

1º Congresso Brasileiro de Redes Neurais

Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Itajubá, 24 a 27 de outubro de 1994

APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS EM PREVISÃO HIDROLÓGICA RUBENS ALMIRON (1)

RESUMO

Este trabalho apresenta aplicações práticas das redes neurais no campo da hidrologia, realizadas tentando obter soluções adequadas aos problemas já estudados com outras ferramentas.

INTRODUÇÃO

Os esforços realizados para aplicar a tecnologia computacional a imagens, discursos e previsões compartilham algumas características.

Os mesmos se baseiam no reconhecimento de padrões, definido como habilidade de identificar e classificar eventos ou sucessos apesar do ruído e da distorção.

Deve-se considerar o êxito comercial que estas intenções poderiam produzir, pois elas são um reflexo do mundo do homem.

As redes neurais aparecem, neste contexto, como uma resposta clara às necessidades, já que permitem, no geral, aumentar a precisão na solução de problemas até hoje sem resposta e diminuir o custo destas soluções.

Uma rede neural consiste em um algoritmo inspirado em estudos do funcionamento do cérebro humano. Logicamente, que estas redes neurais em seu funcionamento têm pouca relação com a biologia.

A tecnologia das redes neurais baseia-se no aprendizado que os computadores realizam diretamente dos dados solucionando problemas de classificação, estimação e compreensão de dados e outras tarefas similares.

Conhecidas por décadas estas redes como soluções em busca de problemas,

(1) *Engenheiro Hidrólogo da Divisão de Hidrologia (OPSH.EO) da ITAIPU BINACIONAL*

ultimamente, portanto, começam a aparecer em aplicações práticas e esta tendência só pode acelerar agora com o "hardware" especializado disponível.

Centenas de aplicações atuais usam redes neurais, tais como FAX providos com OCR (Optical Character Recognition), sistemas eletrocardiográficos, controle de processos, sistemas financeiros, reconhecimento de alvos e controle de vôos assim como sistemas de comunicações.

As redes neurais aparecem como resposta à necessidade de reconhecimento de padrões, gerada desde o momento em que os computadores começam a interatuar com o mundo real.

CONCEITOS

As redes neurais são constituídas por nós, semelhantes a neurônios humanos, que recebem informações e a passam mediante conexões ponderadas (Ver figura 1).

Estas redes aprendem variando os pesos de ponderação de tais conexões. Uma rede neural, com pesos adequados, é capaz de modelar qualquer função computável.

