fonte: Adaptado de Campos (1999, 2001) e Campos et al. (2000).

3.3 Natureza da pesquisa, população pesquisada, amostra e coleta de dados

Este estudo caracteriza-se como um estudo exploratório, já que a influência das variáveis demográficas e sociais ainda não apresenta resultados conclusivos. De acordo com Mattar (2001), a pesquisa exploratória visa prover o pesquisador de maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa e perspectiva.

A população pesquisada foi composta de desenvolvedores de *software* agropecuário e pesquisadores do domínio que também desenvolvem. A amostra foi obtida na *internet*, objetivando a aquisição tanto de *e-mails* das empresas desenvolvedoras de *software* agropecuário como *e-mails* dos pesquisadores que publicaram artigos no V Congresso Brasileiro de Agroinformática, realizado em 2005. Este congresso foi escolhido por ser um evento bastante expressivo da comunidade acadêmica que trata do assunto no Brasil.

Para este estudo foi adotada a amostragem do tipo não probabilística por julgamento seguindo as diretrizes de Malhotra (2001). Em se tratando da coleta dos dados, o questionário ficou disponibilizado *online* no período de 31 novembro a 31 de dezembro de 2005. Foram enviados 197 *e-mails*, tendo apenas 30 respondentes preenchido o questionário *online*, o que representou uma taxa de resposta de 15,22%.

Foi elaborado um questionário estruturado contendo duas partes. A primeira, solicitava informações a respeito da *softwarehouse* e dos produtos *desenvolvidos* e, a segunda, foi direcionada ao desenvolvedor (programador). A segunda parte foi dividida em outras duas em que, primeiramente, solicitou-se ao desenvolvedor que expressasse seu grau de concordância ou discordância em relação a 15 afirmações e, secundariamente, que ele respondesse a informações de caráter demográfico e social.

As afirmações foram baseadas na proposta de Campos (1999, 2001) e Campos et al. (2000), que têm pesquisado e trabalhado com um conjunto de características e subcaracterísticas (Quadro 2), aplicáveis ao amplo espectro de produtos da área agropecuária. Esse conjunto de características e subcaracterísticas está adequado tanto à norma ISO 9126 – no que se refere ao modelo de avaliação e à seleção dos atributos de qualidade a serem, como ao Modelo Rocha Estendido (Belchior, 1997). A proposta de Campos (1999) tem privilegiado a visão do usuário na avaliação dos produtos disponíveis comercialmente, por permitir que os resultados auxiliem os usuários na seleção de produtos de qualidade e as *softwarehouses*, na chance

de melhorar seu processo de desenvolvimento e suas práticas de engenharia para atingir tais expectativas.

Neste trabalho, contudo, privilegiou-se a visão dos desenvolvedores, com o intuito de verificar se a percepção do grau de concordância ou discordância das suas opiniões a respeito das subcaracterísticas de qualidade aderentes à ISO 9126 poderia indicar o nível de utilização da mesma. A pesquisa buscou descobrir possíveis relações entre esta percepção e as informações que delineavam parcialmente seu perfil, buscando justificá-las.

As afirmações foram elaboradas no “formato” da escala de Likert que requer que o respondente indique seu grau de concordância ou discordância em relação a uma série de afirmações relacionadas à atitude ou objeto (Aaker, 2001; Malhotra 2001). Para tratamento dos dados, utilizaram-se duas técnicas estatísticas multivariadas, a correlação e a análise fatorial por meio do software estatístico SPSS versão 10. De modo geral, ela refere-se a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto sob investigação. Qualquer análise simultânea de mais de duas variáveis de certo modo pode ser considerada análise multivariada (Hair et al., 2005).

