

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1. Conclusões

Barragens são instrumentadas para verificar se o seu desempenho operacional é consistente com as expectativas de projeto. Um programa de monitoramento pode incluir medidas de deslocamento, deformação, tensão, poro-pressões, cargas em elementos estruturais, percolação e drenagem, como também medidas de fatores ambientais que afetem o comportamento da barragem como temperatura, nível do reservatório e precipitação pluviométrica, dentre outros.

Nesta pesquisa os resultados de instrumentação da barragem Corumbá I, de Furnas Centrais Elétricas, em relação aos valores de vazão pela fundação de solo residual da ombreira esquerda e cargas de pressão nos piezômetros do núcleo central e do solo de fundação, foram analisados através de duas técnicas para séries temporais: os modelos de Box & Jenkins (1970) e redes neurais artificiais.

As séries dos valores instrumentados se referem ao período compreendido entre 13/08/1997 e 15/03/2003, com frequência quinzenal uniformizada. Nos (poucos) casos em que se constata valores faltantes, estes foram “recuperados” com base em interpolação por “spline” cúbica com os valores adjacentes.

Cada uma das técnicas empregadas apresenta vantagens e desvantagens. Os modelos de Box & Jenkins apresentam como vantagem sua metodologia, sistemática que permitem estimações tanto pontuais quanto por intervalo e baseada em uma série de hipóteses e testes estatísticos para aceitação dos modelos, mas devem ser aplicados apenas para problemas lineares, estacionários ou não.

Redes neurais artificiais, por outro lado, têm na habilidade de simular fenômenos não-lineares a sua principal característica e vantagem, mas a aplicação da técnica é dificultada pela necessidade de realização de testes com vários modelos de redes, com diferentes topologias e reinicializações randômicas, para

tentar-se determinar a “melhor” rede neural para análise da série temporal em questão.

Nas duas primeiras aplicações estudadas, correspondentes à modelagem da vazão através da fundação na ombreira esquerda e das cargas de pressão em piezômetros situados no núcleo e no solo residual, constatou-se tanto pelos modelos autoregressivos AR(p) quanto pelas redes neurais que as previsões foram satisfatoriamente obtidas considerando-se apenas as séries temporais da própria variável estudada. Acredita-se que este comportamento tenha relação com o intervalo quinzenal de amostragem, provavelmente bastante alto para permitir uma definição mais clara de dependência entre as séries temporais testadas nos diversos modelos e topologias descritas no capítulo 5 e apêndices. Séries que envolvessem medições diárias, por exemplo, executadas através de instrumentação automatizada, possibilitariam a construção de modelos mais refinados que provavelmente melhor identificariam a relação de dependência entre as distribuições das variáveis dependentes e explicativas.

O terceiro caso estudado, sugerido como possível aplicação através de contato informal com engenheiros de Furnas Centrais Elétricas, sobre o comportamento futuro de um piezômetro danificado em função dos valores medidos em piezômetros localizados nas vizinhanças e as flutuações do nível o reservatório, foi resolvido com resultados bastante satisfatórios através de técnicas de redes neurais. Este desempenho, no entanto, é específico para as situações particulares analisadas, naturalmente.

6.2. Sugestões

Dentre as sugestões como futuros tópicos de pesquisa na área da análise de séries temporais relacionadas com dados de instrumentação, sugerem-se as seguintes:

- 1 – aplicação de um método híbrido de previsão, já informalmente usado nesta dissertação, que integre as características dos modelos de Box & Jenkins e redes neurais, principalmente para a fase de pré-seleção das variáveis de entrada ou denominadas explicativas.

2 – comparação de modelos de previsão envolvendo diferentes intervalos de tempo, visando estudar-se a influência da frequência das medidas nas séries temporais na relação de dependência entre as variáveis explicativas e dependente.

3 – modelagem através da técnica de redes neurais artificiais com modelos neurais mais específicos para a solução de problemas temporais como as redes tipo Elman, Jordan, FIR e sistemas neuro-fuzzy.