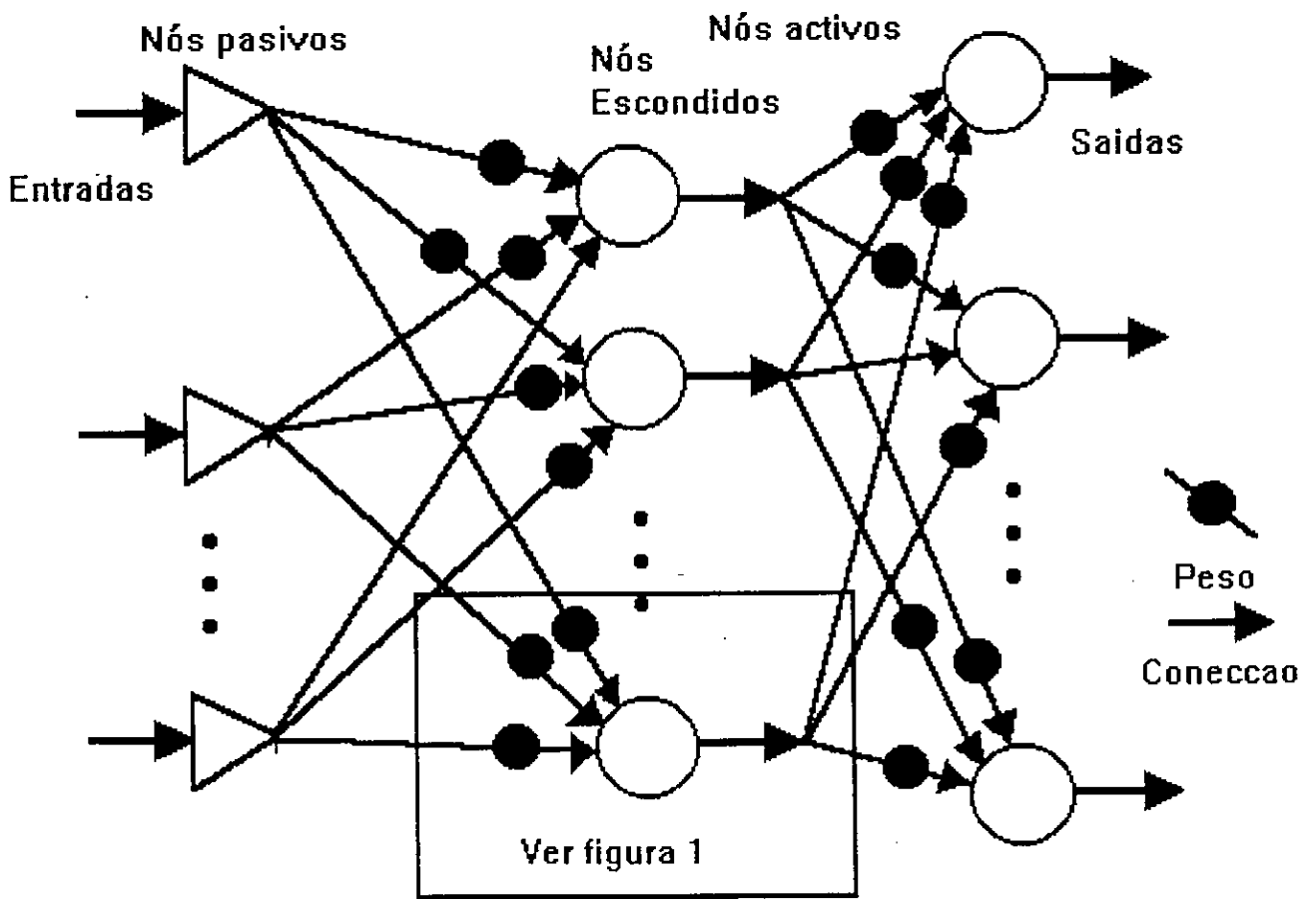
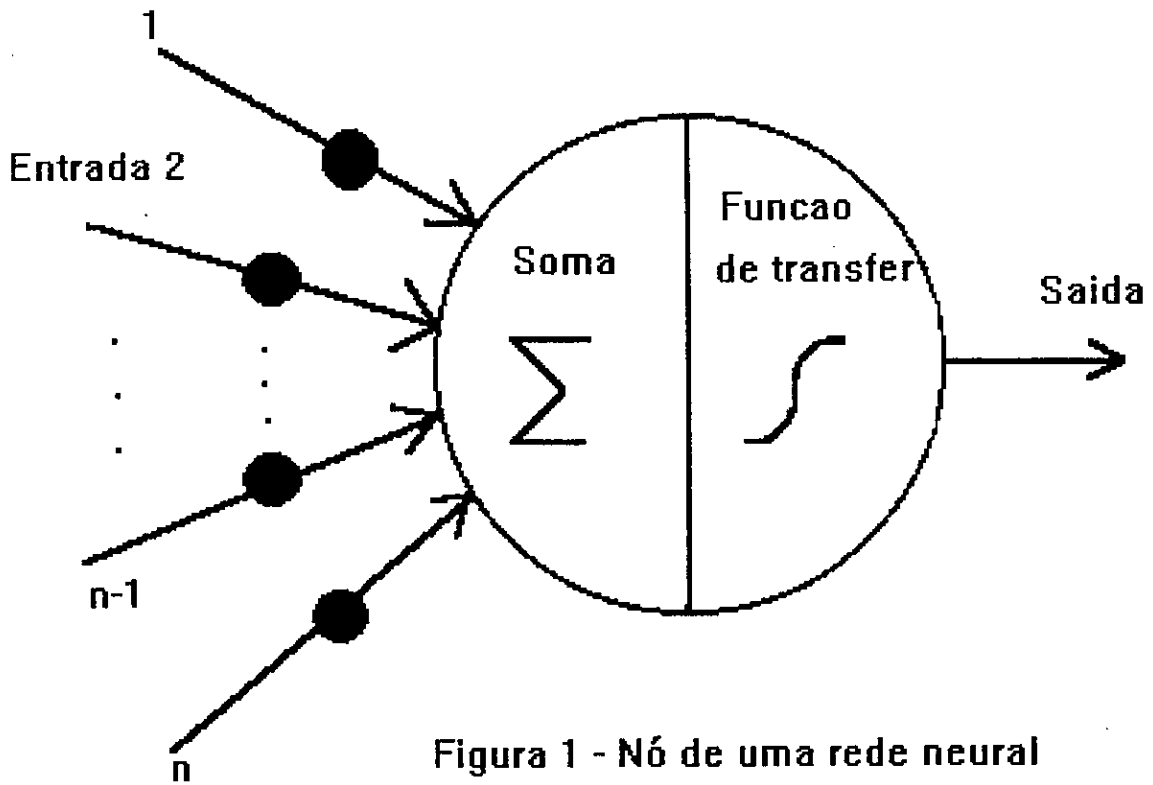
Um nó de uma rede neural normalmente recebe informação de entrada (dado) a multiplica por um peso correspondente à conexão que recebeu o dado, efetua a somatória destes produtos e processa esta somatória mediante uma função de transferência não linear produzindo um resultado. Então, a