No estudo das relações entre as variáveis, é também desejável conhecer o grau de associação ou correlação entre elas. A estatística mais conhecida para medir a associação é o coeficiente de correlação linear de Pearson. Neste trabalho, essa estatística foi utilizada para estudar a associação entre as variáveis qualitativas e os aspectos demográficos e sociais. A análise fatorial (componentes principais) foi aplicada com o propósito de reduzir a estrutura dos dados originais, bem como verificar as relações de interdependência entre elas. Ao avaliar o nível de adequação da matriz de dados, aplicou-se a medida de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) e o teste de Bartlett. Aplicou-se a análise fatorial a todas as variáveis qualitativas conjuntamente. Esse procedimento apresentou-se mais coerente com o referencial teórico apresentado e modelo teórico de pesquisa proposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos demográficos e sociais da amostra estudada

A primeira parte do questionário permitiu a obtenção de um perfil das *softwarehouses* que participaram do estudo. A maioria das *softwarehouses* da amostra, 30%, localiza-se no estado de São Paulo, seguido de Minas Gerais e do

Paraná, com 23,3% e 13,3%, respectivamente. O tempo médio de existência das *softwarehouse* é de 7,73 anos, sendo o capital totalmente nacional. Além disso, 60% dos respondentes (empresas privadas e públicas) também desenvolvem *softwares* não agrícolas, sendo que 40% só trabalham com *softwares* agrícolas.

As categorias de *software* mais usadas pelos respondentes foram a de administração rural, agricultura e pecuária (bovinos), com 60%, 47% e 37%, respectivamente. Além disso, dois respondentes trabalham com 11 categorias diferentes de *software*, o número máximo encontrado.

A segunda parte do questionário, destinada aos desenvolvedores, ofereceu estatísticas adicionais. A pesquisa demonstrou que, entre os 30 desenvolvedores de *software* agropecuário que responderam ao questionário, apenas dois eram do sexo feminino. A idade variou de 22 a 51 anos, com média igual a 36,4 anos. Em relação à renda, a maioria, 33,3%, situou-se na menor faixa, menos de R\$ 900,00, seguida pela faixa de R\$ 1.501,00 a R\$ 2.500,00, com 30%; em terceiro lugar, com 10%, ficou a maior faixa de renda, isto é, mais de R\$ 10.000,00. Quanto à escolaridade, o nível mais freqüente foi de graduados, representando 36,7% dos respondentes, seguidos de especialização *lato-senso* e *stricto-senso* (mestrado e doutorado), com 33,3% e 20%, respectivamente.

Sobre a relação de trabalho com a empresa, 86,7% eram funcionários contratados com carteira assinada, sendo que 13,3% eram terceirizados. O tempo médio de trabalho na *softwarehouse* foi de 6,9 anos, sendo que a maioria das equipes, 26,7%, apresenta apenas uma pessoa, seguida de 23,3% com 4 pessoas. Entre os desenvolvedores, 76,7% também eram sócios da *softwarehouse*.

4.2 Correlação de Pearson

Foram encontradas cinco correlações significativas, todas ao nível de 0,05, sendo três positivas e duas negativas. As variáveis qualitativas 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 (Quadro 2) não apresentaram correlações significativas. As correlações significativas foram analisadas individualmente, como segue:

- **Idade versus “relatórios e análise são facilmente compreendidos” = correlação positiva (0,434).** Observou-se que, quanto maior a idade – o que, em princípio, representa maior experiência de trabalho –, maior a concordância em relação à necessidade dos relatórios e análises serem mais facilmente compreendidos, porque os desenvolvedores têm mais experiência,

conhecendo muito bem as reclamações comuns do dia-a-dia. Isso mostra a importância que eles dão ao usuário final no que se refere aos relatórios (saídas do programa).

- **Idade versus “facilidade de consultar os dados armazenados” = correlação negativa (-0,434).** Quanto maior a idade – o que, em princípio, representa maior experiência de trabalho –, menor a concordância com a necessidade de facilidade ao consultar os dados armazenados. Isso, provavelmente, ocorre porque, como o desenvolvedor já tem mais contato e experiência de trabalho com o produto, para ele, a consulta de dados armazenados não é tão importante. Ou seja, equivocadamente, parece estar se esquecendo das dificuldades comuns de consulta de dados, principalmente entre novos usuários.

- **Escolaridade versus “facilidade de alteração de dados” = correlação negativa (-0,397).** Quanto maior a escolaridade, menor a concordância com a facilidade de alteração de dados. Equivocadamente, quanto maior a escolaridade do desenvolvedor, menos importância ele atribuiu à necessidade de promover a facilidade de alteração dos dados.

