

1 Introdução

Sabe-se que, no Brasil, mesmo com a crescente diversificação da matriz energética, aproximadamente 85% do potencial de geração da energia é oriunda de usinas hidrelétricas. Uma das principais características de matrizes energéticas com esta composição é a forte dependência dos regimes de chuvas. Este fato gera uma incerteza na operacionalização de tal matriz tornando assim o seu planejamento não trivial.

Cabe ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a responsabilidade do planejamento e operacionalização do sistema elétrico brasileiro. Nessa atividade, segundo FAYAL (2008), são adotados modelos de simulação e/ou otimização que utilizam a vazão natural prevista e/ou verificada como entradas para obter resultados que indiquem a mais adequada situação de armazenamento, de defluência e de geração dos aproveitamentos hidroelétricos, a cada instante de tempo.

Desta forma, estimar modelos que sejam capazes de prever e/ou simular séries hidrológicas também é de extrema importância para o planejamento ótimo do sistema. É de conhecimento comum que pequenos avanços em tais modelos são capazes de possibilitar a melhoria do planejamento da operação do sistema, a qual é diretamente revertida em economia de investimentos, modicidade tarifária e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no sistema

Para o planejamento da operação de médio prazo, no Brasil, a ferramenta computacional utilizada é o modelo *NEWAVE*, que segundo Oliveira (2010), o planejamento é representado por um problema de programação linear estocástica multiestágio cujo objetivo é a minimização do custo total de operação.

Para que isso seja realizado, um dos principais parâmetros do modelo é um conjunto de séries hidrológicas sintéticas geradas a partir do histórico de ENA (energia natural afluenta) de cada um dos 4 subsistemas brasileiros (Sudeste/Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte). Para tal geração, o modelo estatístico utilizado é uma extensão dos modelos *ARMA* (p, q) denominado

$PAR(p)$ (autorregressivo periódico), THOMAS & FIERING (1962). O $PAR(p)$ é empregado em séries temporais que apresentam uma estrutura de autocorrelação que não depende somente do intervalo de tempo entre as observações, mas também do período observado. Desta forma, para cada período um modelo $AR(p)$ é ajustado, ou seja, se a série é mensal, 12 modelos $AR(p)$ são ajustados com ordens p não necessariamente iguais. O $PAR(p)$ vem sendo amplamente utilizado para a geração de séries sintéticas, entretanto, recentemente, iniciou-se a busca por novas ferramentas estatísticas capazes de gerar séries sintéticas de ENAs.

CAMPOS (2010) utilizou as redes neurais artificiais para realizar esta tarefa. Segundo a autora, a utilização de RNAs permite a incorporação da não linearidade ao modelo, uma vez que os modelos $PAR(p)$ são lineares. Para isto, foi desenvolvido um modelo de processo estocástico baseado em redes neurais artificiais denominado Processo Estocástico Neural (PEN) que pode ser classificado como um modelo estocástico periódico não-linear autorregressivo genérico.

Utilizar métodos capazes de captar os efeitos que o modelo $PAR(p)$ não consegue estimar é uma das razões da busca por novos modelos geradores de cenários. Vale destacar, dentre estes efeitos, principalmente os de memória longa e/ou cíclicos.

Memória longa, ou persistência em uma série temporal, pode ser definida como a presença de dependência entre observações muito distantes no tempo, diferente de modelos tradicionais onde a correlação entre observações separadas por um longo período de tempo são consideradas nulas ou desprezíveis.

Vários são os modelos de memória longa existentes na literatura. O modelo utilizado neste trabalho é denominado $SARFIMA(p, d, q).(P, D, Q)_s$, PORTER-HUDAK (1990). Este modelo é uma extensão dos modelos $ARIMA$ de Box & Jenkins onde os parâmetros de diferenciação d e D podem assumir valores fracionários. Esta adaptação é realizada para que seja possível captar efeitos de longo prazo e/ou ciclos existentes na série em estudo.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal a geração de séries hidrológicas sintéticas por meio de modelos de memória longa aplicados às séries de ENA (energia natural afluente) dos subsistemas brasileiros. A ENA em um

determinado período corresponde à energia gerada por um conjunto de usinas considerando-se que toda vazão natural afluenta à estas usinas é integralmente turbinada. Normalmente, o período de estudo associado à ENA é equivalente a um mês.

Isto posto, esta dissertação está dividida da seguinte maneira: no Capítulo 2, é realizada uma revisão de literatura dos modelos *SARFIMA*. No Capítulo 3, é exposto o *Bootstrap* e como ele foi empregado na construção de intervalos de confiança e na geração de séries sintéticas. Ao longo do quarto capítulo, são apresentados os critérios de avaliação utilizados para a validação dos cenários hidrológicos. O capítulo 5 consiste na apresentação do modelo ajustado, assim como os cenários gerados e avaliados. No último Capítulo, são feitas as considerações finais, bem como sugestões de novos trabalhos.