parte fundamental destas redes é este processo de composição do mencionado produto e a velocidade computacional depende da eficiência com que realiza os produtos e acumulações.

As redes neurais estão compostas por camadas de nós. Como mínimo uma rede neural simples possui três camadas de nós. A primeira é a camada de nós de entrada, a segunda denomina-se camada de nós ocultos e a terceira camada de nós de saída. Na primeira camada tem-se um nó por cada dado de entrada (Ver figura 2).

A primeira camada recebe a informação e a encaminha aos nós ocultos que se conectam, finalmente, com os nós de saída. Os nós ocultos e os nós de saída recebem a informação realizando os processos de multiplicação e acumulação aplicando uma função de transferência para produzir um resultado.

Uma vez que a informação tenha sido conduzida até os nós de saída, estes produzem um resultado que é comparado com o valor esperado (valor observado) encontrando a diferença entre estes valores. Desta maneira, os nós de saída encontram o vetor de erros e ao mesmo tempo elaboram as derivadas das componentes do vetor em função dos respectivos pesos e o transferem, agora no sentido inverso, voltando atrás, aos nós ocultos (esta operação dá o nome à rede denominada **BACK PROPAGATION NETWORK**). Os nós ocultos calculam a somatória das derivadas dos erros definindo assim sua participação no erro de saída.



Tanto os nós ocultos como os de saída realizam a modificação dos pesos das respectivas conexões mediante algum procedimento matemático previamente determinado, por exemplo mínimos quadrados, diminuindo seu erro.

Este processo repete-se ciclicamente até que os erros dos nós de saída, sejam, todos, menores que um valor previamente estipulado.

APLICAÇÕES DE REDES NEURAS

Uma aplicação de reconhecimento de padrões que usa uma rede neural pode ser classificada em termos de como emprega a rede. As de maiores categorias cobrem o uso de uma rede neural para classificação ou estimação de funções e compressão de dados, extração das características e ordenamento estatístico. Cada uma delas permite uma aplicação específica. Uma rede neural classificadora combinada com uma cámara, por exemplo, pode eleger papas, ler códigos de correio ou encontrar um rastro digital em uma base de dados. Combinada com um microfone, pode diagnosticar problemas mecânicos, identificar sons embaixo d'água ou gerar sinais para eliminar vibrações.

BENEFÍCIOS

São incalculáveis em diversos aspectos. Primeiro, são adaptáveis: podem receber dados e aprender a partir deles. Por tanto, inferem

soluções desde os dados iniciais capturando relações muito ocultas.

Esta habilidade difere radicalmente das técnicas de "software" normais porque não dependem do conhecimento prévio das regras que governam um fenômeno estudado pelo programador. Podem reduzir o tempo de desenvolvimento aprendendo relações subjacentes que sem elas são difíceis de se encontrar e descrever. Podem, também, resolver problemas que escapam às soluções existentes.

Segundo, podem generalizar: conseguem processar corretamente dados que só guardam leves relações com os dados nos quais foram originalmente treinadas. A generalização é útil porque os dados do mundo real estão carregados de elementos distorcidos.