Observando-se as correlações negativas, constatou-se que os desenvolvedores deram muita importância à saída de dados e pouca importância à facilidade de consulta e alteração dos mesmos. Esse posicionamento sugere que, ao ocorrerem erros ou falhas na entrada de dados e dificuldades de consultá-los e alterá-los, por parte do usuário, haverá um comprometimento da qualidade da informação. Conseqüentemente, isso reduzirá a qualidade não apenas dos relatórios, mas de qualquer saída de dados.

- **Faixa de renda versus “serviço de manutenção é fundamental para qualidade” = correlação positiva (0,362).** Quanto maior a renda, maior importância ele atribuiu à necessidade da realização do serviço de manutenção para garantir a qualidade. A qualidade da manutenção deixa os clientes satisfeitos e isso gera maior volume de negócios para a *softwarehouse*, o que garante um incremento na renda dos desenvolvedores.

Número de pessoas na equipe versus “serviço de manutenção é fundamental para qualidade” = correlação positiva (0,435). Essa foi a maior correlação encontrada. Observou-se que, quanto maior a equipe, maior a concordância em relação à necessidade da realização do serviço de manutenção para garantir a qualidade.

As correlações envolvendo a variável “serviço de manutenção é fundamental para qualidade” vão ao encontro das afirmações de Meirelles (1994) que salienta

que, além dos equipamentos e dos programas, existe outro aspecto importante para quase todas as aplicações, que é o suporte que os fabricantes ou revendedores oferecem, em especial manutenção, documentação, instalação do equipamento, treinamento e atendimento pós-venda. Esse aspecto tem grandes reflexos no principal componente dos sistemas: as pessoas que gerenciam e usam os equipamentos e programas. O autor comenta, ainda, que o suporte técnico nem sempre é visível, mas, é de fundamental importância para sustentar e permitir o uso correto dos três componentes básicos: *hardware*, *software* e usuário. A estrutura de suporte ao usuário vem se tornando tão ou mais relevante que o suporte ao equipamento e aos programas.

A perspectiva de considerar o *software* como um pacote, incluindo-se aí a manutenção e suporte técnico, deu um enfoque diferente no tratamento e na utilização destes sistemas pelas *softwarehouses* que têm buscado qualidade de processos (principalmente desenvolvimento e atendimento) e de produto.

As correlações, do ponto de vista das características, mostram que o relatório, como o produto final mais visível, tem maior importância para os desenvolvedores, ainda que eles não se importem com as facilidades de alteração e de consulta. Isso é contraditório e preocupante, ao se considerar que o usuário pode ter dificuldade em alterar ou pode consultar dados errados e, assim, não aproveitar os relatórios que, apesar de serem de fácil compreensão, podem estar errados por causa de falhas no lançamento de dados.

Ao realizar uma discussão geral dos resultados, percebe-se um caráter de modismo em relação à qualidade. A qualidade parece ser uma fórmula imposta pelo mercado que vai garantir o sucesso dos produtos e empresas. Isso fica claro ao se observar a considerável ausência de crítica em relação às premissas da qualidade. Ou seja, os desenvolvedores, tendo alta ou baixa escolaridade, posicionam-se praticamente da mesma maneira em relação às prerrogativas da norma. Doutores e técnicos não apresentam diferenças em relação ao grau de concordância com as variáveis. Isso pode estar ocorrendo não apenas pelas pressões de mercado, mas também devido à própria natureza do objeto de estudo. Ou seja, a qualidade, naturalmente, parece ser mais indispensável em relação a produtos de alta tecnologia, como *softwares*.

4.3 Análise Fatorial

Os resultados dos testes de KMO (0,437) e Bartlett (142,768), a 0,008 de significância demonstram a

adequação dos dados à aplicação da análise fatorial. O modelo teórico proposto foi reduzido a 5 fatores que, em conjunto, explicam 67% da variância.

Analisando-se o **Fator 1**, aqui denominado por “**personalização e facilidade**”, notou-se que o mesmo é formado pelas seguintes variáveis originais: ‘adequação às práticas de trabalho do usuário’, ‘relatórios personalizados às necessidades dos usuários’, ‘oferece suporte técnico’ e, finalmente, ‘simplicidade da entrada de dados’. Este fator envolve a concordância em relação à adequação do *software* às necessidades específicas dos clientes, o que, frequentemente, diminui sua complexidade, garantindo assim a facilidade de utilização.

O **Fator 2**, denominado “**segurança e confiabilidade**”, é composto pelas variáveis ‘informações estão cientificamente corretas’, ‘mantém processamento mesmo após erros’ e ‘facilidade de alteração de dados’. Para os desenvolvedores respondentes, é necessário que o *software* não só possua concepções teóricas rigorosas fundamentando suas ferramentas, como também concepções de escolha de linguagem de programação e de banco de dados seguros. Isso gera uma maior confiança do usuário no produto, que, reforçada pela maior facilidade na alteração dos dados.

O **Fator 3**, denominado por “**correção e conformidade**”, comporta as variáveis originais ‘facilidade de consultar os dados armazenados’, ‘resultados parciais e finais corretos’ e ‘padrões monetários e técnicos adequados’. Esse fator expressa, de forma geral, a necessidade de o *software* produzir resultados, ainda que parciais, corretos. Naturalmente, a facilidade de consulta dos dados interferirá positivamente na correção dos mesmos, assim como a conformidade dos padrões característicos do *software* agropecuário.

O **Fator 4**, aqui chamado “**eficiência**”, é composto pela variável ‘*upgrade* a preço compatível’, ‘documentação de fácil compreensão’ e ‘personalização do *software*’ por diferentes usuários. Expressa eficiência porque, ao mesmo tempo em que oferece soluções específicas aos usuários – o que gera mais trabalho para o desenvolvedor –, garante uma atualização a preço acessível e justo. Isso, aliado à documentação facilmente compreendida, aumenta a eficiência.

Finalmente, o **Fator 5**, aqui chamado “**assistência e clareza**”, é composto pelas variáveis ‘serviço de manutenção é fundamental para qualidade’ e ‘relatórios e análise são facilmente compreendidos’. Expressa a importância crescente da manutenção dos produtos de

software, podendo-se incluir aqui serviços de correção de erros e inclusão de novas ferramentas. Certamente que esse tipo de serviço deve se preocupar sempre com a clareza de utilização dessas novas ferramentas, bem como de suas saídas de dados (relatórios).

O fator que mais abarcou correlações foi o 5, 'assistência e clareza'. Isso demonstra que, em geral, as variáveis que formam o fator 5 são mais afetadas pelos dados demográficos e sociais. Mais uma vez, identifica-se a perspectiva de considerar o *software* como um pacote, incluindo-se aí a manutenção e suporte técnico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de correlações significativas foi muito menor do que o esperado. No entanto, percebeu-se que os desenvolvedores abordam qualidade com uma tendência a valorizarem o que pode ser rapidamente percebido pelo usuário final, como ficou constado nas correlações idade *versus* “relatórios e análise são facilmente compreendidos”; idade *versus* “facilidade de consultar os dados armazenados”; escolaridade *versus* “facilidade de alteração de dados”; faixa de renda *versus* “serviço de manutenção é fundamental para qualidade” e número de pessoas na equipe *versus* “serviço de manutenção é fundamental para qualidade”.

As correlações parecem ter apresentado um caráter de modismo em relação à qualidade. A qualidade parece ser uma fórmula, imposta pelo mercado, que vai garantir o sucesso dos produtos e empresas. Isso fica claro ao se observar a considerável ausência de crítica em relação às premissas da qualidade.

Na análise fatorial, o modelo teórico proposto foi reduzido a 5 fatores, nomeados como: “personalização e facilidade”, “segurança e confiabilidade”, “correção e conformidade”, “eficiência” e “assistência e clareza”. O fator que mais abrangia correlações foi “assistência e clareza”. Isso demonstra que as variáveis que formam esse fator são mais afetadas pelos dados demográficos e sociais. Mais uma vez, identifica-se a perspectiva de considerar o *software* como um pacote, incluindo-se aí a manutenção e o suporte técnico.