Terceiro, as redes neurais são não-lineares, com o que podem captar interações complexas entre as variáveis de entrada de um sistema. Em um sistema linear, a mudança de um dado de entrada produz uma variação proporcional na saída, e os efeitos dos dados dependem só de seus próprios valores. Por outro lado em um sistema não-linear os efeitos dependem de outras entradas e as relações são função de ordem superior.

Os sistemas do mundo real são, a princípio, não lineares. Na economia de um país, por exemplo, os preços, taxas de juros, nível de emprego e outros fatores interagem entre si. O efeito da mudança de preço depende,

por exemplo, das taxas de juros de tal modo que as mesmas mudanças produzem diferentes efeitos em diferentes condições. As redes neurais oferecem um meio de solução prática para tais sistemas complexos.

Quarto, são altamente paralelas: suas numerosas, idênticas e independentes operações podem ser executadas simultaneamente. Os processadores paralelos podem executar centenas ou até milhares de vezes mais rápido que os convencionais microprocessadores e processadores de sinais digitais. Agora que existem computadores e "chips" paralelos de propósitos especiais para aplicações de redes neurais, portanto redes grandes podem alcançar velocidades de tempo real e inclusive produtos da vida diária podem empregar redes. Este incremento em velocidade e economia fazem praticas muitas aplicações pela primeira vez, proporcionando desenvolvimentos futuros.

DESVANTAGENS

O conhecimento das redes neurais assim como a experiência humana baseiam-se em processos muito difíceis de explicar, entretanto, confia-se no critério de uma pessoa com suficiente conhecimento sobre o tema, que não é a mesma situação que ocorre com os resultados produzidos por uma rede, existe uma grande reação de desconfiança sobre o desconhecido.

O processo de aprendizagem imperfeitamente compreendido é outro obstáculo para aplicação das redes.

Finalmente, a necessidade de contar com tempo de computação prolongado para realizar o aprendizado mediante computadores muito eficientes é a terceira desvantagem.

APLICAÇÕES PRÁTICAS NO CAMPO DA HIDROLOGIA

Até este momento tem-se analisado dois problemas bem definidos que não haviam sido satisfatoriamente resolvidos mediante métodos matemáticos conhecidos.

Eles referem-se, especificamente, a previsão de vazões em bacias de escoamento rápido com base em informações de precipitação e de ocorrência de vazões anteriores e a previsão de níveis no canal de fuga da UHE Itaipu sujeita a influência das vazões do rio Iguaçu, das descargas da própria usina e o estado do nível anterior.

PREVISÃO DE VAZÕES EM BACIA RÁPIDAS

O caso estudado refere-se a bacia do rio Chopim, afluente do rio Iguaçu a jusante da UHE Salto Osório, com uma área de drenagem da ordem de 6.696 km² em relação à estação de Águas do Verê.

Utilizou-se dados dos anos de 1982 e 1983 de vazões e precipitações. A precipitação média na bacia foi

definida mediante o método de Thiessen baseado nas estações pluviométricas de Águas do Verê, Palmas, Salto Claudelino e Pato Branco no período do estudo de 01/01/1982 até 13/07/1983.

Como entradas foram considerados quinze nós nos quais introduzem-se os seguintes dados:

Vazões de 5 dias anteriores ao dia atual;
Precipitações de 5 dias anteriores ao dia atual; e
Precipitações de 5 dias posteriores ao dia atual, incluindo este.

Como saídas foram utilizados as cinco vazões correspondentes aos cinco dias seguintes, incluindo o dia atual como sendo o primeiro deles.

Para o aprendizado da rede usaram-se 477 dias e para comprovação utilizaram-se 100 dias. Na figura 3 a seguir, inclui-se um gráfico que representa os valores observados e simulados obtidos para os 100 dias mencionados.

PREVISÃO DE NÍVEIS NO CANAL DE FUGA DA UHE ITAIPU

Este problema tem sido estudado utilizando outras metodologias como regressões de diferentes tipos sem encontrar-se uma solução razoável para o mesmo.

As variáveis que configuram esta situação são as descargas da UHE Itaipu, as vazões do rio Iguaçu e o estado anterior de níveis d'água no canal de fuga. O estudo realizou-se em base horária neste caso.