Esse trabalho apresentou algumas limitações. Uma delas se refere à natureza do objeto de pesquisa. O desenvolvimento de *software* é uma atividade que exige mais conhecimento específico atrelado ao capital intelectual, do que recursos físicos. Por ser uma atividade desse tipo,

parece requerer dos desenvolvedores mais rigor, portanto, mais qualidade. Outra limitação foi relativa ao tamanho reduzido da amostra. Isso ocorreu devido à dificuldade de obtenção de resposta por meio de questionários hospedados em *sites*. Limitante também foi constatar que os desenvolvedores parecem estar reproduzindo, acriticamente, o discurso da *qualidade*. Isso pode gerar uma certa formalidade nas opiniões, como se observou por meio da homogeneidade das respostas.

Como sugestões de pesquisa, outros aspectos relacionados ao processo de desenvolvimento de um *software*, agrícola ou não, como porte da empresa, cultura organizacional, objetivos de projetos específicos e tecnologias de desenvolvimento, merecem ser pesquisados, pois, apresentam-se diretamente relacionados à gestão das empresas. Estes aspectos sinalizam a existência de um amplo espaço de colaboração das ciências administrativas no entendimento de fatores não técnicos que afetam a qualidade de processos e produtos de *software*, reforçando o caráter multidisciplinar desse processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKER, D. A.; KUMAR, V.; e DAY, G. S. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Atlas, 2001. 745p.
- ALENCAR, E.; GRANDI, D. S.; ANDRADE, D. M.; e ANDRADE; M. P. de. Complexos agroindustriais, cooperativas e gestão. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 3, n. 2, p. 30-44, jul./dez. 2001.
- BELCHIOR, A. D. **Um Modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software**, Tese de DSc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.
- CAMPOS, F. C. A. Qualidade de *software* agropecuário. In: FEIRA E CONGRESSO DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA, 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Softex, 2000. CDROM.
- CAMPOS, F. C. A. Qualidade de *software* agropecuário. In: FEIRA E CONGRESSO DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA, 1999, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Softex, 2000. CDROM.
- CAMPOS, F. C. A. Avaliação de *software* agropecuário. In: ROCHA, A. R. C.; MALDONADO, J. C.; WEBER, K. C. **Qualidade de software: teoria e prática**. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p. 208-216.
- CAMPOS, F.; BRAGA, R.; COELHO, F. **Quality process to improve agricultural software products**. Germany: FEESMA, 2000.
- CÓCARO, H; LOPES, M. A.; CAMPOS, F. C. A. Qualidade de *software* agropecuário: um estudo de caso. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 5, p. 1075-1082, set./out., 2005.

CUNHA, G. J. da; ALMEIDA, E. S. de; MELNIKOFF, S. S.; MASSOLA, A. M. de AGUIRRA. Processo para avaliação da qualidade em software agroindustrial: proposta de um modelo. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática, SBIAGRO, 5, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: SBIAGRO, 2005. 1 CD-ROM.

HAIR, Jr., J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; e Black, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 9126 Information Technology – Software Product Evaluation – Quality Characteristics and Guidelines for their Use**, 1991.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 12207:1995. Tecnologia da Informação – Processos de Ciclo de vida de Software**. 1997.

MACÁRIO, C. G. do N. **Masa: metodologia para avaliação da qualidade de pacotes de software do domínio agropecuário**. Campinas - SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2000 (Completa).

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 719p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. Edição Compacta. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MEIRELLES, F. de S. **Informática: Novas Aplicações com Microcomputadores**. São Paulo: Makron Books, 1994. 2 edição, 615 p.

NUNES, E. P.; CONTINI, E. Passando a limpo. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 11, p. 42-49, nov. 2000.

ROCHA, A.R., MALDONADO, J.C.; e WEBER, K.C. **Qualidade de Software Teoria e Prática**, São Paulo: Prentice Hall, 2001.

SOBREIRA, C. E. P.; SOARES, R. B.; BARBOSA FILHO, R.; TEIXEIRA, R. M. G. T. **Texto para discussão n. 19 - Gastos Públicos na Agricultura Brasil - Ceará**. Governo do Estado do Ceará – Secretaria do Planejamento e Coordenação (SEPLAN) – Instituto de Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Agosto, 2005.

RELAÇÃO DOS CONSULTORES

Alaine Margarete Guimarães	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Alceu de Souza Britto Jr.	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Alceu Gomes de Andrade Filho	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Alexandre M. Lins de Vasconcelos	UFPE/Recife-Pe
Altair Justino	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Ana Claudia Giannini Borges	UNESP/Jaboticabal-Sp
Ana Elisa Tozeto	UNICENTRO/Guarapuava-Pr
André Luiz Zambalde	UFPA/Lavras-Mg
Angelo Cataneo	UNESP/Botucatu-Sp
Ariângelo Bauer	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Aurora Trinidad Ramirez Pozo	UFPR/Curitiba-Pr
Carlos Arthur Barbosa da Silva	UFV/Viçosa-Mg
Clodis Boscaroli	UNIOESTE/Cascavel-Pr
Dennis Alcides Almeida	UTP/Curitiba-Pr
Díbio Leandro Borges	PUC-PR/Curitiba-Pr
Dierone César Foltran Junior	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Eliana M. P. Coelho	UFPR/Curitiba-Pr
Elias P. Duarte Jr.	UFPR/Curitiba-Pr
Emília Hamada	UNICAMP/Campinas-Sp
Ezequiel Gueiber	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Fernando Buarque de Lima Neto	Universidade de Pernambuco/Recife-Pe
Gerd Sparovek	USP-ESALQ/Piracicaba-Pr
Gilberto Chohaku Sediyaama	UFV/Viçosa-Mg
Hernan Prieto	USP-Escola Politécnica- /São Paulo-Sp
Hilton Thadeu Zarate do Couto	USP-ESALQ/Piracicaba-Pr
Ivo Mário Mathias	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Jorim Sousa das Virgens Filho	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Jornandes Jesus Correia	UESB/Vitória da Conquista-Ba
José Carlos Rocha	UEPG/Ponta Grossa-Pr
José Luis Braga	UFV/Viçosa-Mg
José Mauricio Cunha Fernandes	EMBRAPA/Pelotas-Rs
José Paulo Molin	USP-ESALQ/Piracicaba-Pr
Leila Issa Rickli	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Letícia Colares Vilela	Fac. Gennari e Peartree/Pederneiras-Sp
Lindon Matias Fonseca	UNICAMP/Campinas-Sp
Luiz Henrique Antunes Rodrigues	UNICAMP/Campinas-Sp
Marcelo Bilobrovec	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Marcelo Ferrasa	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Marcelo Giovanetti Canteri	UEL/Londrina-Pr
Marcos Milan	USP-ESALQ/Piracicaba-Pr
Maria Salete M. G. Vaz	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Maura Tsutsui Seiko Esperancini	UNESP/Botucatu-Sp
Maysa de Lima Leite	UEPG/Ponta Grossa-Pr
Paulo Henrique Caramori	IAPAR/Londrina-Pr
Paulo Sérgio Graziano Magalhães	UNICAMP/Campinas-Sp

Pedro Weirich Neto
Ricardo Ferrari Pacheco
Ricardo Shoiti Ikemato
Roberto Max Protil
Rogério Teixeira de Faria
Sérgio Renato Lang Otto
Sílvia A. Rohden
Sílvia Maria Fonseca S. Massruhá
Tatiana Montes Celinski
Vanderlei Vilhanova Ortêncio
Willingthon Pavan

UEPG/Ponta Grossa-Pr
PUC-PR/Curitiba-Pr
CELEPAR/Curitiba-Pr
PUC-PR/Curitiba-Pr
IAPAR/Londrina-Pr
UEPG/Ponta Grossa-Pr
CELEPAR/Curitiba-Pr
EMBRAPA-CNPTIA/Campinas-Sp
UEPG/Ponta Grossa-Pr
CELEPAR/Curitiba-Pr
UPF/Passo Fundo-Rs

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO

A língua oficial para publicação de trabalhos técnico-científicos (artigo, revisão bibliográfica e comunicação) é a portuguesa. Porém, aceitam-se trabalhos em espanhol ou inglês, desde que contenha obrigatoriamente RESUMO e PALAVRAS-CHAVE em português. A matéria enviada para publicação, não deve estar sendo submetida a outro órgão e nem ter sido anteriormente publicada, a não ser em forma de resumo em evento científico.