Nesta ocasião usaram-se 51 nós de entrada que representam aos seguintes dados:

Descargas de 48 horas anteriores à hora atual; e
Níveis d'água no posto fluviométrico, denominado Capanema no rio Iguaçu.

Os nós de saída representam os níveis no canal de fuga correspondentes aos níveis 24 horas posteriores à hora atual incluindo esta.

Na figura 4, apresenta-se os resultados obtidos.

CONCLUSÕES

À vista dos resultados obtidos conclui-se que esta metodologia aplicada às previsões hidrológicas apresenta características extremamente promissoras. Portanto recomenda-se, no âmbito atual, a continuação das análises, inclusive estendendo o alcance dos problemas analisados para incluir outros de interesse da área de hidrologia, assim como aqueles relativos a áreas de operação e supervisão que apresentem características afins para a aplicação das redes neurais.

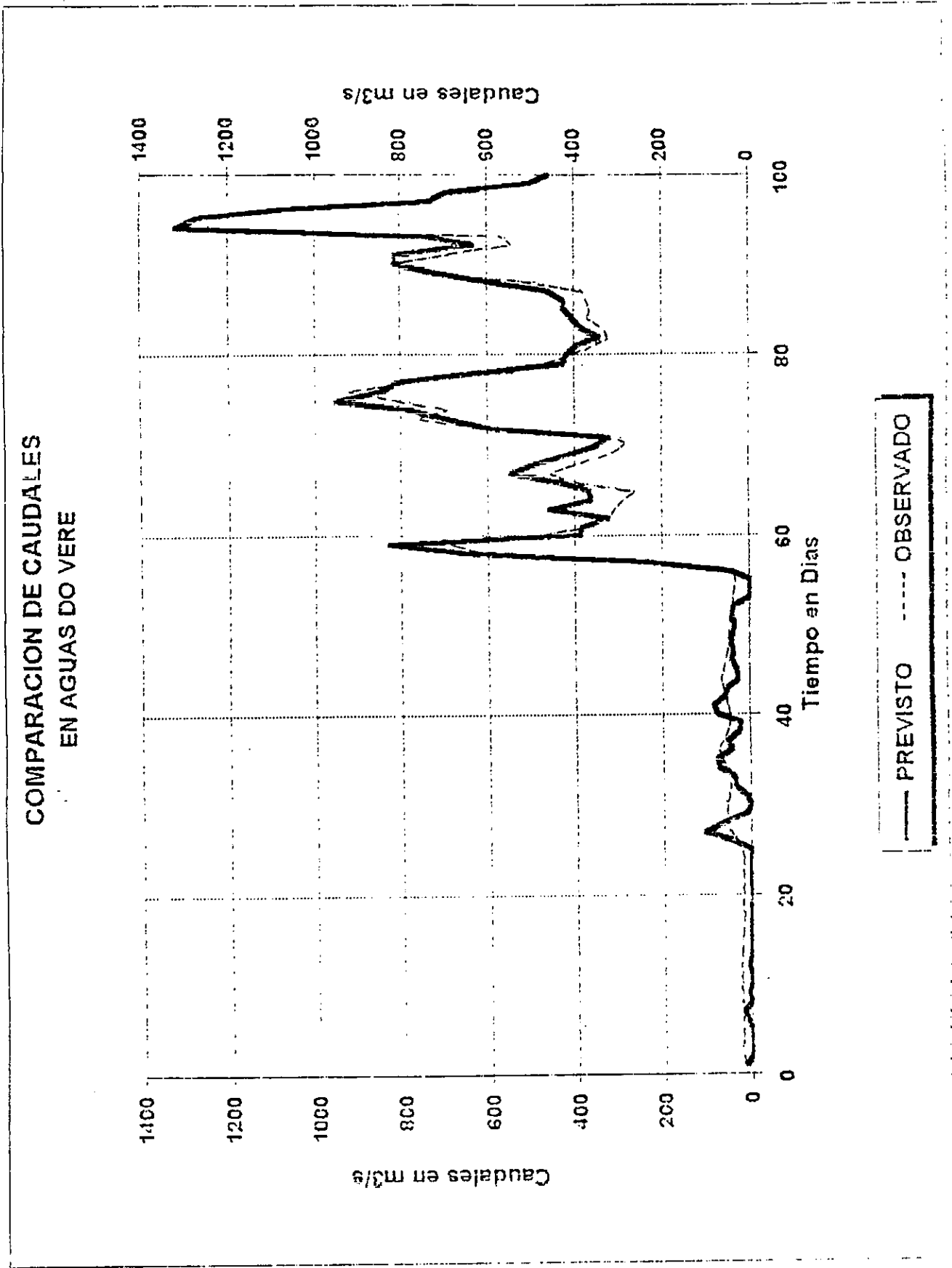


FIGURA 3

Nivel Canal de Fuga

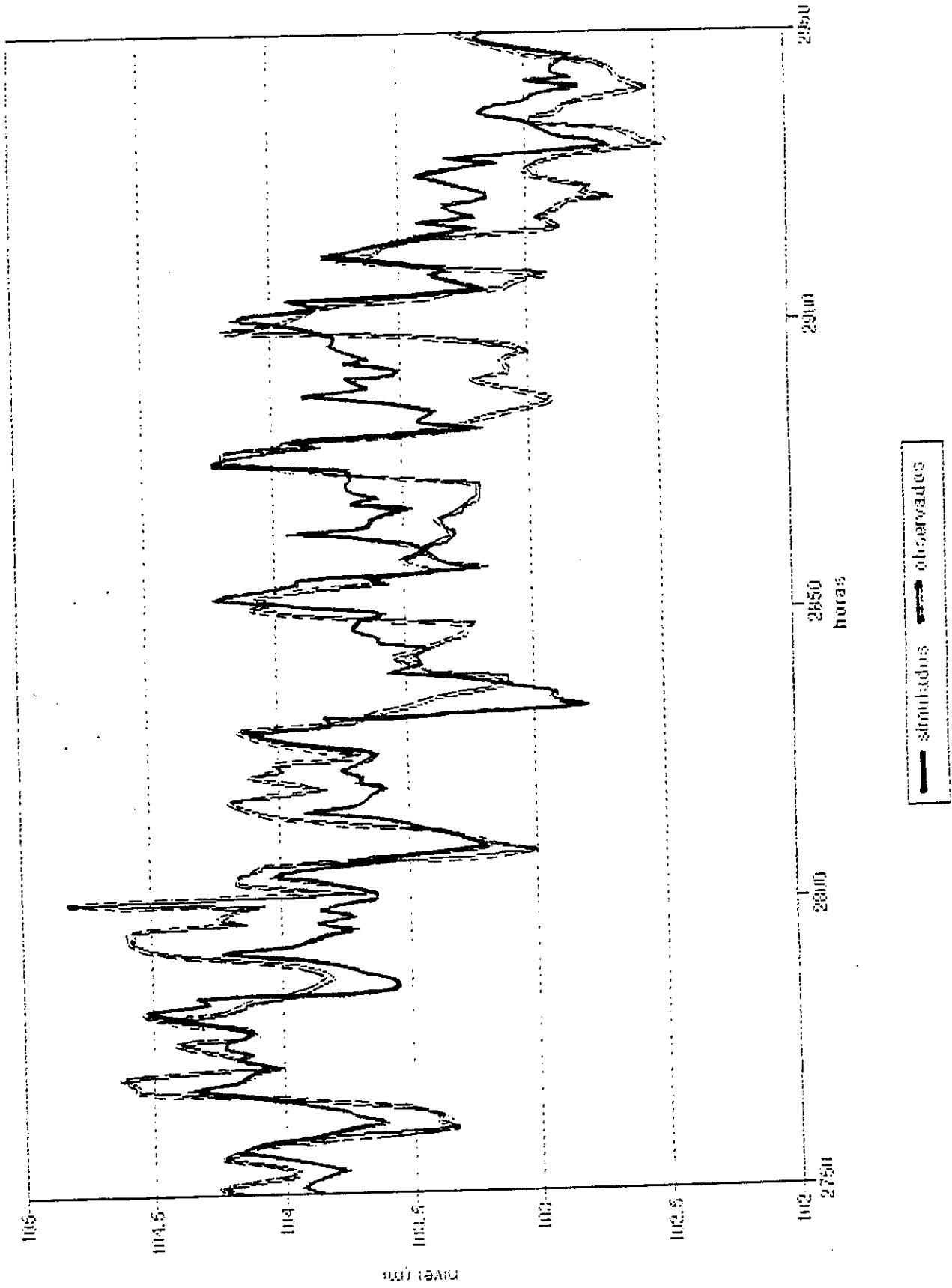


FIGURA 4

Nivel Canal de Fuga
Duracion de Desvios($d < = A$)