Os textos deverão ser encaminhados ao Editor desta revista, por meio de ofício, obedecendo a estas normas, em 4 (quatro) vias impressas, com apenas uma delas identificada com o nome dos autores, e em disquete 3 ½ devidamente identificado.

Organização

Os artigos técnico-científicos escritos em português ou espanhol, deverão, ter a seguinte sequência: Título; Autor(es); Resumo; Palavras-chave; Título em Inglês; Abstract; Keywords; Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; Agradecimentos (quando houver); e Referências Bibliográficas. Para artigos técnico-científicos escritos em inglês, os mesmos deverão obedecer a seguinte sequência: Title; Author (s); Abstract; Keywords; Título em Português; Resumo; Palavras-chave; Introduction; Material and Methods; Results and Discussion; Conclusions; Acknowledgements (quando houver); e References. Nas revisões bibliográficas e comunicações esta subdivisão não é necessária, porém devem conter, obrigatoriamente, Resumo e Abstract.

Editor de texto e Formato

Os trabalhos deverão ser redigidos no editor de textos WORD para WINDOWS versão 6.0 ou posterior, utilizando fonte Times New Roman, tamanho 12, exceto para notas de rodapé e título, que deverão apresentar tamanho 9 e 14, respectivamente. A página deverá ser formatada para papel tamanho A4 (27,9 X 21,0), orientação retrato, margens superior e inferior de 2,5 cm, e esquerda e direita de 3,0 cm, não numeradas, com no máximo 20 páginas. Os parágrafos devem ser de 2 cm com espaçamento entre linhas duplo. Todos os itens devem ser numerados, alinhados à esquerda, em letra maiúscula e negrito, sendo que o item 1 deve ser Introdução (ou Introduction). Subitens deverão ter a primeira letra maiúscula, marginados a 2, 4, 6 ... cm do item correspondente, conforme a subdivisão do trabalho.

Título

O título do trabalho deverá ser todo em letra maiúscula em negrito e centralizado. Deve ser claro e conciso, expressando o conteúdo do trabalho. Poderá conter um número-índice, como chamada de rodapé, para possível explicação em se tratando de trabalho apresentado em evento científico, extraído de

dissertação ou tese, ou para indicar o órgão fomentador da pesquisa.

Autores

Os nomes dos autores deverão ser por extenso e negrito, centralizados, separados por vírgula com os respectivos números-índice que, em nota de rodapé, irão identificar os mesmos com as seguintes informações: qualificação profissional, instituição, endereço postal e eletrônico (E-mail), telefone e fax. Deve-se entender por autores as pessoas que tiveram participação efetiva no trabalho, de forma que possam responder pelo mesmo integralmente ou em partes essenciais.

RESUMO

O item RESUMO deve ser alinhado à esquerda, em maiúsculo e negrito. O texto deve iniciar-se na mesma linha do item, em parágrafo único, ser claro, sucinto e, obrigatoriamente, explicar o(s) objetivo(s) do trabalho, procurando justificar sua importância (sem incluir referências bibliográficas), os materiais e métodos utilizados, os resultados mais importantes e conclusões, em não mais que 300 palavras.

Palavras-chave

O item deve ser alinhado à esquerda, escrito com a primeira letra em maiúsculo e negrito. As palavras-chave devem ser no máximo 3, procurando-se não repetir palavras do título, escritas em letras minúsculas separadas por vírgulas.

ABSTRACT

Como o RESUMO, deve ser em maiúsculo e negrito e, alinhado à esquerda. O ABSTRACT é uma versão completa do RESUMO, para o inglês, que também deverá além do título (em inglês, centralizado, em maiúsculo e negrito) apresentar as Keywords (dispostas da mesma forma que as Palavras-chave), em no máximo 300 palavras.

1. INTRODUÇÃO

Utilizando-se de bibliografia apropriada para formular os problemas abordados e justificar a importância do assunto, deve-se neste item deixar bem claro o(s) objetivo(s) do trabalho proposto, evitando dessa forma divagações sem importância. As citações bibliográficas no texto, devem ser realizadas da seguinte forma:

- a-) um autor : ... Lima (2000), ou ... (Lima, 2000);
- b-) dois autores : ... Lima; Sousa (2000), ou ... (Lima; Sousa, 2000);
- c-) mais de 3 autores : ... Sousa et al. (2000), ou ... (Sousa et al., 2000).

2. MATERIALE MÉTODOS

Dependendo da natureza do trabalho, uma caracterização experimental deve ser inserida, tornando clara as condições em que a pesquisa foi conduzida. Quando alguns métodos utilizados forem notórios, apenas a referência bibliográfica bastará; caso contrário, é necessário apresentar uma descrição completa dos procedimentos e adaptações promovidas. As unidades de medidas e símbolos devem seguir o Sistema Internacional. As equações utilizadas deverão obedecer o alinhamento dos parágrafos (2 cm) e numeradas com algarismos arábicos entre parênteses no final da linha que estiver inserida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na apresentação dos resultados, figuras e tabelas deverão ser em preto e branco, com largura de 7,2 ou 15 cm, numeradas com algarismos arábicos, preferivelmente, inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas pela primeira vez. Tanto no texto, bem como nas legendas, as palavras Figura e Tabela devem ter letra inicial maiúscula. Para as tabelas a legenda deve figurar em sua parte superior, enquanto que para as figuras a legenda deve ser apresentada na sua parte inferior. Nas tabelas não devem ser usadas linhas verticais separando colunas, nem mesmo no cabeçalho. Na discussão, sempre que possível, confrontar os dados obtidos com os resultados existentes na literatura.

4. CONCLUSÕES

Devem basear-se exclusivamente nos resultados do trabalho. Evitar a repetição dos resultados em listagem subsequente, buscando assim, confrontar o que foi obtido com os objetivos inicialmente propostos.

AGRADECIMENTOS

Inseri-los, se for o caso, após as conclusões, de forma sucinta e resumida e sem numeração.

5. REFERÊNCIAS

A listagem de referências deverá ser disposta em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor da seguinte forma:

a-) Livros :

SOARES, L.F.G. **Modelagem e simulação discreta de sistemas**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992. 250p.

b-) Capítulo de Livros :

ASSAD, E.D., SANO, E.E., MEIRELLES, M.L., MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia

hidrográfica. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. p.89-108.

c-) Revistas/Periódicos :

VIRGENS FILHO, J.S., CATANEO, A. Modelo computacional para simulação da radiação solar global diária. **Energia na agricultura**, v.14, n.2, p.24-36, 1999.

d-) Monografias, dissertações e teses :

VIRGENS FILHO, J.S. **Modelo computacional para simulação de dados climáticos**. 1997. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

e-) Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD-ROM) :

LEONARDO JR, I., SOUZA, F.G.A., PINHEIRO, F.A. Programa computacional para calcular o dimensionamento e custos de máquinas e implementos agrícolas. In : SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, 1999. p.480-6.

Obs : No caso de disquetes ou CD-ROM, substitui-se o número de páginas pelas palavras “Disquete” ou “CR-ROM”.

f-) WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol) :

BURKA, L.P. A hipertext history of multi-user dimensions; MUD history. Disponível em: <http://www.ccs.neu.edu/home/lpb/mud-history-html>. Em: 10/11/1997.

As separatas das contribuições estarão disponíveis aos autores ao preço de custo, podendo ser adquiridas, em um número mínimo de 50 exemplares.

As contribuições, elaboradas segundo as normas desta Revista, deverão ser enviadas para o seguinte endereço:

ENDEREÇO – ADDRESS – DIRECCIÓN

Revista Brasileira de Agrocomputação

Departamento de Informática

Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – Bairro Uvaranas

CEP 84.030-900 – Ponta Grossa, PR, BRASIL

Fone: (42) 3220-3097

E-mail : agrocomputacao@uepg.br

Home Page : <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

Editoua
UEPG