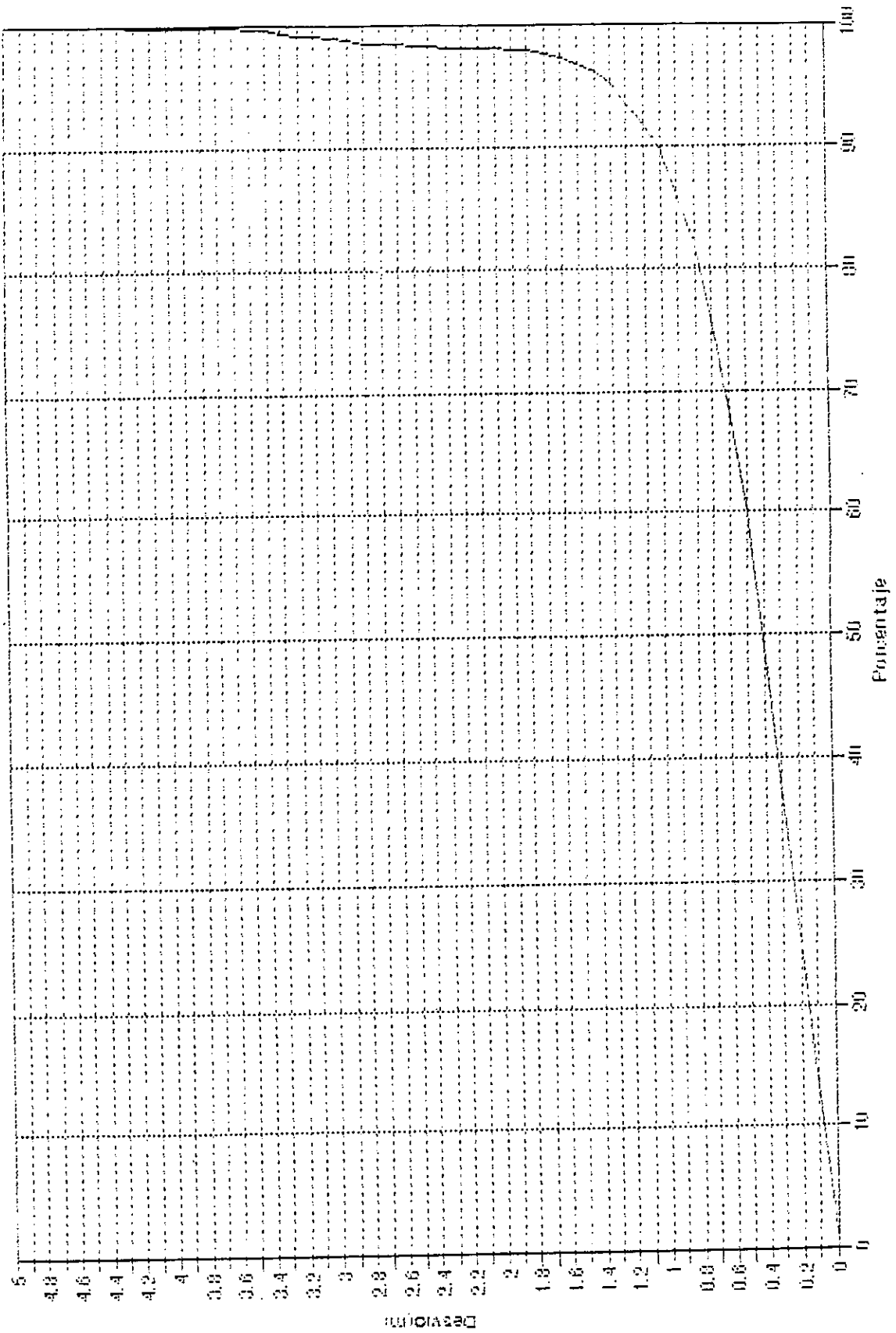


FIGURA 5

9

8

7

6